

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.**

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

- 1.** Izračunaj energiju potrebnu za razaranje kristalne rešetke kalcijeva bromida iz podataka u tablici.

$\Delta_f H^\circ(\text{CaBr}_2, \text{s})$	-675 kJ / mol
$E_{\text{I}}(\text{Ca}, \text{g})$	590 kJ / mol
$E_{\text{I}2}(\text{Ca}^+, \text{g})$	1145 kJ / mol
$\Delta_s^\circ H^\circ(\text{Ca})$	178 kJ / mol
$\Delta_b H^\circ(\text{Br}-\text{Br})$	193 kJ / mol
$\Delta_i^\circ H^\circ(\text{Br}_2)$	31 kJ / mol
$E_{\text{ea}}(\text{Br}, \text{g})$	-325 kJ / mol

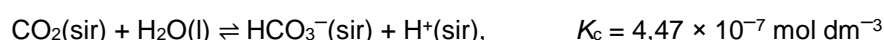
$$\Delta_{\text{kr}} H^\circ(\text{CaBr}_2) = 675 \text{ kJ / mol} + 178 \text{ kJ / mol} + 590 \text{ kJ / mol} + 1145 \text{ kJ / mol} + 31 \text{ kJ / mol} + 193 \text{ kJ / mol} + 2 \cdot (-325 \text{ kJ / mol}) = 2162 \text{ kJ / mol}$$

točno postavljen izraz za energiju kristalne rešetke  
točno izračunana energija s točnom mjernom jedinicom

0,5 bodova  
0,5 bodova

ostv.	maks.
	<b>1</b>

- 2.** Rupe u siru nastaju procesom fermentacije. Produkti su reakcije propanska i octena kiselina te voda i ugljikov dioksid. Ugljikov dioksid u siru se pojavljuje u obliku neutralnih molekula  $\text{CO}_2$  i hidrogenkarbonatnih aniona.



Na kraju fermentacije:

$$c(\text{CO}_2(\text{sir})) + c(\text{HCO}_3^-(\text{sir})) = 3,70 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}, \text{ pri čemu je vrijednost pH} = 5,20.$$

Izračunaj ravnotežnu koncentraciju  $\text{CO}_2(\text{sir})$ .

$$c(\text{HCO}_3^-(\text{sir})) = 3,70 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} - c(\text{CO}_2(\text{sir}))$$

$$c(\text{H}^+(\text{sir})) = 10^{-\text{pH}} \text{ mol dm}^{-3} = 10^{-5,20} \text{ mol dm}^{-3} = 6,31 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c(\text{CO}_2) = \frac{c(\text{HCO}_3^-) \times c(\text{H}^+)}{K_c}$$

$$c(\text{CO}_2) = x$$

$$x = \frac{(3,70 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3} - x) \cdot 6,31 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}}{4,47 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}}$$

$$c(\text{CO}_2) = x = 3,46 \times 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

točno postavljen izraz za izračun ravnotežne koncentracije  $\text{HCO}_3^-$  u siru  
točno izračunan  $c(\text{H}^+)$   
točno postavljen izraz za izračun ravnotežne koncentracije  $\text{CO}_2$  u siru  
točno izračunan  $c(\text{CO}_2)$

0,5 bodova  
0,5 bodova  
0,5 bodova  
0,5 bodova

ostv.	maks.
	<b>2</b>

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.**

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

**3.** 500 mL otopine pufera sadrži 0,25 mola amonijaka i 0,30 mola amonijskog klorida. Treba li u tu otopinu dodati jaku kiselinu ili jaku lužinu da bi se dobila otopina pH-vrijednosti 8,75? Odgovor potkrijepi računom i izračunaj množinu dodane tvari da bi se dobila otopina pH-vrijednosti 8,75.

$K_b(\text{NH}_3) = 1,76 \times 10^{-5} \text{ mol L}^{-1}$ .

$\text{p}K_b = -\log K_b = 4,75$

$\text{p}K_a = 14 - \text{p}K_b = 14 - 4,75 = 9,25$

$c(\text{NH}_3) = \frac{0,25 \text{ mol}}{0,500 \text{ L}} = 0,50 \text{ mol L}^{-1}$

$c(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{0,30 \text{ mol}}{0,500 \text{ L}} = 0,60 \text{ mol L}^{-1}$

Početni pH

$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{c(\text{NH}_3)}{c(\text{NH}_4\text{Cl})} = 9,25 + \log \frac{0,50 \text{ mol/L}}{0,60 \text{ mol/L}} = 9,17$

za točno izračunan  $\text{p}K_b$  0,5 bodova  
 za točno izračunan  $\text{p}K_a$  0,5 bodova  
 za točno izračunane koncentracije  $\text{NH}_3$  i  $\text{NH}_4\text{Cl}$   $2 \times 0,5 = 1 \text{ bod}$   
 za točan izraz za izračun pH 0,5 bodova  
 za točno izračunan početni pH = 9,17 i zaključak da treba dodati jaku kiselinu (HCl) 0,5 bodova

$c(\text{NH}_3) = 0,50 \text{ mol L}^{-1} - x$   
 $c(\text{NH}_4\text{Cl}) = 0,60 \text{ mol L}^{-1} + x$

za točan izraz za izračun novih koncentracija  $\text{NH}_3$  i  $\text{NH}_4\text{Cl}$  nakon dodatka HCl  $2 \times 0,5 = 1 \text{ bod}$

$\text{pH} = 8,75 = \text{p}K_a + \log \frac{c(\text{NH}_3) - x}{c(\text{NH}_4\text{Cl}) + x} = 9,25 + \log \frac{0,50 \text{ mol/L} - x}{0,60 \text{ mol/L} + x}$

$x = 0,236 \text{ mol L}^{-1} = c(\text{HCl})$

$n(\text{HCl}) = c \cdot V = 0,236 \text{ mol L}^{-1} \cdot 0,500 \text{ L} = 0,118 \text{ mol}$

za točan izraz za izračun dodane koncentracije HCl 0,5 bodova  
 za točno izračunanu dodanu koncentraciju HCl 0,5 bodova  
 za točno izračunanu dodanu množinu HCl 0,5 bodova

ostv.	maks.
	<b>5,5</b>

**4.** Masa uzorka koji sadrži glukozu i saharozu iznosi 1,10 gram. Otapanjem uzorka pri 25 °C u 25,0 mL vode dobiva se otopina osmotskoga tlaka  $3,83 \times 10^5 \text{ Pa}$ . Izračunaj masu glukoze i saharoze u otopini.

$c(\text{gluk.} + \text{sah.}) = \frac{\pi}{R \cdot T} = \frac{3,83 \times 10^5 \text{ Pa}}{8314 \text{ Pa L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = 0,155 \text{ mol/L}$

$n(\text{gluk.} + \text{sah.}) = c \cdot V = 0,155 \text{ mol/L} \cdot 0,0250 \text{ L} = 3,86 \times 10^{-3} \text{ mol}$

za točan izraz za izračun ukupne množinske koncentraciju glukoze i saharoze 0,5 bodova  
 za točno izračunanu ukupnu množinsku koncentraciju glukoze i saharoze 0,5 bodova  
 za točno izračunanu ukupnu množinu glukoze i saharoze 0,5 bodova

$n_1(\text{gluk.}) + n_2(\text{sah.}) = 3,86 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$m_1(\text{gluk.}) = 1,10 \text{ g} - m_2(\text{sah.})$

$\frac{1,10 \text{ g} - m_2}{180,156 \text{ g mol}^{-1}} + \frac{m_2}{342,96 \text{ g mol}^{-1}} = 3,86 \times 10^{-3} \text{ mol}$

$m_2(\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}) = 0,852 \text{ g}$

$m_1(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 1,10 \text{ g} - 0,852 \text{ g} = 0,248 \text{ g}$

za točan izraz za izračun mase glukoze ili saharoze 0,5 bodova  
 za točno izračunanu masu saharoze i glukoze  $2 \times 0,5 = 1 \text{ bod}$

ostv.	maks.
	<b>3</b>

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.**

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

**5.** Napiši jednadžbe kemijskih reakcije između:

**5.a)** živina(I) nitrata i kalijeva klorida u vodenoj otopini. Navedi agregacijska stanja svih sudionika reakcije.

$$\text{Hg}_2(\text{NO}_3)_2(\text{aq}) + 2 \text{KCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s}) + 2 \text{KNO}_3(\text{aq}) \quad \text{ili} \quad \text{Hg}_2^{2+}(\text{aq}) + 2 \text{Cl}^-(\text{aq}) \rightarrow \text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{s})$$

**5.b)** borova trioksida, dušika i kalcijeva heksaborida, pri čemu nastaje borov nitrid i još jedan produkt reakcije. Navedi agregacijska stanja svih sudionika reakcije.

$$\text{B}_2\text{O}_3(\text{s}) + 10 \text{N}_2(\text{g}) + 3 \text{CaB}_6(\text{s}) \rightarrow 20 \text{BN}(\text{s}) + 3 \text{CaO}(\text{s})$$

JKR izjednačen po masi i naboju 2 × 1 = 2 boda  
točno navedena agregacijska stanja svih sudionika reakcije 2 × 0,5 = 1 bod

**5.c)** vodene otopine natrijeva tiosulfata i sumporne kiseline, pri čemu nastaje sumpor, sumporov dioksid, natrijev sulfat i voda. Napiši jednadžbe reakcija oksidacije i redukcije i ukupnu jednadžbu s agregacijskim stanjima.

oksidacija:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{SO}_2 + 2 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

redukcija:  $\text{S}_2\text{O}_3^{2-} + 6 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{S} + 3 \text{H}_2\text{O}$

Ukupna jednadžba s agregacijskim stanjima:

$$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3(\text{aq}) + \text{H}_2\text{SO}_4(\text{aq}) \rightarrow \text{S}(\text{s}) + \text{SO}_2(\text{g}) + \text{Na}_2\text{SO}_4(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l})$$

točno napisana jednadžba oksidacije izjednačena po masi i naboju 1 bod  
točno napisana jednadžba redukcije izjednačena po masi i naboju 1 bod  
točno napisana ukupna jednadžba s agregacijskim stanjima izjednačena po masi i naboju 1 + 0,5 = 1,5 bodova  
Napomena: priznati i verziju izjednačenu s  $\text{S}_8$ .

	ostv.	maks.
		<b>6,5</b>

**6.** Reakcije pod **a)** i **b)** prikazuju vezanje kisika i ugljikova monoksida na hemoglobin i pripadajuće konstante ravnoteža za te reakcije pri temperaturi tijela:

**a)**  $\text{Hb}(\text{aq}) + \text{O}_2(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HbO}_2(\text{aq}) \quad K_{c1} = 1,8 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3$

**b)**  $\text{Hb}(\text{aq}) + \text{CO}(\text{aq}) \rightleftharpoons \text{HbCO}(\text{aq}) \quad K_{c2} = 306 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3$

Pretpostavimo da je zrak zagađen s 0,10 % ugljikova monoksida, a da kisika ima 20,0 %. Omjer ravnotežnih množina ugljikova monoksida i kisika otopljenih u krvi jednak je njihovom omjeru u zraku.

**6.a)** Izračunaj konstantu ravnoteže za reakciju zamjene kisika u hemoglobinu ugljikovim monoksidom.

$K_c$  za reakciju zamjene kisika u hemoglobinu ugljikovim monoksidom:

$$K_{c3} = \frac{1}{K_{c1}} \cdot K_{c2} = \frac{306 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3}{1,8 \text{ mol}^{-1} \text{ dm}^3} = 170$$

**6.b)** Izračunaj koliko će se kisika vezanoga za hemoglobin zamijeniti ugljikovim monoksidom vezanim za hemoglobin. Rješenje izrazi u postotcima.

$$K_{c3} = \frac{c(\text{HbCO}) \cdot c(\text{O}_2)}{c(\text{HbO}_2) \cdot c(\text{CO})} = 170 = \frac{c(\text{HbCO}) \cdot 20,0}{c(\text{HbO}_2) \cdot 0,10} = \frac{c(\text{HbCO})}{c(\text{HbO}_2)} \cdot 200$$

$$\frac{c(\text{HbCO})}{c(\text{HbO}_2)} = \frac{170}{200}$$

$$\frac{170}{370} \cdot 100 \% = 45,9 \%$$

za točan izraz za  $K_{c3}$  za reakciju zamjene  $\text{O}_2$  s  $\text{CO}$  i točno izračunanu  $K_{c3}$  2 × 0,5 = 1 bod  
za točan izraz za  $K_{c3}$  za reakciju zamjene  $\text{O}_2$  s  $\text{CO}$  i točno izračunani omjer koncentracija  $\text{HbCO}$  i  $\text{HbO}_2$  2 × 0,5 = 1 bod  
za točan izraz i izračunani postotak zamijenjenoga kisika ugljikovim monoksidom 2 × 0,5 = 1 bod

	ostv.	maks.
		<b>3</b>

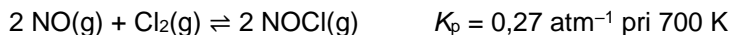
Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

7.

Dušikov monoksid reagira s klorom prema sljedećoj jednadžbi:



Na početku reakcije smjesa sadržava jednake parcijalne tlakove reaktanata. Nakon uspostavljanja ravnoteže parcijalni tlak NOCl iznosi 0,1513 atm. Izračunaj parcijalne tlakove NO i Cl<sub>2</sub> na početku reakcije.

	NO	Cl <sub>2</sub>	NOCl
početni tlak / atm	x	x	
promjena / atm	- 2y	- y	+ 2y
ravnotežni tlak / atm	x - 2y	x - y	0,1513

$$y = \frac{0,1513 \text{ atm}}{2} = 0,07565 \text{ atm}$$

$$K_p = \frac{p^2(\text{NOCl})}{p^2(\text{NO}) \cdot p(\text{Cl}_2)}$$

$$0,27 \text{ atm}^{-1} = \frac{0,1513^2 \text{ atm}^2}{(x - 2y)^2 \cdot (x - y)} = \frac{0,1513^2 \text{ atm}^2}{(x - 0,1513 \text{ atm})^2 \cdot (x - 0,07565 \text{ atm})}$$

$$x = 0,57 \text{ atm}$$

$$p(\text{NO}, \text{početno}) = p(\text{Cl}_2, \text{početno}) = 0,57 \text{ atm}$$

točno izračunana y vrijednost (promjena tlaka)

točno postavljen izraz i uvršteni podatci za K<sub>p</sub>

točno izračunan početni tlak reaktanata, x

0,5 bodova

0,5 bodova

2 × 0,5 = 1 bod

ostv. maks.

2

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.**

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

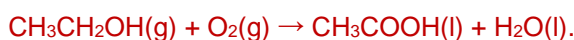
**8.** Moderniji tip alkotesta koristi se tehnologijom gorivoga članka za mjerenje količine alkohola u izdahnutom zraku. Upuhivanjem zraka iz pluća u aparat za testiranje dolazi do oksidacije etanola iz daha u octenu kiselinu. Ivica se nakon tuluma odlučio alkotestirati te je upuhao 190 mL zraka u aparat za testiranje. Tom prilikom aparat je proizveo struju jačine 325 miliampera kroz 10 sekundi. Temperatura daha bila je 34 °C, a tlak zraka 1013 hPa.

**8.a)** Napiši reakcije na anodi i katodi i ukupnu jednadžbu ove redoks-reakcije. U ukupnoj jednadžbi navedi agregacijska stanja reaktanata i produkata.

jednadžba reakcije na anodi:  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CH}_3\text{COOH} + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^-$

jednadžba reakcije na katodi:  $\text{O}_2 + 4 \text{H}^+ + 4 \text{e}^- \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$

Ukupna jednadžba redoks-reakcije s agregacijskim stanjima reaktanata i produkata:



točno napisana jednadžba oksidacije izjednačena po masi i naboju

1 bod

točno napisana jednadžba redukcije izjednačena po masi i naboju

1 bod

točno napisana ukupna jednadžba s agregacijskim stanjima izjednačena po masi i naboju

1 + 0,5 = 1,5 bodova

Napomena: priznati i  $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}(\text{l})$ .

**8.b)** Izračunaj volumni udio etanola u lvičinu dahu?

$$Q = I \cdot t = 0,325 \text{ A} \cdot 10 \text{ s} = 3,25 \text{ C}$$

$$n(\text{e}^-) = \frac{Q}{F} = \frac{3,25 \text{ C}}{96\,500 \text{ C mol}^{-1}} = 3,368 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$n(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{1}{4} n(\text{e}^-) = \frac{3,368 \times 10^{-5} \text{ mol}}{4} = 8,42 \times 10^{-6} \text{ mol}$$

$$V(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}) = \frac{n \cdot R \cdot T}{p} = \frac{8,42 \times 10^{-6} \text{ mol} \cdot 8314 \text{ Pa L K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 307 \text{ K}}{101325 \text{ Pa}} = 2,12 \times 10^{-4} \text{ L} = 0,212 \text{ mL}$$

$$\varphi(\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}; \text{dah}) = \frac{0,212 \text{ mL}}{190 \text{ mL}} = 1,12 \times 10^{-3} = 0,112 \%$$

točno izračunan naboj

0,5 bodova

točno izračunana množina elektrona

0,5 bodova

točno postavljen omjer i izračunana množina etanola

0,5 + 0,5 = 1 bod

točno izračunan volumen etanola

0,5 bodova

točno izračunan volumni udio etanola u dahu

0,5 bodova

ostv. maks.

**6,5**

**9.** Popuni tablicu.

ime kemijskoga spoja	Formula kemijskoga spoja
tetraammindiklorokobaltov(III) klorid	$[\text{Co}(\text{NH}_3)_4\text{Cl}_2]\text{Cl}$
kalijev trioksalatoferat(III) trihidrat	$\text{K}_3[\text{Fe}(\text{C}_2\text{O}_4)_3] \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

bodovanje

2 × 0,5 = 1 bod

ostv. maks.

**1**

**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.**

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

**10.** Imenuj sustavnim imenima prikazane spojeve prema pravilima IUPAC nomenklature.

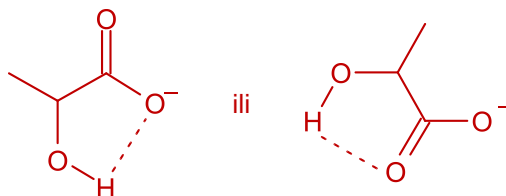
	Strukturna formula	Ime spoja
a)		6,6-dimetilcikloheksa-2,4-dien-1-on
b)		(3Z)-3-ciklopentil-4-metilheks-3-enska kiselina
c)		5-etoksi-4-hidroksicikloheks-2-en-1-karbaldehid
d)		(2E,4Z)-5,6-dimetilhepta-2,4-dien
e)		trans-ciklodeken

za svako točno ime po 0,5 bodova  
za točne konfiguracije spojeva b), d) i e)

5 × 0,5 = 2,5 bodova  
3 × 0,5 = 1,5 bodova

ostv.	maks.
	4

**11.** Mliječna ili 2-hidroksipropanska kiselina kiselija je od propanske kiseline zbog vodikove veze koja stabilizira njezinu konjugiranu bazu. Veznim crticama prikaži strukturnu formulu konjugirane baze mliječne kiseline prikazujući i vodikovu vezu.



za točno nacrtan laktatni anion  
za točno prikazanu vodikovu vezu

0,5 bodova  
0,5 bodova

ostv.	maks.
	1

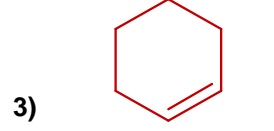
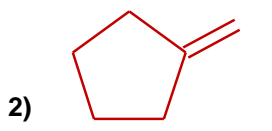
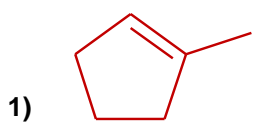
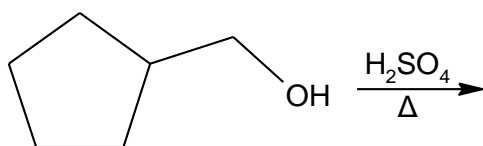
**Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.**

Zadatci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

**12.** Strukturnim formulama prikaži moguće organske produkte sljedećih kemijskih reakcija.

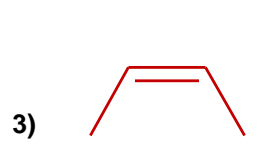
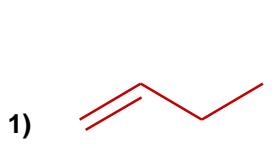
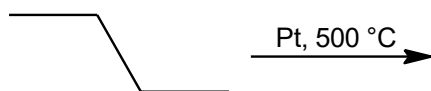
12.a)



za svaku točnu strukturnu formulu

3 × 0,5 = 1,5 bod

12.b) Dehidrogenacija butana pri povišenoj temperaturi i uz katalizator. Jedan je od produkata konjugirani dien.



za svaku točnu strukturnu formulu

4 × 0,5 = 2 boda

ostv.	maks.
	<b>3,5</b>

**13.** Popuni tablicu.

Ion	Lewisova strukturna formula
cijanatni ion	
peroksodisulfatni ion	

bodovanje

2 × 0,5 = 1 bod

ostv.	maks.
	<b>1</b>

— RJEŠENJA —

Državno natjecanje iz kemije u šk. god. 2023./2024.

Zadaci za 3. razred srednje škole

Zaporka: \_\_\_\_\_

1. stranica

+

2. stranica

+

3. stranica

+

4. stranica

+

5. stranica

+

6. stranica

+

7. stranica

=

**Ukupni bodovi**

<input type="text"/>	<b>40</b>
----------------------	-----------