

**Republika Hrvatska - Ministarstvo znanosti i obrazovanja**  
**Agencija za odgoj i obrazovanje - Hrvatsko kemijsko društvo**

**DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE**

učen(ka)ca osnovnih i srednjih škola 2017.  
Sveti Martin na Muri, 25–28. travnja 2017.

**NAPOMENA:**

1. Zadatci se rješavaju 120 minuta.
2. Dopušteno je koristiti samo dobivenu tablicu periodnog sustava elemenata.
3. Zadatci se moraju rješavati na mjestu predviđenom za taj zadatak (**ne** koristiti dodatne papire). Ako nema dovoljno mjesta za rješavanje zadatka, može se koristiti poledina prethodne stranice.
4. Odgovori na postavljena pitanja ili račun (kompletan) **moraju** biti pisani **kemijskom olovkom ili tintom plave boje**, jer se u protivnom neće uzimati u obzir pri bodovanju. Ispravljani odgovori se ne vrjednuju.

Prijavu ispuniti tiskanim slovima!

Prijava za: **pisana zadaća**

Razred:

Zaporka:

POSTIGNUTI BODOVI :

(pet brojeva i do sedam velikih slova)

(potpisi članova povjerenstva):

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

**OTKINUTI OVAJ DIO PRIJAVE I STAVITI GA U OMOTNICU S NAPISANOM ZAPORKOM  
PRIJAVU ISPUNITI TISKANIM SLOVIMA**

Prijava za: **pisana zadaća**

Razred:

Zaporka:

(pet brojeva i do sedam velikih slova)

Ime i prezime učen(ka)ce: \_\_\_\_\_ OIB: \_\_\_\_\_

Godina rođenja:

Spol: 1. muški

2. ženski (zaokružiti!)

Telefon/mobitel: \_\_\_\_\_

e-mail: \_\_\_\_\_

Puni naziv škole:

Šifra škole:

Adresa škole (ulica i broj):

Grad u kojem je škola:

Županija:

Ime i prezime mentor(a)ice:



### Temeljne prirodne konstante

Brzina svjetlosti u vakuumu	$c_0$	$2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	$h$	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Elementarni naboj	$e$	$1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa mirovanja elektrona	$m_e$	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa mirovanja protona	$m_p$	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Masa mirovanja neutrona	$m_n$	$1,675 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Atomska masena konstanta, unificirana atomska jedinica mase, dalton	$m_u, u, \text{ Da}$	$1,661 \times 10^{-27} \text{ kg}$
Avogadrova konstanta	$L, N_A$	$6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$
Boltzmannova konstanta	$k, k_B$	$1,381 \times 10^{-23} \text{ J K}^{-1}$
Molarna plinska konstanta	$R$	$8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Faradayeva konstanta	$F$	$9,649 \times 10^4 \text{ C mol}^{-1}$
Molarni volumen idealnog plina ( $p = 101,325 \text{ kPa}, t = 0 \text{ }^\circ\text{C}$ )	$V_m$	$22,41 \text{ L mol}^{-1}$

ostv. maks.

1. Potpunim sagorijevanjem ugljikovodika uz suvišak kisika nastaju produkti u jednakim množinama. Zaokružite slovo ispred formule za koju smatrate da odgovara navedenom ugljikovodiku i napišite odgovarajuću jednadžbu kemijske reakcije:

A)  $C_2H_2$ B)  $C_2H_6$ ☒ C)  $C_4H_8$ D)  $C_6H_6$ 

/1

/1



2

2. U donjoj tablici navedeni su podaci o ionskim radijusima iona cinka, kalcija i barija.

Ion	Zn <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Ba <sup>2+</sup>
lonski radijus / pm	74	100	135

Na temelju podataka o ionskim radijusima poredajte navedene ione po jačini interakcijâ koje ostvaruju s molekulama vode u otopini (od najjačih do najslabijih) i obrazložite svoj odgovor. Imenujte vrstu interakcija koja se ostvaruje s molekulama vode.



/1

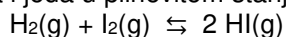
U sva 3 slučaja imamo ion-dipol elektrostatske interakcije koje ovise o naboju i o udaljenosti. Sva 3 iona imaju isti naboj, ali će kod iona manjeg ionskog radijusa biti veća gustoća naboja i jače privlačne interakcije.

bodujemo podcrtano (1 bod - „isti naboj, manji ionski radijus“, ili samo „veća gustoća naboja“, 1 bod - ion-dipol interakcije)

/2

3

3. Jednadžba kemijske reakcije vodika i joda u plinovitom stanju jest:



U zatvoreni spremnik konstantnog volumena stavimo po 2 mola svakog od plinova navedenih u gornjoj jednadžbi (2 mola joda, 2 mola vodika i 2 mola jodovodika) pri temperaturi od 450 °C. Konstanta ravnoteže za navedenu reakciju iznosi 50 na temperaturi od 450 °C. Zaokružite slovo ispred tvrdnje koja opisuje što će se dogoditi kada se sustav približava ravnoteži:

A) povećat će se količine  $H_2(g)$  i  $I_2(g)$ ☒ B) povećat će se količina  $HI(g)$ 

C) ukupni tlak će porasti

D) neće doći do reakcije jer je množina reaktanata jednaka kao i množina produkta

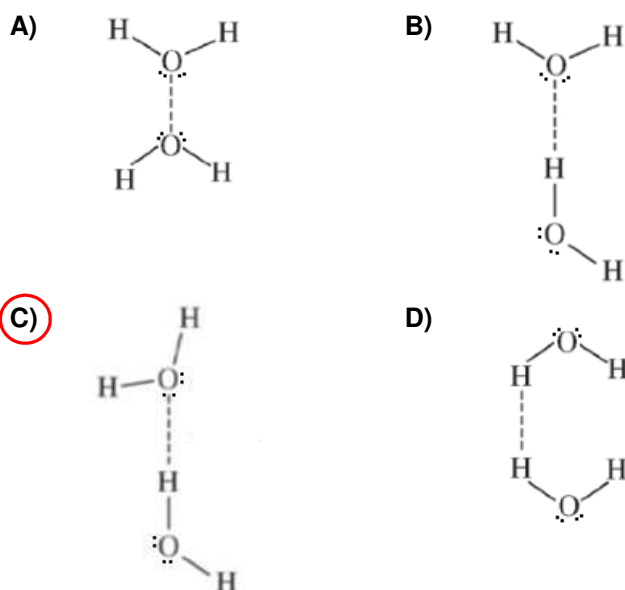
/2

2

UKUPNO BODOVA NA 1. STRANICI :

7

4. Zaokružite slovo ispred slike za koju smatrate da najvjerođostojnije prikazuje vodikovu vezu između dvije molekule vode:



(ukoliko netko zaokruži B ili zaokruži i B i C, dobije 1 bod)

Koliko vodikovih veza može stvarati molekula vode kao donor, a koliko kao akceptor?

\_\_\_\_\_ 2 vodikove veze kao donor, 2 kao akceptor \_\_\_\_\_

/2

/1

3

5. Komad metala mase 100 g zagrijan je na 100 °C, a zatim odmah uronjen u izoliranu posudu koja sadrži 100 g vode temperature 22 °C. Temperatura vode porasla je na 35 °C. Zaokružite slovo ispred tvrdnje koju smatrate točnom:

- A) temperatura metala promijenila se više od temperature vode, metal je izgubio manje topline nego što je voda primila
- ☒ B) temperatura metala promijenila se više od temperature vode, metal je izgubio jednaku toplinu kao što je voda primila, specifični toplinski kapacitet vode je veći nego specifični toplinski kapacitet metala
- C) temperatura metala promijenila se više od temperature vode, toplinski kapacitet metala je stoga veći od toplinskog kapaciteta vode
- D) temperatura metala promijenila se više od temperature vode, ukupna toplina sustava sačinjenog od metala i vode se povećala

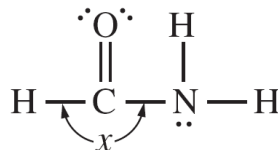
/2

2

UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI :

5

6. Lewisova struktura molekule formamida prikazana je na slici:

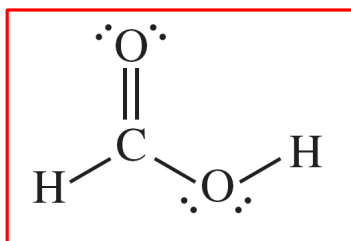


- a) U navedenoj molekuli kut  $x$  nije  $180^\circ$ , koliko iznosi kut  $x$ ? Obrazložite odgovor:

\_\_\_\_\_ Za tri jednaka supstituenta u ravni iznosio bi  $120^\circ$ , ali nešto je manji od  $120^\circ$  zbog odbijanja elektrona iz veze sa slobodnim elektronskim parovima kisika. \_\_\_\_\_  
(u slučaju odgovora  $120^\circ$  dajemo 1 bod)

/2

- b) Nacrtajte Lewisovu strukturu i očekivanu geometriju molekule  $\text{CH}_2\text{O}_2$ .



Za strukturu kao na gornjoj slici - 2 BODA, za točnu strukturu s obzirom na elektronske parove, ali netočne kutove, odnosno molekulu u kojoj su svi kutovi  $90^\circ$  i  $180^\circ$  - 1 BOD

/2

4

7. Zeolit je porozni materijal koji se često koristi kao katalizator. Zaokružite slovo ispred tvrdnje ili tvrdnji koje smatrate točnim u svezi s katalizatorom:

- A) katalizator povećava konstantu ravnoteže reakcije  
☒ B) katalizator smanjuje energiju aktivacije reakcije  
 C) katalizator ne sudjeluje u reakciji  
☒ D) katalizator povećava brzinu reakcije

/2

Bodovanje: za oba točna odgovora - 2 BODA,  
 za samo jedan točan odgovor (B ili D) i ništa više zaokruženo - 1 BOD,  
 za sve ostale situacije - 0 BODOVA

2

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI :

6

8. Navedene kemijske reakcije odvijaju se u uvjetima konstantnog tlaka i konstantne temperature:

- A)  $2 \text{CO(g)} + \text{O}_2\text{(g)} \rightarrow 2 \text{CO}_2\text{(g)}$   $\Delta_r H^\circ = -566 \text{ kJ mol}^{-1}$   $\Delta_r S^\circ = -173 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 B)  $2 \text{H}_2\text{O(g)} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$   $\Delta_r H^\circ = 484 \text{ kJ mol}^{-1}$   $\Delta_r S^\circ = 90 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 C)  $2 \text{N}_2\text{O(g)} \rightarrow 2 \text{N}_2\text{(g)} + \text{O}_2\text{(g)}$   $\Delta_r H^\circ = -164 \text{ kJ mol}^{-1}$   $\Delta_r S^\circ = 149 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$   
 D)  $\text{PbCl}_2\text{(s)} \rightarrow \text{Pb}^{2+}\text{(aq)} + 2 \text{Cl}^-\text{(aq)}$   $\Delta_r H^\circ = 23,4 \text{ kJ mol}^{-1}$   $\Delta_r S^\circ = -12,5 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

- a) Zaokružite slovo ispred kemijske reakcije koja bi snižavanjem temperature sustava postala termodinamički nepovoljnija, odnosno povećanjem temperature sustava bi postala termodinamički povoljnija. /1

- b) Obrazložite odgovor:

U uvjetima konstantnog tlaka i temperature Gibbsova energija ( $\Delta_r G < 0$ ) je termodinamički kriterij za spontanost procesa  $\Delta_r G = \Delta_r H - T\Delta_r S$  i sastoji se od dva doprinosa:  $\Delta_r H$  i  $-T\Delta_r S$ . Reakcije B i D su endotermne te imaju nepovoljan doprinos  $\Delta_r H$  koji je na nižim temperaturama dominantan te one na nižim temperatura postaju termodinamički nepovoljnije. Za razliku od reakcije D, reakcija B ima povoljan doprinos  $-T\Delta_r S$  koji postaje dominantan povišenjem temperature i učini reakciju spontanom. /3

Priznaju se i obrazloženja:

Reakcije B i D imaju nepovoljan entalpijski doprinos koji je na nižim temperaturama dominantan te su one na nižim temperaturama nepovoljne. Reakcija D ima nepovoljan „entropijski“ doprinos ( $-T\Delta_r S$ ) pa je ona i na višoj temperaturi termodinamički nepovoljna. Što ostavlja reakciju B kao točan odgovor.

Reakcije A i C su egzotermne i stoga na nižim temperaturama spontane. Reakcija D je endotermna, ali ima nepovoljan entropijski doprinos zbog čega neće ni na višoj temperaturi postati povoljna. Reakcija B je endergona i ima povoljan „entropijski“ doprinos ( $-T\Delta_r S$ ) koji će prevladati na višoj temperaturi.

4

9. Za potpunu neutralizaciju 0,244 g dvoprotonske kiseline potrebno je 40,0 cm<sup>3</sup> otopine KOH koncentracije 0,100 mol·dm<sup>-3</sup>. Kolika je molekulska masa te kiseline?



$$n(\text{H}_2\text{A}) = 0,5 \cdot n(\text{KOH})$$

$$n(\text{KOH}) = V(\text{KOH}) \cdot c(\text{KOH})$$

$$n(\text{KOH}) = 0,0400 \text{ dm}^3 \cdot 0,100 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$n(\text{KOH}) = 4,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{H}_2\text{A}) = 0,5 \cdot n(\text{KOH})$$

$$n(\text{H}_2\text{A}) = 2,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$M = \frac{0,244 \text{ g}}{2,00 \times 10^{-3} \text{ mol}}$$

$$M = 122 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$$

/0,5

/0,5

/0,5

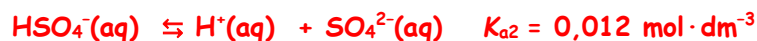
/0,5

2

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI :

6

10. Konstante disocijacije sumporne kiseline iznose:  $K_{a1} = \infty$ ,  $K_{a2} = 0,012 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ . Izračunajte pH-vrijednost otopine sumporne kiseline koncentracije  $0,030 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ .



za točno napisane jednačbe (nije potrebno skidati bodove na strelice  
za prvi stupanj disocijacije)

/1

$$K_{a2} = \frac{[\text{H}^+][\text{SO}_4^{2-}]}{[\text{HSO}_4^-]}$$

$$[\text{SO}_4^{2-}] = x \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{HSO}_4^-] = (0,030 - x) \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{H}^+] = (0,030 + x) \text{ mol dm}^{-3}$$

za točno postavljene ravnotežne koncentracije

/1

$$K_{a2} = \frac{(0,030 + x)x}{0,030 - x}$$

$$x^2 + (K_{a2} + 0,030) \cdot x - K_{a2} \cdot 0,030 = 0$$

$$x^2 + 4,2 \times 10^{-2} \cdot x - 3,6 \times 10^{-4} = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

$$x = \frac{-4,2 \times 10^{-2} \pm \sqrt{1,76 \times 10^{-3} + 1,44 \times 10^{-3}}}{2}$$

$$x = 7,28 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

/1

$$[\text{H}^+] = (0,030 + x) \text{ mol dm}^{-3} = 0,037 \text{ mol dm}^{-3}$$

/1

$$\text{pH} = 1,43$$

/1

5

UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI :

5



- 11.** U Svetom Martinu na Muri izgrađen je novi bazen obujma  $60 \text{ m}^3$ . Prilikom puštanja u pogon, bazen je napunjen vodom iz dva spremnika. U jednom spremniku je bilo  $10 \text{ m}^3$  vode koja se nalazila na temperaturi od  $10^\circ\text{C}$  i imala gustoću  $0,995\,65 \text{ kg dm}^{-3}$ , a u drugom spremniku je bilo  $50 \text{ m}^3$  vode zagrijane na  $30^\circ\text{C}$  gustoće  $0,977\,78 \text{ kg dm}^{-3}$ .

- a) Kolika je temperatura vode kojom je ispunjen bazenu, a koja je dobivena miješanjem vode iz navedena dva spremnika? Specifični toplinski kapacitet vode pri konstantnom tlaku iznosi  $4,1855 \text{ J g}^{-1} \text{ K}^{-1}$
- b) Ako molekulu vode aproksimiramo kuglom promjera  $2,75 \text{ Å}$ , koliko je množina vode potrebna da bi se ispunio bazen volumena  $20 \text{ m}^3$ ? ( $1 \text{ Å} = 10^{-10} \text{ m}$ )

a)

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$m_1 = 0,995\,65 \text{ kg dm}^{-3} \cdot 10 \text{ m}^3 = 0,995\,65 \text{ kg dm}^{-3} \cdot 10^4 \text{ dm}^3 = 9,9565 \times 10^3 \text{ kg}$$

$$m_2 = 0,97778 \text{ kg dm}^{-3} \cdot 50 \text{ m}^3 = 0,97778 \text{ kg dm}^{-3} \cdot 5 \cdot 10^4 \text{ dm}^3 = 4,8889 \times 10^4 \text{ kg}$$

$$T_1 = 283 \text{ K}$$

$$T_2 = 303 \text{ K}$$

$$\Delta Q_1 = - \Delta Q_2$$

$$m_1 \cdot c_p \cdot (T_k - T_1) = - m_2 \cdot c_p \cdot (T_k - T_2)$$

(ukoliko nije eksplicitno postavljen minus, paziti da je s jedne strane  $(T_k - T_1)$ , a s druge  $(T_k - T_2)$  ili obrnuto)

$$T_k = \frac{m_2 T_2 + m_1 T_1}{m_2 + m_1}$$

$$T_k = 300 \text{ K}$$

$$t_k = 27^\circ\text{C}$$

b)

$$d = 2,75 \text{ Å}$$

$$r = 1,375 \text{ Å}$$

$$V_{\text{molekula}} = \frac{4}{3} r^3 \pi$$

$$V_{\text{molekula}} = 10,9 \text{ Å}^3$$

$$V_{\text{molekula}} = 1,09 \times 10^{-29} \text{ m}^3$$

$$N = \frac{V_{\text{bazen}}}{V_{\text{molekula}}}$$

$$N = \frac{20 \text{ m}^3}{1,09 \times 10^{-29} \text{ m}^3}$$

$$N = 1,83 \times 10^{30}$$

$$n = \frac{N}{N_a} = \frac{1,83 \times 10^{30}}{6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}}$$

$$n = 3,04 \times 10^6 \text{ mol}$$

Opaska: ukoliko se učenik zabuni i koristi promjer ( $d$ ) umjesto polumjera ( $r$ ) prilikom računanja volumena molekule vode, dobit će  $N = 2,30 \cdot 10^{29}$  i za to 1 bod, a konačno rješenje  $n = 3,82 \times 10^5 \text{ mol}$  – 1 bod, dakle tom učeniku se dodjeljuje ukupno 2 boda.

/0,5

/0,5

/1

/1

/1

/1

/1

/1

7

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI :

7

- 12.** U jednom spremniku nalazi se voda čija pH-vrijednost iznosi 6,0, a u drugom voda čija pH-vrijednost iznosi 8,0. U kojem omjeru volumena je potrebno pomiješati uzorke vode iz ta dva spremnika da bi se dobila voda čija pH-vrijednost iznosi 7,0 te je pogodna za punjenje bazena?

$$pH_1 = 6,0$$

$$c_1 = 10^{-6,0} \text{ mol dm}^{-3} = 1 \times 10^{-6} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$pH_2 = 8,0$$

$$c_2 = 10^{-8,0} \text{ mol dm}^{-3} = 1 \times 10^{-8} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$pH_u = 7,0$$

$$c_u = 10^{-7,0} \text{ mol dm}^{-3} = 1 \times 10^{-7} \text{ mol dm}^{-3}$$

za točno izračunate sve 3 koncentracije iz pH

$$n_u = n_1 + n_2$$

$$c_u \cdot V_u = c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2$$

$$V_u = V_1 + V_2$$

$$c_u \cdot (V_1 + V_2) = c_1 \cdot V_1 + c_2 \cdot V_2$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{c_2 - c_u}{c_u - c_1}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{1}{10}$$

opaska: postoje i jednostavniji načini rješavanja ovog zadatka („pravilo zvijezde“), ako učenik na neki drugi način dođe do točnog rješenja, također dobije 4 boda

/1

/1

/2

4

1. stranica

+

2. stranica

+

3. stranica

+

4. stranica

5. stranica

+

6. stranica

+

7. stranica

=

**Ukupni bodovi**

40

UKUPNO BODOVA NA 7. STRANICI :

4