

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

DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE

učenici(ka) osnovnih i srednjih škola 2019.

Split, 14–17. travnja 2019.

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 učenici(ka)ce: _____ OIB: _____

Datum rođenja:

Mjesto 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. Fosforna kiselina nalazi se u jednom popularnom bezalkoholnom piću i uzrok je njegove kiselosti. Maseni udio fosforne kiseline u tom piću iznosi 0,05 %, a gustoća pića je 1,00 g cm⁻³. Izračunajte pH-vrijednost tog pića uz pretpostavku da mu kiselost uzrokuje samo prvi stupanj disocijacije fosforne kiseline (pK_{a1} = 2,12).

$$\rho = \frac{m(\text{pića})}{V}$$

$$\rho = \frac{n(\text{H}_3\text{PO}_4)M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{w V \rho w}$$

$$c(\text{H}_3\text{PO}_4) = \frac{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}{M(\text{H}_3\text{PO}_4)}$$

$$c_0(\text{H}_3\text{PO}_4) = 0,0051 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{H}_3\text{PO}_4 \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{H}_2\text{PO}_4^-$$

$$pK_{a1} = 2,12$$

$$K_{a1} = 0,00759$$

$$K_{a1} = \frac{[\text{H}_2\text{PO}_4^-][\text{H}^+]}{[\text{H}_3\text{PO}_4]}$$

$$[\text{H}^+] = [\text{H}_2\text{PO}_4^-] = x$$

$$[\text{H}_3\text{PO}_4] = c_0 - x$$

$$K_{a1} = \frac{x^2}{0,0051 - x}$$

$$x = 3,49 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$[\text{H}^+] = 3,49 \times 10^{-3} \text{ mol dm}^{-3}$$

$$\text{pH} = 2,46$$

(0,5 bodova za točan izraz i 0,5 bodova za točan izračun)

2. Zaokružite slovo ispred tvrdnje za koju smatrate da najbolje objašnjava činjenicu da je pri temperaturi od 298 K i atmosferskom tlaku brom tekućina visokog tlaka para, a klor plin.

A) međumolekulske interakcije između molekula Cl₂ su jače od onih između molekula Br₂

☒ B) međumolekulske interakcije između molekula Br₂ su jače od onih između molekula Cl₂

C) Br–Br veza je jača od Cl–Cl veze

D) Cl–Cl veza je jača od Br–Br veze

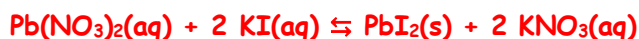
Obrazložite odgovor:

Elektronski oblak broma je polarizabilniji jer molekula broma ima veći elektronski oblak te se stoga stvaraju jače međumolekulske interakcije.

UKUPNO BODOVA NA 1. STRANICI :

3. Učenik je dobio zadatak odrediti sadržaj jodidnih iona u tableti koja se sastoji od kalijeva jodida te inertnog, u vodi topljivog šećera. Učenik je izvagao tabletu (0,425 g), a zatim ju je otopio u tikvici od 50 cm³ dodatkom vode te dodao u suvišku otopinu olovo(II) nitrata koncentracije 0,20 mol dm⁻³. U tikvici je nastao žuti talog koji je zatim filtriran, dobro ispiran i dobro osušen te nakon toga vagan. Masa taloga skupa sa filter papirom iznosi 1,698 g, a masa samog filter pira 1,462 g.

- a) Napišite jednadžbu kemijske reakcije koja se zbiva u tikvici te označite agregacijska stanja



/1

- b) Je li koncentracija kalijevih iona veća, manja ili jednaka koncentraciji nitratnih iona u otopini nakon uklanjanja taloga. Obrazložite odgovor.

_____ Manja _____

/1

_____ Pb(NO₃)₂ je dodan u suvišku kako bi se svi jodidni ioni istaložili te su stoga i nitratni ioni u suvišku u odnosu na kalijeve. _____

/1

- c) Koliki je maseni udio jodidnih iona u tableti?

$$m(\text{PbI}_2(\text{s})) = 1,698 \text{ g} - 1,462 \text{ g} = 0,236 \text{ g}$$

$$M(\text{PbI}_2(\text{s})) = 461,0 \text{ g mol}^{-1}$$

$$n(\text{PbI}_2(\text{s})) = \frac{m(\text{PbI}_2(\text{s}))}{M(\text{PbI}_2(\text{s}))} = \frac{0,236 \text{ g}}{461,0 \text{ g mol}^{-1}} = 5,12 \times 10^{-4} \text{ mol}$$

/0,5

$$n(\text{I}^{-}) = 2 n(\text{PbI}_2(\text{s}))$$

$$n(\text{I}^{-}) = 1,02 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

/0,5

$$m(\text{I}^{-}) = M(\text{I}^{-}) n(\text{I}^{-}) = 126,91 \text{ g mol}^{-1} \cdot 1,02 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$m(\text{I}^{-}) = 0,130 \text{ g (u jednoj tableti)}$$

/1

$$w(\text{I}^{-}, \text{tableta KI}) = \frac{m(\text{I}^{-})}{m(\text{tableta})}$$

$$w(\text{I}^{-}, \text{tableta KI}) = \frac{0,130 \text{ g}}{0,425 \text{ g}}$$

$$w(\text{I}^{-}, \text{tableta KI}) = 30,6 \%$$

/1

- d) Drugi učenik izvodio je isti eksperiment, ali je pripremio 55 cm³ umjesto u 50 cm³ otopine s tabletom iste mase. Hoće li taj učenik odrediti veću, manju ili jednaku masu jodidnih iona? Obrazložite odgovor.

_____ Jednaku _____

/1

_____ Količina otapala, u ovom slučaju vode, ne utječe na uspješnost eksperimenta i ukoliko se filter papir dobro posuši dobit će se jednak rezultat. _____

/1

8

UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI :

8

4. U tvornici koja se nalazi na morskoj obali, balon volumena 500 dm^3 ispunjen je s vodikom pri atmosferskom tlaku od $1,20 \text{ atm}$ ($1 \text{ atm} = 101\,325 \text{ Pa}$) i temperaturi od $31,2^\circ\text{C}$. Balon je zatim dignut na visinu $51,2 \text{ km}$ nadmorske visine gdje tlak iznosi svega $0,0122\%$ tlaka na morskoj obali, a temperatura $-81,2^\circ\text{C}$. Kolika je gustoća tog uzorka plina na $51,2 \text{ km}$ nadmorske visine? Je li promjer balona na $51,2 \text{ km}$ nadmorske visine veći ili manji od onoga na razini mora i koliko puta?

$$p_2 = 0,000122 \cdot 1,2 \cdot 101325 \text{ Pa} = 14,834 \text{ Pa}$$

$$T_2 = 191,95 \text{ K}$$

$$V p_2 = n R T_2$$

$$\frac{n}{V} = \frac{p_2}{R T_2}$$

$$\rho = \frac{M p_2}{R T_2}$$

/1

$$\rho = \frac{2,02 \text{ g mol}^{-1} 14,834 \text{ Pa}}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} 191,95 \text{ K}}$$

$$\rho = 0,0187 \text{ g m}^{-3}$$

/1

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}$$

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}$$

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3$$

$$\frac{r_2}{r_1} = \sqrt[3]{\frac{p_1 T_2}{p_2 T_1}}$$

$$\frac{r_2}{r_1} = 17,29$$

(0,5 bodova za točan izraz i 0,5 bodova za točan izračun)

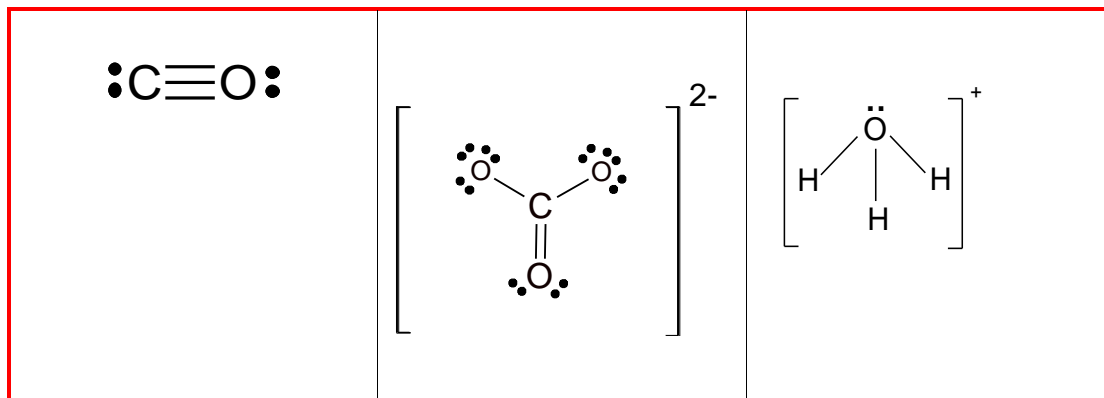
/1

3

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI :

3

5. Nacrtajte Lewisove strukturne formule molekule ugljikova(II) oksida, karbonatnog iona i oksonijevog iona:



/3x1

- A) Zašto je kovalentna veza između atoma ugljika i atoma kisika kraća u molekuli ugljikova(II) oksida u usporedbi s duljinom veze u karbonatnom ionu.

____ Trostruka veza je kraća i od jednostruke i od dvostruke i od rezonantnih ____

/1

- B) Zašto su sve 3 kovalentne veze karbonatnog iona jednake duljine?

____ Rezonantne strukture ili delokalizacija elektronskog oblaka ili nacrtaju rezonantne strukture ____

/1

- C) Procijenite vrijednost valentnog kuta kod oksonijevog iona i obrazložite svoju procjenu.

____ Manji od 109,5° zbog jačeg odbijanja elektrona iz veze (veznog elektronskog para) sa slobodnim (neveznim) elektronskim parom kisika, nego međusobnog odbijanja elektrona koji tvore kemijsku vezu (veznih elektronskih parova). ____

/2

2 boda, a samo 1 bod za odgovor kut je manji od 109,5° bez adekvatnog obrazloženja

7

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI :

7

6. Acetilsalicilna kiselina aktivna je supstanca aspirina te se koristi kao analgetik, antipiretik i antiupalni lijek.
- a) Sagorijevanjem 5,000 g analitički čiste acetilsalicilne kiseline dobiveno je 2,004 g vode i 6,21 dm³ suhog ugljikovog dioksida u plinovitom stanju pri tlaku od 770 mmHg i temperaturi od 27 °C. Tlak od 760 mmHg iznosi 101,3 kPa. Izračunajte masu svakog elementa u 5,000 g uzorka i izrazite u gramima. Napišite postupak.

$$n(\text{H}) = 2 \cdot n(\text{H}_2\text{O})$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 2,004 \text{ g} / 18,02 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1} = 0,1112 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}) = n \cdot M = 0,2246 \text{ g}$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{770}{760} \frac{101300 \text{ Pa} \cdot 6,21 \times 10^{-3} \text{ m}^3}{8,314 \frac{\text{J}}{\text{K mol}} \cdot 300 \text{ K}} = 0,256 \text{ mol}$$

$$m(\text{C}) = n \cdot M = 3,075 \text{ g}$$

$$m(\text{O}) = 5,000 \text{ g} - (0,2246 \text{ g} + 3,075 \text{ g}) = 1,700 \text{ g}$$

/1

/1

/1

- b) Uzorak analitički čiste acetilsalicilne kiseline množine $3,00 \times 10^{-3} \text{ mol}$ otopljen je u 20,0 cm³ destilirane vode i titiran s otopinom NaOH koncentracije 0,002 mol dm⁻³. Acetilsalicilna kiselina je monoprotonska kiselina. Točka ekvivalencije postiže se dodatkom 15 cm³ lužine. Podaci o titraciji prikazani su u donjoj tablici. Odredite konstantu disocijacije (K_a) acetilsalicilne kiseline i pH-vrijednost otopine nakon dodatka 30,0 cm³ otopine NaOH.

V(NaOH)	pH
0,00	2,40
5,00	3,03
7,50	3,56
15,00	4,05
30,0	?

$pK_a = \text{pH}$ na polovici točke ekvivalencije jer upravo tada je pola kiseline u disociranom, pola u nedisociranom obliku. Točka ekvivalencije je pri 15 cm³ dodane lužine, pola je u $V(\text{NaOH}) = 7,5 \text{ cm}^3$, a tada je $\text{pH} = 3,56$ (iz tablice).

$$pK_a = 3,56$$

$$K_a = 2,75 \times 10^{-4}$$

(0,5 bodova za točno napisan pK_a i 0,5 bodova za točnu K_a)

/1

pH otopine nakon dodatka 30 cm³ lužine određen je sa suviškom dodane lužine nakon postizanja točke ekvivalencije što iznosi:

$$V(\text{OH}^-) = 30 \text{ cm}^3 - 15 \text{ cm}^3 = 15 \text{ cm}^3$$

$$n(\text{OH}^-) = 0,015 \text{ dm}^3 \cdot 0,002 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} = 3,00 \times 10^{-5} \text{ mol}$$

$$\text{ukupni volumen je tada } V = 30 \text{ cm}^3 (\text{dodane lužine}) + 20 \text{ cm}^3 (\text{uzorka}) = 50 \text{ cm}^3$$

$$c(\text{OH}^-) = n/V = 3,00 \times 10^{-5} \text{ mol} / 50 \text{ cm}^3 = 6,0 \times 10^{-4} \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3}$$

$$\text{pOH} = 3,22$$

$$\text{pH} = 14 - 3,22 = 10,78$$

/1

/1

UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI :

6

- c) Otopljeno je 1,593 g analitički čiste acetilsalicilne kiseline u destiliranoj vodi i titrirano s otopinom NaOH koncentracije $0,200 \text{ mol dm}^{-3}$. Točka ekvivalencije postignuta je nakon dodatka $44,25 \text{ cm}^3$ lužine. Acetilsalicilna kiselina je monoprotionska kiselina. Izračunajte njenu molarnu masu. Napišite postupak.

$$m(\text{acetilsalicilne}) = 1,593 \text{ g}$$

$$n(\text{acetilsalicilne}) = n(\text{NaOH})$$

$$n(\text{NaOH}) = c \cdot V = 0,200 \text{ mol} \cdot \text{dm}^{-3} \cdot 44,25 \times 10^{-3} \text{ dm}^3 = 0,00885 \text{ mol}$$

$$M(\text{acetilsalicilne}) = \frac{m}{n}$$

$$M(\text{acetilsalicilne}) = \frac{1,593 \text{ g}}{0,00885 \text{ mol}}$$

$$M(\text{acetilsalicilne}) = 180 \text{ g mol}^{-1}$$

/1

7

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI :

1

7. U prvom pokusu otopljeno je 1,50 g KCl u 35 mL deionizirane vode i temperatura otopine se smanjila s 24,8 °C na 22,4 °C. U drugom pokusu otopljeno je 1,14 g CaCl₂ u 100 mL deionizirane vode i temperatura otopine se povećala s 27,0 °C na 29,0 °C.
- a) Izračunajte molarnu entalpiju otapanja KCl i CaCl₂ u vodi ako pretpostavite da je specifični toplinski kapacitet otopine jednak specifičnom toplinskom kapacitetu vode i iznosi 4,20 J K⁻¹ g⁻¹. Gustoća vode pri 25 °C iznosi 1,00 g cm⁻³.

$$\Delta_{\text{sol}}H = \frac{\Delta H}{\Delta \xi} = \frac{q_p}{n} = \frac{q_p \cdot M}{m}$$

$$q_p = -q(\text{H}_2\text{O})$$

$$q_p = -c(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T$$

$$q_p = -c(\text{H}_2\text{O}) \cdot m(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T$$

$$q_p = -c(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T$$

1 bod

/1

$$\Delta_{\text{sol}}H = \frac{-c(\text{H}_2\text{O}) \cdot \rho(\text{H}_2\text{O}) \cdot V(\text{H}_2\text{O}) \cdot \Delta T \cdot M}{m}$$

$$\Delta_{\text{sol}}H(\text{KCl}) = \frac{-4,20 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot 1,00 \text{ g cm}^{-3} \cdot 35,0 \text{ cm}^3 \cdot (-2,40 \text{ K}) \cdot 74,55 \text{ g mol}^{-1}}{1,50 \text{ g}}$$

$$\Delta_{\text{sol}}H(\text{KCl}) = 17,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

1 bod

/1

$$\Delta_{\text{sol}}H(\text{CaCl}_2) = \frac{-4,20 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1} \cdot 1,00 \text{ g cm}^{-3} \cdot 100,0 \text{ cm}^3 \cdot 2,00 \text{ K} \cdot 110,98 \text{ g mol}^{-1}}{1,14 \text{ g}}$$

$$\Delta_{\text{sol}}H(\text{CaCl}_2) = -81,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

1 bod

/1

(ukupno 3 boda ako su obje entalpije točno izračunate,
bez obzira je li eksplicitno napisan izraz za računanje topline)

- b) Izračunajte entalpiju hidratacije K^+ i Ca^{2+} iona ako entalpija kristalne strukture KCl iznosi 717 kJ mol^{-1} , a entalpija kristalne strukture $CaCl_2$ 2258 kJ mol^{-1} . Entalpija hidratacije kloridnih iona iznosi -363 kJ mol^{-1} .



/1

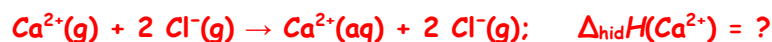
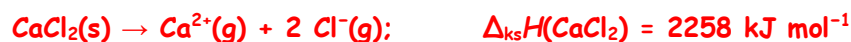
$$\Delta_{sol}H(KCl) = \Delta_{ks}H(KCl) + \Delta_{hid}H(K^+) + \Delta_{hid}H(Cl^-)$$

$$\Delta_{hid}H(K^+) = \Delta_{sol}H(KCl) - \Delta_{ks}H(KCl) - \Delta_{hid}H(Cl^-)$$

$$\Delta_{hid}H(K^+) = 17,5 \text{ kJ mol}^{-1} - 717 \text{ kJ mol}^{-1} - (-363 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$\Delta_{hid}H(K^+) = -336,5 \text{ kJ mol}^{-1}$$

/1



0,5 bod

$$\Delta_{sol}H(CaCl_2) = \Delta_{ks}H(CaCl_2) + \Delta_{hid}H(Ca^{2+}) + 2 \cdot \Delta_{hid}H(Cl^-)$$

$$\Delta_{hid}H(Ca^{2+}) = \Delta_{sol}H(CaCl_2) - \Delta_{ks}H(CaCl_2) - 2 \cdot \Delta_{hid}H(Cl^-)$$

$$\Delta_{hid}H(Ca^{2+}) = -81,8 \text{ kJ mol}^{-1} - 2258 \text{ kJ mol}^{-1} - 2 \cdot (-363 \text{ kJ mol}^{-1})$$

$$\Delta_{hid}H(Ca^{2+}) = -1613,8 \text{ kJ mol}^{-1}$$

/1

c) Jesu li u vodenoj otopini bolje hidratizirani K^+ ili Ca^{2+} ioni? Objasnite zašto je to tako.

U vodenoj otopini su bolje hidratizirani Ca^{2+} ioni.

/1

Naime, Ca^{2+} ioni ostvaruju jače interakcije s molekulama vode jer Ca^{2+} ioni imaju veći pozitivni naboj od K^+ iona, odnosno veću gustoću naboja.

/1

8

1. stranica

2. stranica

+

3. stranica

+

4. stranica

+

5. stranica

6. stranica

7. stranica

+

8. stranica

+

9. stranica

=

Ukupni bodovi

40

UKUPNO BODOVA NA 9. STRANICI :

2