

**DRŽAVNO NATJECANJE IZ KEMIJE**

učenici(ka) osnovnih i srednjih škola 2016.

Đurđevac, 18–21. travnja 2016.

**NAPOMENA:**

1. Zadatci se rješavaju 120 minuta.
2. Dopušteno je koristiti samo onu tablicu periodnog sustava elemenata koja je dobivena od državnog povjerenstva.
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: \_\_\_\_\_

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

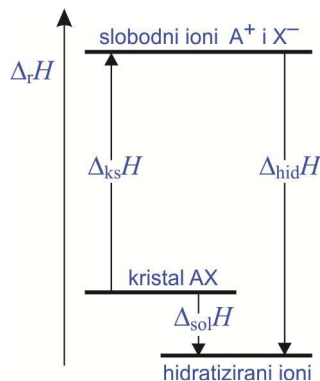
Brzina svjetlosti u vakuumu	$c_0$	$2,998 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Planckova konstanta	$h$	$6,626 \times 10^{-34} \text{ J s}$
Elementarni naboj	$e$	$1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$
Masa mirovanja elektrona	$m_e$	$9,109 \times 10^{-31} \text{ kg}$
Masa mirovanja protona	$m_p$	$1,673 \times 10^{-27} \text{ kg}$
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. Definirajte sljedeće pojmove za ionsku tvar AX(s): a) entalpija kristalne strukture (ili rešetke),  $\Delta_{ks}H$ , b) entalpija hidratacije,  $\Delta_{hid}H$ , i c) entalpija otapanja,  $\Delta_{sol}H$ , u vodi. Iskažite povezanost tih veličina: d) jednažbom i posebno istaknite predznake tih veličina te e) dijagramom za slučaj egzotermnog procesa otapanja.

- a) Entalpija kristalne strukture je promjena entalpije s napredovanjem procesa raspada ionskog kristala u plin slobodnih iona  $\Delta_{ks}H$  /1
- b) Entalpija hidratacije je promjena entalpije s napredovanjem prijelaza slobodnih iona iz plinske faze u vodenu otopinu /1
- c) Entalpija otapanja čvrste ionske tvari u vodi je promjena entalpije s napredovanjem prijelaza kristala u vodenu otopinu hidratiziranih iona. /1
- d)  $\Delta_{sol}H = \Delta_{ks}H + \Delta_{hid}H$   $\Delta_{ks}H > 0$ ;  $\Delta_{hid}H < 0$ ;  $\Delta_{sol}H$  može biti + i – /2

e)



Nije dobro reći samo da su to promjene entalpije  $\Delta H$  kao npr. što nije dobro reći da je brzina promjena puta. Sve te procesne ili reakcijske veličine su nagibi entalpije prema napredovanju procesa odnosno reakcije. Alternativno se mogu smatrati promjenama molarnih entalpija pri prijelazu iz jednog u drugo stanje.

/1

6

2. U 250 mL vode otopljeno je 1,25 mmol kiseline  $H_2A$  koja disocira u dva stupnja. Prvi stupanj je potpun i stupanj disocijacije za taj korak je 1, dok je za drugi stupanj  $\alpha_2 = 0,94$ . a) Prikažite jednažbama dva stupnja disocijacije kiseline; b) Odredite konstantu disocijacije za drugi stupanj disocijacije; c) Koliki je pH otopine u ravnoteži?



/1

b)  $K_{a2} = \frac{[H^+][A^{2-}]}{[HA^-]} = \frac{(1 + \alpha_2) \cdot \alpha_2}{(1 - \alpha_2)} \cdot c_0 = \frac{1,94 \cdot 0,94}{0,06} \cdot 0,005 \text{ mol/L} = \underline{\underline{0,152 \text{ mol/L}}}$  /2

c)  $[H^+] = (1 + \alpha_2) \cdot c_0 = 1,94 \cdot 0,005 \text{ mol/L} = 0,0097 \text{ mol/L}$

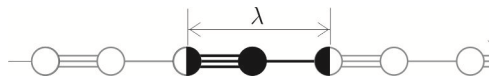
$pH = -\lg([H^+] / \text{mol L}^{-1}) = \underline{\underline{2,01}}$  /1

4

ostv. maks.

3. Grafen je alotropska modifikacija ugljika čija se struktura može prikazati kao sloj grafita debljine jednog atoma. To su dakle heksagonski povezani atomi ugljika u monoatmno debelom sloju. Ako je duljina C–C veze u grafenu 142 pm koliko je ugljika potrebno za pokrivanje površine Hrvatske ( $56\,600\text{ km}^2$ ) takvom molekulom. Iskažite to a) brojem (ako ga ne znate izračunati, za daljnje zadatke uzmite da je  $N_C = 10^{31}$ ), b) množinom i c) masom tih atoma. d) Izračunajte vrijeme u godinama potrebno da svjetlost prođe put duljine molekule karbina koja se sastoji od jednakog broja C-atoma (kao pod a) povezanih izmjenično trostrukim i jednostrukim vezama –  $(\text{C}\equiv\text{C})_x\text{C}$ , ako su duljine trostrukih i jednostrukih veza 120 i 140 pm.

Fragment gigantske linearne molekule karbina:



- a) Površina jediničnog heksagona:

$$A_1 = 6 \cdot (\sqrt{3} / 4) \cdot r_{\text{CC}}^2 = 1,5 \cdot \sqrt{3} \cdot r_{\text{CC}}^2 = 1,5 \cdot \sqrt{3} \cdot (1,42 \times 10^{-10} \text{ m})^2 = 5,24 \times 10^{-20} \text{ m}^2$$

$$\text{Broj heksagona: } N_h = \frac{A_{\text{HR}}}{A_1} = \frac{5,66 \times 10^{10} \text{ m}^2}{5,24 \times 10^{-20} \text{ m}^2} = 1,08 \times 10^{30}$$

$$\text{Broj atoma C: } N_C = (6 \cdot (1/3)) \cdot N_h = \underline{\underline{2,16 \times 10^{30}}}$$

/2

- b) Množina atoma:
- $n_C = \frac{N_C}{L} = \underline{\underline{3,59 \times 10^6 \text{ mol}}}$

/1

- c) Masa ugljika:
- $m_C = n_C \cdot M_C = 3,59 \times 10^6 \text{ mol} \cdot 12 \text{ g mol}^{-1} = 4,3 \times 10^7 \text{ g} = \underline{\underline{43 \text{ t}}}$

/1

- d) Duljina ponavljajuće skupine
- $\text{C}\equiv\text{C}$
- je
- $\lambda = 2,6 \times 10^{-10} \text{ m}$
- , a takvih je jedinica
- $N_C/2 = 1,08 \times 10^{30}$
- pa za duljinu molekule karbina slijedi

$$\ell = \lambda \cdot N_C / 2 = 2,6 \times 10^{-10} \text{ m} \cdot 1,08 \times 10^{30} = 2,81 \times 10^{20} \text{ m}$$

$$\text{Svjetlost takav put prijeđe za vrijeme od } t = \frac{\ell}{c} = \frac{2,8 \times 10^{20} \text{ m}}{3,0 \times 10^8 \text{ m s}^{-1}} = 9,3 \times 10^{11} \text{ s}$$

/1

$$\text{odnosno } t = 9,3 \times 10^{11} \text{ s} \cdot \frac{\text{h}}{3600 \text{ s}} \cdot \frac{\text{d}}{24 \text{ h}} \cdot \frac{\text{a}}{365 \text{ d}} = \underline{\underline{29500 \text{ a}}}$$

tj. za 29,5 tisuća godina.

/0,5

Izbjegavajte dvostruko kažnjavanje! Na primjer, ako je pod a) pogrešno izračunat broj atoma  $N_C$  ne treba samo zbog toga oduzimati bodove u ostalim zadacima. Simbol za godinu je a, ali ne treba kažnjavati za upotrebu god ili za primjenu gregorijanske godine od 365,25 dana.

5,5

ostv. maks.

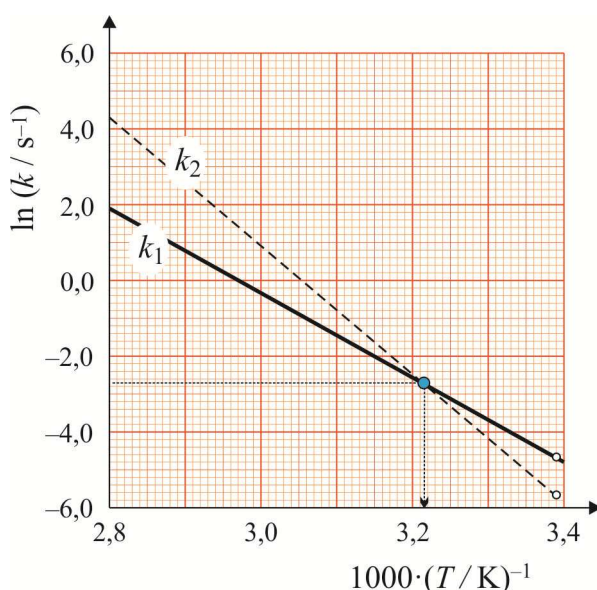
4. Temperaturna ovisnost brzine reakcije najčešće se iskazuje Arrheniusovom jednačicom

$$k = A \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \quad \text{ili} \quad \ln k = \ln A - \frac{E_a}{R} \cdot \frac{1}{T}$$

gdje preeksponencijalni faktor,  $A$ , i energija aktivacije,  $E_a$ , ne ovise o temperaturi.

a) Prikažite grafički ovisnost prirodnog logaritma koeficijenta brzine reakcije o recipročnoj temperaturi za reakcije s energijama aktivacije  $E_{a1} = 95 \text{ kJ/mol}$  i  $E_{a2} = 140 \text{ kJ/mol}$ , ako su pri  $22^\circ\text{C}$  koeficijenti brzina  $k_1 = 8 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$  odnosno  $k_2 = 3,5 \times 10^{-3} \text{ s}^{-1}$ . b) Kog su reda te reakcije i kako ste to zaključili? c) Pri kojoj će temperaturi koeficijenti brzina biti jednaki?

a)



b) Obje su reakcije prvog reda što se vidi iz dimenzije (ili jedinice) koeficijenta brzine reakcije.

c) Grafički se iz apscise sjecišta pravaca za  $k_1$  i  $k_2$  može očitati recipročna temperatura .....( $0,003215 \text{ K}^{-1}$ ) i izračunati temperatura kao 311 K

Kao što bodovi ukazuju važno je da je grafički prikaz optimalno napravljen: da je korištena što veća površina (–1 bod ako nije), da su osi ispravno označene (–1 bod ako nisu) te da je uredno crtano i očitavano (neurednost i pogrešno očitavanje se isto kažnjavaju po jednim bodom). Apscisa se može označiti na razne jednakovrijedne načine, npr.:  $(T/\text{K})^{-1}$ ,  $1/(T/\text{K})$  ili  $(\text{K}/T)$  pa su vrijednosti oko 0,003.

/4

/1

/1

6

ostv. maks.

5. Usporedite a) rezultate približnog računa koncentracije  $H^+$ -iona i pH otopine octene kiseline (ukupne) koncentracije  $2 \text{ mmol / L}$  uz pretpostavku da je koncentracija nedisocirane kiseline približno jednaka ukupnoj koncentraciji kiseline s b) rezultatom točnog računa. Konstanta ravnoteže disocijacije octene kiseline jednaka je  $1,75 \times 10^{-5} \text{ mol / L}$ . c) Kolike su relativne pogreške ( $\delta_x = |(x - \bar{x}) / \bar{x}|$  gdje je  $x$  približna, a  $\bar{x}$  točna vrijednost veličine  $x$ ) približnog računa u koncentraciji i u pH?

$$a) [HA] \approx c_0 \quad K_a = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]} \approx \frac{[H^+]^2}{c_0}$$

$$[H^+] = \sqrt{K_a \cdot c_0} = \sqrt{1,75 \times 10^{-5} \cdot 0,002} \text{ mol L}^{-1} = \underline{\underline{1,871 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}}}$$

$$\text{pH} = \underline{\underline{3,728}}$$

/2

$$b) K_a = \frac{[H^+] \cdot [A^-]}{[HA]} = \frac{[H^+]^2}{c_0 - [H^+]} \quad [H^+]^2 + K_a \cdot [H^+] - K_a \cdot c_0 = 0$$

$$[H^+] = -\frac{K_a}{2} + \sqrt{\frac{K_a^2}{4} + K_a \cdot c_0} = \underline{\underline{1,785 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}}}$$

$$\text{pH} = \underline{\underline{3,748}}$$

/3

$$c) \delta_c = \left| \frac{c_a - c_b}{c_b} \right| = \left| \frac{1,871 - 1,785}{1,785} \right| = \underline{\underline{4,8 \%}} \quad \text{indeksi a i b označuju rezultate iz pitanja a) odn. b)} \quad /0,5$$

$$\delta_{\text{pH}} = \left| \frac{\text{pH}_a - \text{pH}_b}{\text{pH}_b} \right| = \left| \frac{3,728 - 3,748}{3,748} \right| = \underline{\underline{0,53 \%}} \quad /0,5$$

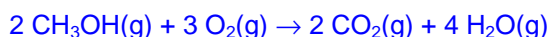
Ovdje je svrha bila saznati o kakvim se aproksimacijama radi pa tako i određivanje relativnih pogreški. Ne znam koliko je to učenicima poznato i zato je relativna pogreška definirana u tekstu. Jednake jedinice u omjerima nisu potrebne pa su zato ovdje izostavljene.

6

ostv. maks.

6. Zrak pri 25 °C i tlaku od 100 kPa zasićen je parama metanola i vode čiji su tlakovi para 16,5 kPa odnosno 3,7 kPa. Takav zrak prebačen je u evakuiranu bocu od 2 litre i iskrom zapaljen. Za sastav suhog zraka pretpostavite množinske udjele od 79 % dušika i 21 % kisika.

- a) Napišite jednadžbu reakcije u plinskoj fazi i odredite množine sastojaka plinske smjese prije i poslije reakcije.



/1

Prije reakcije:  $p_{\text{met}} = 16,5 \text{ kPa}$

$p_{\text{w}} = 3,7 \text{ kPa}$

$p_{\text{zrak}} = 79,8 \text{ kPa}$  pa je:  $p(\text{N}_2) = 63,0 \text{ kPa}$   $p(\text{O}_2) = 16,8 \text{ kPa}$

/1

Početne množine:  $n_{\text{met}} = \frac{p_{\text{met}} \cdot V}{RT} = \frac{16,5 \text{ kPa} \cdot 2 \text{ L}}{8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = \underline{\underline{13,3 \text{ mmol}}}$

/0,5

$$n_{\text{w}} = \frac{p_{\text{w}} \cdot V}{RT} = \frac{3,7 \text{ kPa} \cdot 2 \text{ L}}{8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = \underline{\underline{3,0 \text{ mmol}}}$$

/0,5

$$n(\text{N}_2) = \frac{p(\text{N}_2) \cdot V}{RT} = \frac{63,0 \text{ kPa} \cdot 2 \text{ L}}{8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = \underline{\underline{50,9 \text{ mmol}}}$$

/0,5

$$n(\text{O}_2) = \frac{p(\text{O}_2) \cdot V}{RT} = \frac{16,8 \text{ kPa} \cdot 2 \text{ L}}{8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 298 \text{ K}} = \underline{\underline{13,6 \text{ mmol}}}$$

/0,5

Mjerodavni reaktant je kisik jer:  $\left| \frac{n_{\text{met}}}{\nu_{\text{met}}} \right| > \left| \frac{n(\text{O}_2)}{\nu(\text{O}_2)} \right|$  tj.  $\frac{13,3}{2} > \frac{13,6}{3} = n_{\text{r}} = 4,53 \text{ mmol}$

/1

Konačne množine:  $n_{\text{B}} = n_{\text{B},0} + \nu_{\text{B}} \cdot n_{\text{r}}$ ;  $n_{\text{r}} = \xi =$  množina reakcija ili doseg

$$n_{\text{met}} = (13,3 - 2 \cdot 4,53) \text{ mmol} = \underline{\underline{4,2 \text{ mmol}}}; \quad n(\text{N}_2) = 50,9 \text{ mmol}; \quad n(\text{O}_2) = 0;$$

$$n_{\text{w}} = (3,0 + 4 \cdot 4,53) \text{ mmol} = \underline{\underline{21,1 \text{ mmol}}}; \quad n(\text{CO}_2) = 2 \cdot 4,53 \text{ mmol} = \underline{\underline{9,1 \text{ mmol}}};$$

/1,5

- b) Odredite reakcijsku entalpiju i oslobođenu toplinu pri stalnom tlaku, ako su entalpije stvaranja plinovitih tvari:

za metanol  $\Delta_{\text{f}}H = -201,5 \text{ kJ / mol}$

....za  $\text{CO}_2$   $\Delta_{\text{f}}H = -393,5 \text{ kJ / mol}$

za vodu  $\Delta_{\text{f}}H = -241,5 \text{ kJ / mol}$

$$\Delta_{\text{r}}H = \{2 \cdot (-393,5) + 4 \cdot (-241,5) - 2 \cdot (-201,5)\} \text{ kJ / mol} = \underline{\underline{-1350,0 \text{ kJ / mol}}}$$

/2

$$Q_{\text{p}} = \Delta H = \xi \cdot \Delta_{\text{r}}H = 0,00453 \text{ mol} \cdot (-1350,0 \text{ kJ / mol}) = \underline{\underline{-6,12 \text{ kJ}}}$$

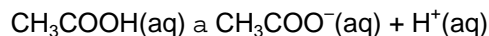
/1

9,5



ostv. maks.

- 7.** Octena kiselina je slaba kiselina. Disocijaciju te kiseline u vodenoj otopini možemo prikazati jednačom



Izračunajte stupanj disocijacije octene kiseline u vodenoj otopini koju smo priredili otapanjem 1,593 grama čiste octene kiseline u 250 grama vode, ako je normalno ledište te otopine za 0,203 °C niže od normalnog ledišta čiste vode.  $K_{\text{kr}}(\text{H}_2\text{O}) = 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}$ .

$$\begin{array}{l} \text{HA} \rightarrow \text{H}^+ + \text{A}^- \\ 1 - \alpha \quad \alpha \quad \alpha \quad i = 1 + \alpha \end{array} \quad /1$$

$$\Delta T = i \cdot b \cdot K_{\text{kr}} \quad b_{\text{k}} = \frac{n_{\text{k}}}{m_{\text{w}}} = \frac{m_{\text{k}}}{M_{\text{k}} \cdot m_{\text{w}}} \quad /1$$

$$i = 1 + \alpha = \frac{\Delta T}{b \cdot K_{\text{kr}}} = \frac{M_{\text{k}} \cdot m_{\text{w}} \cdot \Delta T}{m_{\text{k}} \cdot K_{\text{kr}}} = \frac{60 \text{ g mol}^{-1} \cdot 0,25 \text{ kg} \cdot 0,203 \text{ K}}{1,593 \text{ g} \cdot 1,86 \text{ K kg mol}^{-1}} = 1,028$$

$$\alpha = 0,028 = \underline{\underline{2,8 \%}} \quad /1$$

3

1. stranica

2. stranica

3. stranica

4. stranica

/10	+	/5,5	+	/6	+	/6	+
-----	---	------	---	----	---	----	---

5. stranica

6. stranica

Ukupni bodovi

/9,5	+	/3	=	40
------	---	----	---	----

UKUPNO BODOVA NA STRANICI 6:

3