

Ovaj dio PRIJAVE treba spojiti s pisanom zadaćom svakog učenika nakon bodovanja. Podatci su važni za kompjutorsku obradu podataka o učeniku koji će biti pozvani na državno natjecanje.



	ostv	max
<p><b>1.</b> U navedenim parovima molekula napisan je odnos vrelišta nekih tvari.</p> <p>(1) <math>T_v(\text{BF}_3) &gt; T_v(\text{BH}_3)</math>  (2) <math>T_v(\text{PH}_3) &gt; T_v(\text{BH}_3)</math>  (3) <math>T_v(\text{CBr}_4) &gt; T_v(\text{CCl}_4)</math>  (4) <math>T_v(\text{CH}_4) &gt; T_v(\text{SiH}_4)</math></p> <p>Koja od navedenih tvrdnji (A – D) sadrži ispravan odnos vrelišta (zaokružite slovo)? Obrazložite odgovor.</p> <p>A) (1)      <b>(B)</b> (1) i (2)      C) (3) i (4)      D) (2)</p> <p><b>Obrazloženje:</b></p> <p><u>(1) Atom fluora ima više elektrona i veći je od atoma vodika pa su jače disperzijske sile.</u></p> <p><u>(2) Molekula <math>\text{BH}_3</math> je nepolarna, a molekula <math>\text{PH}_3</math> je polarna i ima više elektrona, veća je molekula od molekule <math>\text{BH}_3</math>.</u>  (Priznati ako su navedeni podcrtani pojmovi).</p>	<p>_____ /1</p> <p>_____ /1</p> <p>_____ /1</p>	<p>3</p>
<p><b>2.</b> A) Izračunajte relativnu atomsku masu metala E čiji molarni toplinski kapacitet iznosi <math>26,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}</math>, a specifični toplinski kapacitet <math>235 \text{ J K}^{-1} \text{ kg}^{-1}</math>. Metal E gradi oksid u kojemu maseni udio kisika iznosi 6,9 %.</p> <p>B) Napišite kemijsku formulu oksida metala E.</p> <p><b>Rješenje:</b></p> <p><b>A) Približna vrijednost relativne atomske mase metala E:</b></p> $c(\text{E}) = \frac{C_m}{M(\text{E})} = \frac{C_m}{A_r(\text{E}) \text{ g mol}^{-1}}$ $A_r(\text{E}) \text{ g mol}^{-1} = \frac{C_m}{c(\text{E})} = \frac{26,0 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}}{0,235 \text{ J K}^{-1} \text{ g}^{-1}} = 111 \text{ g mol}^{-1} \Rightarrow A_r(\text{E}) = 111$ <p><b>Formula oksida:</b></p> $N(\text{E}) : N(\text{O}) = \frac{w(\text{E})}{A_r(\text{E})} : \frac{w(\text{O})}{A_r(\text{O})} = \frac{93,1}{111} : \frac{6,9}{16} = 0,84 : 0,43 = 2 : 1 \Rightarrow \text{E}_2\text{O}$ <p>(1 bod za točan omjer brojnosti atoma).</p> <p><b>Relativna atomska masa metala E:</b></p> $A_r(\text{E}) = \frac{w(\text{E}) \cdot A_r(\text{O})}{2 \cdot w(\text{O})} = \frac{93,1 \cdot 16}{2 \cdot 6,9} = 108 \Rightarrow \text{Ag}$ <p>(1 bod za izračunatu relativnu atomsku masu metala E)</p> <p><b>B) Kemijska formula spoja: <math>\text{Ag}_2\text{O}</math></b></p>	<p>_____ /2</p> <p>_____ /1</p> <p>_____ /1</p> <p>_____ /1</p>	<p>5</p>

3. Smjesa od  $100 \text{ cm}^3$  vodika i  $250 \text{ cm}^3$  jodovodika zagrijavana je u zatvorenoj posudi stalnog volumena od  $350 \text{ cm}^3$  pri  $450^\circ\text{C}$ , dok se ne uspostavi ravnotežno stanje. Konstanta ravnoteže nastajanja jodovodika  $K_p$  pri toj temperaturi iznosi 48. Izračunajte volumne udjele plinova u ravnotežnoj smjesi.

Rješenje:



(Obzirom da se reakcija odvija u homogenoj sredini i da se ukupna množina jedinki u reakciji ne mijenja, parcijalni tlakovi sastojaka smjese proporcionalni su volumnim udjelima i kako je ukupni volumen stalan mogu se zamijeniti volumenima prisutnih sastojaka u ravnotežnoj smjesi).

$$K_p = \frac{V^2(\text{HI})}{V(\text{H}_2) \cdot V(\text{I}_2)}$$

Volumeni pojedinih plinova u ravnotežnoj smjesi:

Neka je u ravnoteži  $x = V(\text{I}_2) / \text{cm}^3$ , onda slijedi:

$$V(\text{H}_2) = (100 + x) \text{ cm}^3$$

$$V(\text{I}_2) = (250 - 2x) \text{ cm}^3$$

(1,5 bod za sva tri izračunata volumena)

$$K_p = \frac{V^2(\text{HI})}{V(\text{H}_2) \cdot V(\text{I}_2)} = \frac{(250 - 2x)^2}{(100 + x) \cdot x} = 48 \Rightarrow x = 10$$

(1 bod za izraz za  $K_p$  s uvrštenim volumenima,  
1 bod za točno izračunatu vrijednost  $x$ ).

$$V(\text{H}_2) = 110 \text{ cm}^3$$

$$V(\text{I}_2) = 10 \text{ cm}^3$$

$$V(\text{HI}) = 230 \text{ cm}^3$$

(1,5 bod za sva tri izračunata volumena)

$$\varphi(\text{H}_2, \text{g}) = \frac{110 \text{ cm}^3}{350 \text{ cm}^3} = 0,314 = 31,4 \%$$

$$\varphi(\text{I}_2, \text{g}) = \frac{10 \text{ cm}^3}{350 \text{ cm}^3} = 0,0286 = 2,86 \%$$

$$\varphi(\text{HI}, \text{g}) = \frac{230 \text{ cm}^3}{350 \text{ cm}^3} = 0,657 = 65,7 \%$$

(1,5 bod za sva tri izračunata volumna udjela)

/1,5

/2

/1,5

/1,5

6,5

UKUPNO BODOVA NA STRANICI 2:

6,5

4. Entalpija taljenja kalijeva bromida iznosi  $20,9 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a entropija taljenja pri istoj temperaturi iznosi  $20,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ . Izračunajte talište kalijeva bromida.

Rješenje:

**U ravnotežnom stanju:**  $\Delta_s G = 0 \Rightarrow \Delta_s H = T \cdot \Delta_s S$

$$T_t = \frac{\Delta_s H}{\Delta_s S} = \frac{20,9 \cdot 10^3 \text{ J mol}^{-1}}{20,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 1020 \text{ K}$$

$$t_t = 747 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

/1,5

/0,5

2

5. Koliki volumen vode (u  $\text{cm}^3$ ) treba ispariti iz  $0,400 \text{ dm}^3$  otopine natrijeva hidroksida masene koncentracije  $5 \text{ g dm}^{-3}$  da se dobije otopina množinske koncentracije  $0,5 \text{ mol dm}^{-3}$ ?

Rješenje:

$$c_1(\text{NaOH, aq}) = \frac{\gamma(\text{NaOH, aq})}{M(\text{NaOH})} = \frac{5 \text{ g dm}^{-3}}{40 \text{ g mol}^{-1}} = 0,125 \text{ mol dm}^{-3}$$

$$c_1(\text{NaOH, aq}) V_1(\text{NaOH, aq}) = c_2(\text{NaOH, aq}) V_2(\text{NaOH, aq})$$

$$V_2(\text{NaOH, aq}) = \frac{0,125 \text{ mol dm}^{-3} \cdot 0,4 \text{ dm}^3}{0,5 \text{ mol dm}^{-3}} = 0,1 \text{ dm}^3$$

$$V(\text{H}_2\text{O}) = V_1(\text{NaOH, aq}) - V_2(\text{NaOH, aq}) \\ = 400 \text{ cm}^3 - 100 \text{ cm}^3 = 300 \text{ cm}^3$$

/1

/0,5

/1

2,5

**6.** Za četiri kemijske reakcije navedene su kvalitativno vrijednosti energija aktivacije i reakcijskih entalpija.

a)  $\Delta_r H > E_a > 0$

b)  $E_a > \Delta_r H > 0$

c)  $E_a > 0 > \Delta_r H$

d)  $0 > \Delta_r H > E_a$

**A)** Koja su dva od navedenih odnosa moguća? Zaokružite broj ispred para točnih tvrdnji.

1. a) i b)

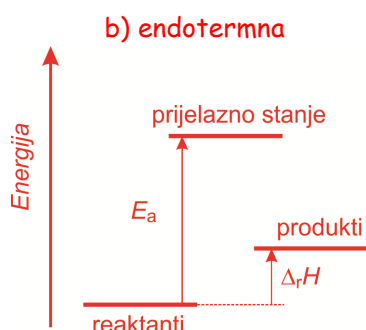
**2.** b) i c)

3. c) i d)

4. a) i c)

/1

**B)** Za one koji su mogući, nacrtajte odgovarajuće energijske (entalpijske) dijagrame i odredite vrstu reakcije s obzirom na izmjenu energije.



/2x  
0,5

/2x1

**C)** Za nemoguće odnose navedite obrazloženje.

**a) Energija aktivacije ne može biti manja od reakcijske entalpije.**

**d) Energija aktivacije ne može biti negativna.**

/1

/1

**D)** Za dvije od mogućih kemijskih reakcija navedene su vrijednosti energija aktivacije i standardnih reakcijskih entalpija.

(1)  $E_a = 25 \text{ kJ mol}^{-1}$      $\Delta_r H^\circ = -15 \text{ kJ mol}^{-1}$

(2)  $E_a = 20 \text{ kJ mol}^{-1}$      $\Delta_r H^\circ = 5 \text{ kJ mol}^{-1}$

Pretpostavite da su obje reakcije povratne. Koja od unazadnih reakcija je sporija? Obrazložite svoj odgovor.

**Reakcija (1) je sporija, jer je veća vrijednost energije aktivacije (40 kJ/mol).**

(0,5 boda ukoliko je samo navedena reakcija (1),  
1 bod za odgovor s obrazloženjem).

/1

7

UKUPNO BODOVA NA STRANICI 4:

7

7. Osmotski tlak otopine neke nehlapljive tvari u benzenu iznosi 99,0 kPa pri temperaturi od 288 K. Izračunajte ledište te otopine.  $K_{kr}(\text{benzen}) = 5,12 \text{ K kg mol}^{-1}$ ,  $T_f(\text{benzen}) = 278,61 \text{ K}$ .

Rješenje:

$$\Delta T = K_{kr} \cdot b \quad \Pi = c R T$$

$$c (\text{var, otopina}) = \frac{99,0 \cdot 10^3 \text{ Pa}}{8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 288 \text{ K}} = 41,3 \text{ mol m}^{-3}$$

$$= 4,13 \cdot 10^{-2} \text{ mol dm}^{-3}$$

(Za razrijeđene otopine vrijedi,  $c \approx b$ )

$$\Delta T = 5,12 \text{ K kg mol}^{-1} \cdot 0,0413 \text{ mol kg}^{-1} = 0,21 \text{ K}$$

$$T_f = 278,61 \text{ K} - 0,21 \text{ K} = 278,40 \text{ K} \quad (t_f = 5,40 \text{ } ^\circ\text{C})$$

/1

/1

/1

3

8. Masa tekućeg klorida formule  $\text{XCl}_2$  iznosi 0,20 g, a volumen para kada taj uzorak klorida ispari pri standardnom tlaku i temperaturi od 350 K iznosi  $55,8 \text{ cm}^3$ .

A) Izračunajte relativnu atomsku masu kemijskog elementa X.

Rješenje:

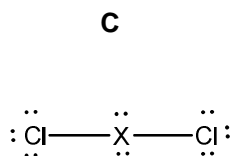
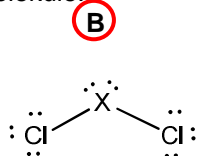
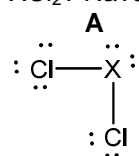
$$V^0 = \frac{V \cdot T^0}{T} = \frac{55,8 \text{ cm}^3 \cdot 273 \text{ K}}{350 \text{ K}} = 43,5 \text{ cm}^3$$

$$n(\text{XCl}_2) = n(\text{X})$$

$$M(\text{XCl}_2) = \frac{V_m^0 \cdot m(\text{XCl}_2)}{V^0} = \frac{22,4 \text{ dm}^3 \text{ mol}^{-1} \cdot 0,20 \text{ g}}{0,0435 \text{ dm}^3} = 103 \text{ g mol}^{-1}$$

$$A_r(\text{X}) = M_r(\text{XCl}_2) - 2 A_r(\text{Cl}) = 103 - 2 \cdot 35,5 = 32$$

B) Koja od navedenih Lewisovih struktura najbolje prikazuje oblik molekule  $\text{XCl}_2$ ? Navedite oblik molekule.



Nelinearna molekula, savijena oblika (kutni, "V" oblik).

(Priznati bilo koji od navedenih oblika).

C) Je li molekula  $\text{XCl}_2$  polarna ili nepolarna? Između navedenih razloga odaberite onaj kojim potvrđujete svoj odgovor (zaokružite broj ispred točnog odgovora).

Razlog:

(1). Molekula je polarna jer su sve kovalentne veze između atoma polarne.

**(2).** Molekula je polarna jer su razdvojena težišta pozitivnog i negativnog naboja.

(3). Molekula je nepolarna jer je u molekuli prisutan jednak broj veznih i neveznih elektronskih parova

(4). Nepodijeljeni elektronski parovi u molekuli uzrokuju dipol i time molekulu čine polarnom.

/0,5

/0,5

/1

5

9. A) Elektronski afinitet atoma dušika ima negativnu vrijednost kao i za neke zemnoalkalijske metale i iznosi  $E_{ea} = -7 \text{ kJ mol}^{-1}$ , a sljedećeg elementa u istoj periodi, kisika, je pozitivna i iznosi  $E_{ea} = 141 \text{ kJ mol}^{-1}$ . Ako je elektronski afinitet definiran kao proces izbijanja elektrona iz negativno nabijenog iona u plinovitom stanju, za koji od navedenih iona pretpostavljate da je stabilniji od neutralnog atoma s obzirom na elektronsku konfiguraciju valentne ljuske.

☒ a) ion  $\text{O}^-$

b) ion  $\text{N}^-$

Između navedenih razloga odaberite (zaokružite broj) razlog kojim potvrđujete svoj odgovor.

Razlog:

- ☒ 1. Atom dušika stabilniji je od iona  $\text{N}^-$  jer ima potpuno polupopunjene 2p orbitale (maksimalni broj nesparenih elektrona u p-orbitalama) što je stabilnije od  $2p^4$  konfiguracije iona dušika.
2. Atom kisika stabilniji je od iona  $\text{O}^-$  jer je polumjer iona veći od polumjera atoma.
3. Ion  $\text{N}^-$  stabilniji je od atoma dušika jer ima manji broj nesparenih elektrona u p-orbitalama.
4. Ion  $\text{O}^-$  je nestabilniji od atoma kisika jer je elektronski afinitet pozitivan.

B) Za koji od navedenih procesa možete pretpostaviti da je spontan?

☒ a)  $\text{N}^- \rightarrow \text{N} + e^-$

b)  $\text{O}^- \rightarrow \text{O} + e^-$

Između navedenih razloga odaberite (zaokružite broj) razlog kojim potvrđujete svoj odgovor.

Razlog:

1. Spontan proces je b) jer je za udaljšavanje elektrona iz iona utrošeno više energije.
- ☒ 2. Spontan proces je a) jer je  $E_{ea} < 0$ , a razlog je stabilnost polupopunjene p-podljuske
3. Proces a) nije spontan jer se smanjuje polumjer atoma
4. Nesponatan proces je b) jer je kisikov atom stabilan

/1

/1

/1

/1

4



- 10.** Zagrijavanjem olovovog(II) nitrata pri 400 °C nastaje dušikov dioksid, olovov(II) oksid i kisik. U zatvorenoj posudi dušikov dioksid je u ravnoteži s dimerom, N<sub>2</sub>O<sub>4</sub>. Konstanta ravnoteže  $K_p$  za reakciju dimerizacije dušikova dioksida pri toj temperaturi iznosi  $8,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}$ .

**A)** Napišite jednadžbe opisanih kemijskih reakcija s oznakama agregacijskih stanja.



/1



/1

**B)** Izračunajte vrijednost konstante ravnoteže  $K_p$  u suprotnom smjeru.

**Rješenje:**

$$K_p (\leftarrow) = \frac{1}{K_p (\rightarrow)} = \frac{1}{8,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pa}^{-1}} = 1,14 \cdot 10^4 \text{ Pa}$$

/1

**C)** Zaokružite dvije tvrdnje za koje smatrate da su točne za reakciju dimerizacije.

☒ (1) Hlađenjem ravnotežne smjese dušikovih oksida, vrijednost konstante ravnoteže unapredne reakcije će se povećati.

☐ (2) Promjena temperature tijekom reakcije neće utjecati na sastav ravnotežne smjese.

☒ (3) Ako se koncentracija dušikova(IV) oksida u smjesi udvostruči, brzina reakcije povećat će se 4 puta.

☐ (4) Ako se reakcija odvija u posudi većeg volumena, u ravnotežnoj smjesi će biti veći množinski udio dimera.

/2x

0,5

**D)** Koji predznak ( $> 0$  ili  $< 0$ ) imaju  $\Delta_r H$  i  $\Delta_r S$  u reakciji dimerizacije ako se smjesa dušikovih oksida ohladi? Navedite razlog.

$\Delta_r H < 0$ , jer je reakcija egzotermna

/1

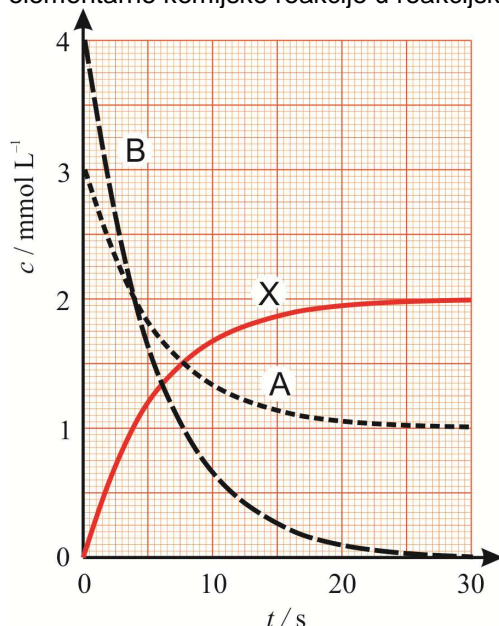
$\Delta_r S < 0$ , jer se smanjuje broj molekula u plinovitoj smjesi

/1

(0,5 boda za svaki odgovor ako je naveden samo predznak za  $\Delta_r H$  i  $\Delta_r S$ ; 1 bod ako su navedeni i razlozi).

6

11. Na slici je prikazana ovisnost koncentracija triju tvari (A, B i X) o vremenu  $t$ , tijekom elementarne kemijske reakcije u reakcijskoj smjesi stalna volumena.



A) Koja od navedenih jednačbi napisana općim oznakama, najbolje predstavlja kemijsku reakciju prikazanu na slici? Zaokružite redni broj te jednačbe.

1.  $X \rightleftharpoons A + 2 B$
- ☒ 2.  $A + 2 B \rightarrow X$
3.  $2 X \rightleftharpoons 2 A + B$
4.  $A + 4 B \rightarrow X$

/1

B) Pretpostavite formulu spoja X s obzirom na jednačbu kemijske reakcije i napišite je općim oznakama.

Formula spoja X:  **$AB_2$**

/1

C) Koji je reaktant u reakciji prikazanoj na slici mjerodavni (limitirajući) i zašto?

**Mjerodavni reaktant je B, jer se u reakciji sav potrošio.**

**(0,5 boda ako je naveden samo reaktant B, 1 bod i za navedeni razlog).**

/1

D) Izračunajte brzinu reakcije preko prirasta koncentracije reaktanta B u vremenu između 5. i 15. sekunde.

Rješenje:

$$v_{5 \rightarrow 15} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{\Delta c_B}{\Delta t} = -\frac{1}{2} \cdot \frac{0,25 \text{ mmol L}^{-1} - 1,5 \text{ mmol L}^{-1}}{15 \text{ s} - 5 \text{ s}} = 6,3 \cdot 10^{-2} \text{ mmol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

$$= 6,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$$

/1

**(Priznati rezultat od  $6,3 \cdot 10^{-2} \text{ mmol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$  do  $6,8 \cdot 10^{-2} \text{ mmol L}^{-1} \text{ s}^{-1}$ )**

4

UKUPNO BODOVA NA STRANICI 8:

4

- 12.** Ako se 0,8225 g fosfora otopi u 37,75 g ugljikova disulfida vrelište otopine iznosi 46,71 °C. Vrelište čistog ugljikova disulfida iznosi 46,30 °C, a njegova ebullioskopska konstanta  $K_{eb} = 2,34 \text{ K kg mol}^{-1}$ . Izračunajte broj atoma u molekuli fosfora.

**Rješenje:**

$$\Delta T = i \cdot K_{eb} \cdot b$$

$$M(P_x) = \frac{K_{eb} \cdot m(P_x)}{\Delta T} = \frac{2,34 \cdot 10^3 \text{ K g mol}^{-1} \cdot 0,8225 \text{ g}}{0,41 \text{ K} \cdot 37,75 \text{ g}} = 124 \text{ g mol}^{-1}$$

$$x = \frac{M_r(P_x)}{A_r(P)} = \frac{124}{31} = 4$$

/1

/1

2

1. stranica

+

2. stranica

+

3. stranica

+

4. stranica

+

5. stranica

6. stranica

+

7. stranica

+

8. stranica

+

9. stranica

=

ukupno bodova

	50
--	----

UKUPNO BODOVA NA STRANICI 9:

2