

1. Spaljivanjem fosfora s viškom kisika pri 50 °C nastaje čvrsti fosforov oksid. U tablici su navedene mase fosfora upotrebene u pokusu i mase dobivenog fosforova oksida.

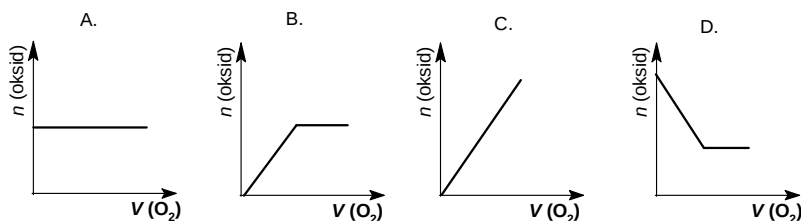
$m(\text{fosfor}) / \text{g}$	$m(\text{fosforov oksid}) / \text{g}$
0,251	0,577
0,256	0,589
0,248	

- a) Kolika je masa fosforova oksida dobivena u trećem mjerenju?

- 1,400 g
- 0,285 g
- 0,855 g
- 0,570 g

Računom pokažite zašto ta količina fosforova oksida i odabrani odgovor upišite u tablicu.

- b) Na kojim zakonima kemijskog spajanja temeljite svoj odgovor?
 c) Odredite empirijsku formulu fosforova oksida na osnovi podataka u tablici.
 d) Koji crtež ispravno prikazuje ovisnost množine nastalog fosforova oksida o volumenu kisika upotrebljenog u pokusu? Obrazložite odgovor.



- a) $m(\text{O}_2) = m(\text{P}_2\text{O}_5) - m(\text{P})$

$$1) m(\text{O}_2) = 0,577 \text{ g} - 0,251 \text{ g} = 0,326 \text{ g}$$

$$m(\text{P}) : m(\text{O}_2) = 0,251 \text{ g} : 0,326 \text{ g} = 1 : 1,3$$

$$2) m(\text{O}_2) = 0,589 \text{ g} - 0,256 \text{ g} = 0,333 \text{ g}$$

$$m(\text{P}) : m(\text{O}_2) = 0,256 \text{ g} : 0,333 \text{ g} = 1 : 1,3$$

- iv. 0,570 g

$$m(\text{O}_2) = m(\text{P}) \cdot 1,3 \quad m(\text{O}_2) = 0,248 \text{ g} \cdot 1,3 = 0,322 \text{ g}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,248 \text{ g} + 0,322 \text{ g} = 0,570 \text{ g}$$

(Priznati potpuno točan rezultat uz vidljiv postupak).

- b) $m(\text{P}) : m(\text{O}_2) = 1 : 1,3$ (Zakon o stalnim omjerima masa (Proust))

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = m(\text{P}) + m(\text{O}_2) \quad (\text{Zakon o očuvanju mase (Lavoisier)})$$

- c)

$$N(\text{X}) = \frac{w(\text{X}) \cdot M_r}{A_r(\text{X})} \quad w(\text{P}) = \frac{0,251 \text{ g}}{0,577 \text{ g}} = 0,435 \quad w(\text{O}_2) = 0,565$$

$$N(\text{P}) = \frac{0,435 \cdot M_r}{31} = 0,014 M_r \quad N(\text{O}) = \frac{0,565 \cdot M_r}{16} = 0,0353 M_r$$

$$N(\text{P}) : N(\text{O}) = 0,014 : 0,0353 = 1 : 2,5 = 2 : 5$$

Empirijska formula fosforova oksida: P_2O_5

- d) B.

Množina fosforova oksida povećava se razmjerno volumenu kisika dok se ne potroši sav limitirajući (mjerodavni) reaktant: fosfor. Daljnjim dodavanjem kisika množina fosforova oksida ostaje nepromijenjena.

(Priznati samo odgovor s obrazloženjem u obliku kojim se ispravno tumači grafički prikaz).

ostv max

/1,5

/0,5

/0,5

/0,5

/0,5

/0,5

/0,5

/1,5

6

2. U tablici su navedene vrijednosti koje se odnose na molekule O₂, N₂, NO i CO.

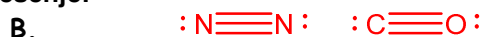
A. Odredite kojoj molekuli (O₂, N₂, NO i CO) odgovaraju podatci u stupcima I – IV.

Odgovor upišite u tablicu.

	I	II	III	IV
Energija veze / kJ mol ⁻¹	944,8	1076,4	631,6	498,4
Duljina veze / nm	0,1098	0,1128	0,1151	0,1207
Dipolni moment / C m	0	0,367 · 10 ⁻³⁰	0,530 · 10 ⁻³⁰	0
Vrelište / °C	-195,8	-191,5	-151,7	-183,0
Talište / °C	-210,0	-205,0	-163,6	-218,8
Molekula	N₂	CO	NO	O₂

B. Nacrtajte Lewisove strukturne formule molekula koje u navedenom nizu imaju slične karakteristike kemijske veze. Što im je isto i kako se zovu takve kemijske vrste?

Rješenje:



N₂ i CO imaju jednaki broj valentnih elektrona i istu strukturu; izoelektronske molekule

/4x
0,5

/1

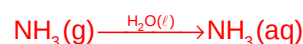
/1

4

3. Dodavanjem čvrstog kalcijevog oksida u zasićenu vodenu otopinu amonijevog sulfata, razvija se plinoviti amonijak, koji se uvodi u vodu da nastaje otopina amonijaka. Koliko se litara otopine amonijaka masenog udjela amonijaka 15 %, gustoće otopine 0,9420 g cm⁻³ može pripremiti iz otopine amonijevog sulfata u kojoj je otopljeno 5 kmol amonijeve soli uz iskorištenje od 85 %.

Napišite jednadžbe opisanih kemijskih reakcija s oznakama agregacijskih stanja reaktanata i produkata.

Rješenje:



Proizvedeni amonijak:

$n(\text{NH}_3) = 2 n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4)$

$m(\text{NH}_3) = n(\text{NH}_3) \cdot M(\text{NH}_3) = 2 n((\text{NH}_4)_2\text{SO}_4) \cdot M(\text{NH}_3)$
 $= 2 \cdot 5 \cdot 10^3 \text{ mol} \cdot 17 \text{ g mol}^{-1} = 1,7 \cdot 10^5 \text{ g} = 170 \text{ kg}$

Uz iskorištenje od 85 % u vodi će se otopiti: $m(\text{NH}_3) = 0,85 \cdot 170 \text{ kg}$
 $= 144,5 \text{ kg}$

Masa 15 %-tne otopine: $m(\text{otopina}) = \frac{m(\text{NH}_3)}{w(\text{NH}_3, \text{aq})} = \frac{144,5 \text{ kg}}{0,15} = 963 \text{ kg}$

$\rho(\text{NH}_3, \text{aq}) = \frac{m(\text{NH}_3, \text{aq})}{V(\text{NH}_3, \text{aq})} \Rightarrow$

$V(\text{otopina}) = \frac{m(\text{otopina})}{\rho(\text{otopina})} = \frac{963 \text{ kg}}{0,9420 \text{ kg dm}^{-3}} = 1022 \text{ L}$

/1

/1

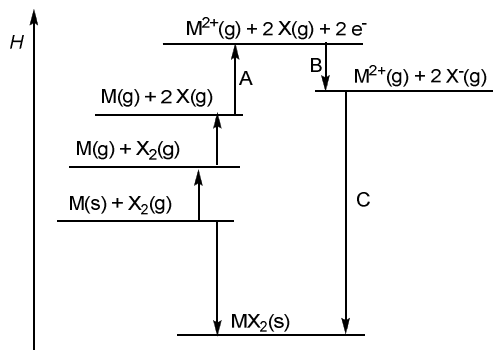
/1

/1

/1

5

4. Na slici su prikazane promjene entalpije u kemijskoj reakciji između kemijskih elemenata 2. i 17. skupine Periodnog sustava elemenata.



Na crtama napišite što predstavljaju energije označene slovima A, B i C.

- A. $E_{i1} + E_{i2}$ (zbroj prve i druge molarne energije ionizacije) _____
 B. $E_{a1} + E_{a2}$ (zbroj dvaju molarnih elektronskih afiniteta) _____
 C. $E_{kr.st.}$ (negativna entalpija kristalne rešetke ili strukture) _____

/3x1

3

5. Kako se u nizu navedenih halogenida: CF_4 , CCl_4 , CBr_4 , CI_4 mijenja jakost kovalentnih veza i molekulskih interakcija? Zaokružite točnu tvrdnju i obrazložite.

- a) jakost kovalentnih veza i međumolekulskih privlačnih sila se povećava;
☒ b) jakost kovalentnih veza opada, a međumolekulskih privlačnih sila raste;
 c) nema značajnih razlika;
 d) jakost kovalentnih veza raste, a međumolekulske privlačne sile slabe;
 e) jakost kovalentnih veza i i međumolekulskih privlačnih sila se smanjuje.

Obrazloženje: povećanjem polumjera atoma halogena povećava se duljina kemijske veze, a smanjuje jakost kovalentne veze. Porastom broja elektrona u molekuli (veliine molekule, veći površinski kontakt) rastu privlačne van der Waalsove sile.

/0,5

/1

1,5

6. Ravnotežna kemijska reakcija $N_2O_4(g) \rightleftharpoons 2 NO_2(g)$ odvija u zatvorenom sustavu pri stalnoj temperaturi. Zaokružite točnu tvrdnju.

- a) Kemijska reakcija je:
 1. egzotermna ☒ 2. endotermna 3. nema dovoljno podataka za odgovor
 b) Parcijalni tlak N_2O_4 u ravnoteži je veći pri:
☒ 1. 25 °C 2. 80 °C 3. nema dovoljno podataka za odgovor
 c) Povećanjem volumena plinske smjese ravnotežna koncentracija NO_2 u smjesi:
☒ 1. poveća se 2. smanji se 3. ne mijenja se

/3x1

3

7. U 34 cm³ benzena otopljeno je 0,2 g sumpora pri temperaturi 20 °C. Gustoća benzena pri 20 °C iznosi 0,879 g cm⁻³. Dobivenoj otopini izmjeren je osmotski tlak pri 20 °C i on je iznosio 57 kPa. Vrelište benzena pri atmosferskom tlaku iznosi 80,15 °C, a talište 5,50 °C. Ebulioskopska konstanta $K_{eb}(\text{benzen})$ iznosi 2,64 K kg mol⁻¹, a krioskopska konstanta $K_{kr}(\text{benzen})$ iznosi 5,12 K kg mol⁻¹.

a) Izračunajte od koliko se atoma sastoje molekule sumpora?

b) Za koliko °C se promijeni vrelište i talište otopine u odnosu na otapalo i koliko je vrelište i talište otopine?

Rješenje:

$$\Pi = \frac{mRT}{MV} \Rightarrow M = \frac{mRT}{\Pi V}$$

$$\text{a) } \Pi = cRT = \frac{n}{V} RT = \frac{m_s}{M(S_x)} \frac{RT}{V} \Rightarrow M(S_x) = \frac{m_s RT}{\Pi V}$$

$$M(S_x) = \frac{0,2 \text{ g} \cdot 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \cdot 293 \text{ K}}{57 \text{ kPa} \cdot 0,034 \text{ L}} = 251 \text{ g mol}^{-1}$$

$$\text{Broj atoma S u molekuli } S_x \quad x = \frac{M_r(S_x)}{A_r(S)} = \frac{251}{32} = 8$$

$$\text{b) } \Delta T_v = i \cdot K_{eb} \cdot b_B = \frac{K_{eb} \cdot n(S_8)}{m(\text{benzen})} = \frac{K_{eb} \cdot m_s}{M(S_8) \cdot m(\text{benzen})} \quad i = 1$$

$$m(\text{benzen}) = \rho V = 0,879 \text{ g cm}^{-3} \cdot 34 \text{ cm}^3 = 29,9 \text{ g}$$

$$\Delta T_v = \frac{K_{eb} \cdot n(S_8)}{m(\text{benzen})} = \frac{2,64 \text{ K kg mol}^{-1} \cdot 0,2 \text{ g}}{0,251 \text{ kg mol}^{-1} \cdot 29,9 \text{ g}} = 0,07 \text{ K}$$

$$t_v = 80,15 \text{ °C} + 0,07 \text{ °C} = 80,22 \text{ °C}$$

(1 b za ΔT , 0,5 b za t_v)

$$\Delta T_v = i \cdot K_{kr} \cdot b_B = \frac{K_{kr} \cdot n(S_8)}{m(\text{benzen})} = \frac{K_{kr} \cdot m_s}{M(S_8) \cdot m(\text{benzen})}$$

$$\Delta T_t = \frac{5,12 \text{ K kg mol}^{-1} \cdot 0,2 \text{ g}}{0,251 \text{ kg mol}^{-1} \cdot 29,9 \text{ g}} = 0,14 \text{ K}$$

$$t_t = 5,50 \text{ °C} - 0,14 \text{ °C} = 5,36 \text{ °C}$$

(1 b za ΔT , 0,5 b za t_t)

/1

/1

/1+
0,5

/1+
0,5

5

8. U tablici su navedene vrijednosti konstante ravnoteže pri različitim temperaturama za kemijske reakcije X i Y. Na osnovi navedenih podataka odredite predznak standardne reakcijske entalpije za obje kemijske reakcije. (Odgovor upišite u tablicu). Obrazložite odgovor.

T / K	Konstanta ravnoteže, K	
	X	Y
200	$5,51 \cdot 10^{-8}$	$4,39 \cdot 10^4$
400	1,46	4,03
600	$3,62 \cdot 10^2$	$3,00 \cdot 10^{-2}$
Predznak $\Delta_r H^\circ$	> 0	< 0

Obrazloženje:

Kemijska reakcija X: porastom temperature konstanta ravnoteže se povećava, kemijska ravnoteža pomiče se udesno (u smjeru stvaranja produkata) $\Rightarrow$ ENDOTERMNA reakcija

Kemijska reakcija Y: porastom temperature smanjuje se konstanta ravnoteže, kemijska ravnoteža pomiče se ulijevo (u smjeru stvaranja reaktanata) $\Rightarrow$ reakcija je EGZOTERMNA

/2x1

/2

4

9. A. Ako se pomiješaju led i NaCl dolazi do sniženja temperature. Energija se troši na:

- a) disocijaciju vode
- b) otapanje soli
- c) oksidaciju kloridnih iona
- d) stvaranje klorovodične kiseline
- e) razaranje kristalne strukture leda

Zaokružite broj ispred točne tvrdnje.

1. a) i d) 2. b) i d) 3. b) i e)
 4. samo e) 5. samo c) 6. samo b)

B. U zatvorenom spremniku se nalazi smjesa leda i vode. Blagim zagrijavanjem dalje ostaje smjesa vode i leda. U tom slučaju:

- a) temperatura sustava se povećava
- b) tlak pare se smanji
- c) tlak pare se povećava
- d) tlak pare ostaje stalan

Zaokružite broj ispred točne tvrdnje.

1. a) i c) 2. a) i d) 3. samo d)
 4. samo c) 5. a) i b)

C. Koliki mora biti vanjski tlak da bi ledište vode bilo niže od 0 °C ? Zaokružite slovo ispred točne tvrdnje.

- a) $p = 101 \text{ kPa}$
- b) $p < 101 \text{ kPa}$
- c) $p > 101 \text{ kPa}$

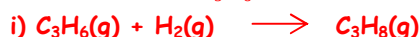
/3x1

3

- 10.** Standardna reakcijska entalpija reakcije propena (C_3H_6) s vodikom (entalpija hidrogenacije) iznosi -124 kJ mol^{-1} , a oslobođena toplina pri sagorijevanju 2 mola propana (C_3H_8) iznosi 4440 kJ . Reakcijska entalpija sagorijevanja propena iznosi $-2058 \text{ kJ mol}^{-1}$. Svi su podaci dani za temperaturu od 298 K . Izračunajte promjenu entalpije pri stvaranju 1 L tekuće vode pri zadanim uvjetima iz elementarnih tvari. $\rho(H_2O) = 0,997 \text{ kg L}^{-1}$.

Rješenje:

$$\Delta_c H(C_3H_8) = \frac{\Delta H}{n(C_3H_8)} = \frac{-4440 \text{ kJ}}{2 \text{ mol}} = -2220 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_r H(i) = -124 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_r H(iii) = \Delta_c H(C_3H_8, g) = -2220 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_r H(iii) = -\Delta_c H(C_3H_6, g) = 2058 \text{ kJ mol}^{-1}$$



$$\Delta_f H(H_2O, l) = \Delta_r H(i) + \Delta_r H(ii) + \Delta_r H(iii)$$

$$= \Delta_r H(i) + \Delta_c H(C_3H_8, g) - \Delta_c H(C_3H_6, g)$$

$$= -124 \text{ kJ mol}^{-1} + (-2220 \text{ kJ mol}^{-1}) - (-2058 \text{ kJ mol}^{-1}) = -286 \text{ kJ mol}^{-1}$$

$$n(H_2O) = \frac{\rho(H_2O) \cdot V(H_2O)}{M(H_2O)} = \frac{997 \text{ g L}^{-1} \cdot 1 \text{ L}}{18 \text{ g mol}^{-1}} = 55,4 \text{ mol}$$

$$\Delta H = \Delta_f H(H_2O, l) \cdot n(H_2O, l) = -286 \text{ kJ mol}^{-1} \cdot 55,4 \text{ mol} = -15,84 \text{ kJ}$$

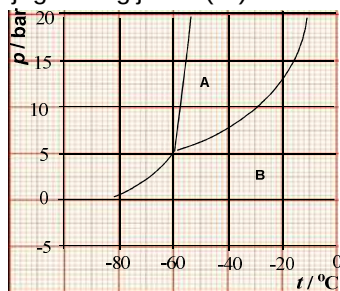
/2

/1

/1

4

- 11.** Na slici je prikazan fazni dijagram ugljikova(IV) oksida.



- a) Navedite po jedan uvjet tlaka i temperature pri kojima CO_2 može postojati kao:

1. tekućina 2. plin 3. ravnotežna smjesa čvrste i tekuće faze

- b) Što treba učiniti da CO_2 iz stanja A prijeđe u stanje B?

- c) Što će se dogoditi sa čvrstim CO_2 pri temperaturi od -68 °C i tlaku $2,5 \text{ bara}$?

Rješenje:

- a) (1): -40 °C , 10 bar ; (2): -20 °C , 5 bar ; (3): -55 °C , 15 bar

(Bilo koje vrijednosti temperature i tlaka koje zadovoljavaju tražene uvjete)

- b) Povećati temperaturu i sniziti tlak

- c) Sublimira.

/3x

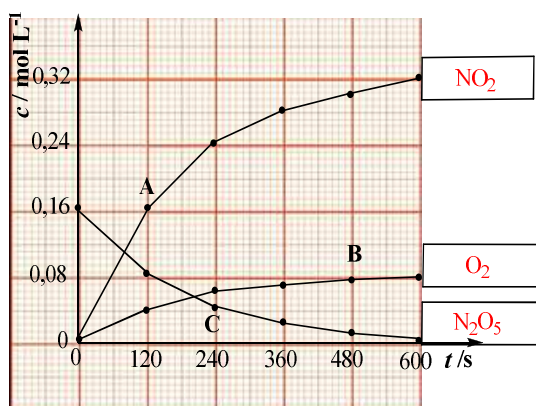
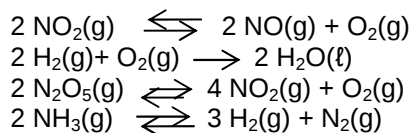
0,5

/1

/1

3,5

- 12. A.** Upišite u pravokutnike kemijske formule reaktanata i produkata jedne od kemijskih reakcija prikazanih jednadžbama, koje se odvijaju pri stalnom volumenu, a u kojoj su promjene koncentracije reaktanata i produkata s vremenom prikazane grafički.



(Priznati ako su upisane sve tvari).

- B.** Usporedite brzine kemijske reakcije u točkama A, B i C koristeći znakove > ili <.

$$v_A > v_C > v_B$$

- C.** Izračunajte prosječnu brzinu odabrane kemijske reakcije preko brzine prirasta koncentracije reaktanta u vremenskom rasponu od 0 do 240 s.

$$v(\text{N}_2\text{O}_5) = -\frac{1}{2} \frac{\Delta c(\text{N}_2\text{O}_5)}{\Delta t}$$

$$\bar{v}(\text{N}_2\text{O}_5)_{0-240 \text{ s}} = -\frac{1}{2} \frac{0,04 \text{ mol dm}^{-3} - 0,16 \text{ mol dm}^{-3}}{240 \text{ s} - 0 \text{ s}} = 2,5 \cdot 10^{-4} \text{ mol dm}^{-3} \text{ s}$$

/4

/1

/1,5

8

D. Ako se ova kemijska reakcija odvija u zatvorenoj posudi pri početnom tlaku od 6 kPa prisutan je u početku samo reaktant. Tijekom kemijske reakcije tlak se povećao na 10,5 kPa, a temperatura je ostala nepromijenjena.

a) Upišite u tablicu tražene podatke i izračunajte konačni tlak svakog sastojka u plinskoj smjesi.

Plin	N_2O_5	NO_2	O_2	Ukupno tlak / kPa
Početni tlak / kPa	6,0	0	0	6,0
Promjena tlaka / kPa	- 2 δp	+ 4 δp	+ δp	4,5
Konačni tlak / kPa	3,0	6,0	1,5	10,5

Promjena tlaka:

$$\Delta p = (-2 + 4 + 1) \delta p = 3 \delta p$$

$$\Delta p = (10,5 - 6,0) \text{ kPa} = 4,5 \text{ kPa}$$

$$\delta p = 1,5 \text{ kPa}$$

$$p(N_2O_5) = (6,0 - 2 \cdot 1,5) \text{ kPa} = 3 \text{ kPa}$$

$$p(NO_2) = 4 \cdot 1,5 \text{ kPa} = 6 \text{ kPa}$$

$$p(O_2) = 1,5 \text{ kPa}$$

(Priznati potpuno ispunjenu tablicu uz vidljiv postupak).

b) Koliko % od početne količine reaktanta je disociralo?

Disociralo je 50 % N_2O_5 jer je tlak N_2O_5 pao na polovicu početne vrijednosti.

/3

/1

8

1. stranica

2. stranica

3. stranica

4. stranica

+

+

+

+

5. stranica

6. stranica

7. stranica

8. stranica

+

+

+

=

	50
--	----