

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 2019.

12–13. studenoga 2020.

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. Ispravljeni odgovori se ne vrjednuju.

Prijavu ispuniti tiskanim slovima!

Prijava za: **I. dio natjecanja: 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: **I. dio natjecanja: pisana zadaća**

Razred:

Zaporka: (pet brojeva i do sedam velikih slova)

Ime i prezime učen(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:

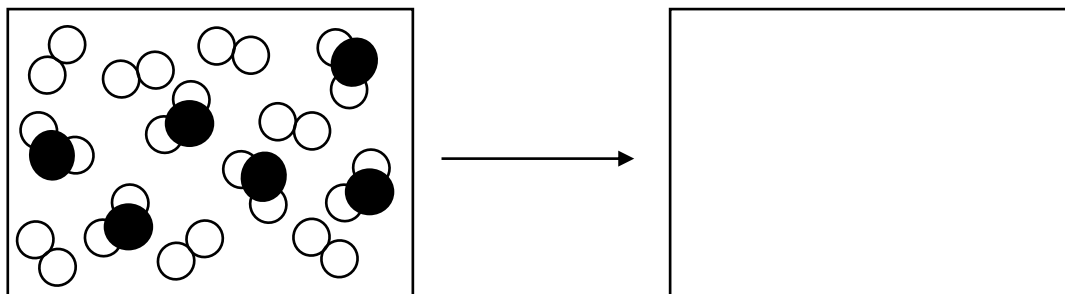
Ime i prezime mentor(a)ice:

Periodni sustav elemenata IUPAC 2013.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1 H 1,008		2 He 4,003															
3 Li 6,941	4 Be 9,012																
11 Na 22,99	12 Mg 24,31																
19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,63	33 As 74,92	34 Se 78,98	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc [98]	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,8	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,3
55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57-71 lantanoïdi	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,8	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	81 Tl 204,4	82 Pb 207,2	83 Bi 209,0	84 Po [209]	85 At [210]	86 Rn [222]
87 Fr [223]	88 Ra [226]	89-103 aktinoidi	104 Rf [267]	105 Db [268]	106 Sg [271]	107 Bh [270]	108 Hs [277]	109 Mt [276]	110 Ds [281]	111 Rg [282]	112 Cn [285]	113 Uut [285]	114 Fl [289]	115 Uup [289]	116 Lv [293]	117 Uus [294]	118 Uuo [294]
57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm [145]	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,1	71 Lu 175,0			
89 Ac [227]	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np [237]	94 Pu [244]	95 Am [243]	96 Cm [247]	97 Bk [247]	98 Cf [251]	99 Es [252]	100 Fm [257]	101 Md [258]	102 No [259]	103 Lr [262]			

ostv. maks.

1. Crtež prikazuje smjesu molekula sumporova(IV) oksida i kisika (kisik je prikazan bijelim, a sumpor crnim kružićima):



Pretpostavi da su u smjesi postignuti svi potrebni uvjeti za odvijanje kemijske reakcije između navedenih molekula.

A. Napiši jednadžbu opisane reakcije.



/0,5

B. Koji je reaktant mjerodavan u reakciji prikazanoj crtežom? Odgovor pokaži računom.

Račun:

$$n = \frac{N}{N_A}$$

$$n(\text{SO}_2) : n(\text{O}_2) = 2 : 1; \quad n(\text{SO}_2) = 2n(\text{O}_2); \quad N(\text{SO}_2) = 2 N(\text{O}_2)$$

$$N(\text{O}_2)_{\text{potreban}} = 3 \text{ ili } N(\text{SO}_2)_{\text{potreban}} = 14$$

Odgovor: **Sumporov(IV)oksid je mjerodavni reaktant.**

/1

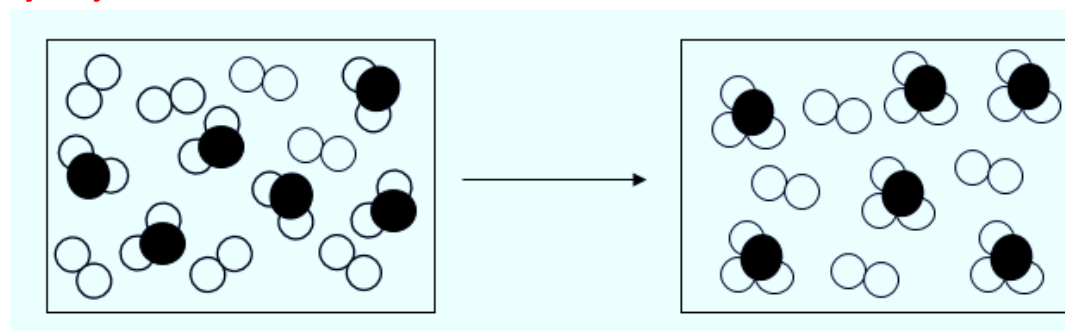
C. U prazan kvadrat uctaj sastav smjese nakon završene reakcije.

$$n(\text{SO}_2) : n(\text{SO}_3) = 1 : 1; \quad N(\text{SO}_2) = N(\text{SO}_3) = 6$$

$$N(\text{SO}_2) = 2 N(\text{O}_2); \quad N(\text{O}_2)_{\text{višak}} = 4$$

Za broj molekula sumporova(VI) oksida 0,5 boda, za suvišak molekula kisika 0,5 boda.

Rješenje:



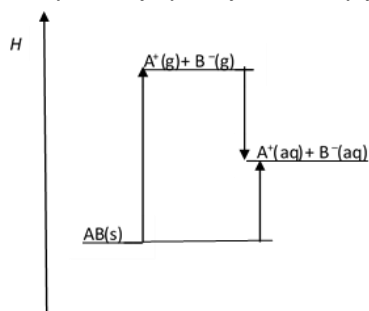
/1

2,5

UKUPNO BODOVA NA 1. STRANICI :

2,5

2. Graf prikazuje promjene entalpije tijekom otapanja soli AB.



Koristeći se podatcima iz grafa, odgovori na sljedeća pitanja:

- A. Kako će se mijenjati temperatura otopine pri otapanju soli AB?

Odgovor: _____

temperatura otopine će padati

/0,5

- B. Kako će se mijenjati topljivost soli AB, ako hladimo otopinu?

Odgovor: _____

topljivost soli će padati

/0,5

- C. Topljivost kalijeva nitrata izražena u masi soli na 100 g vode pri 40 °C iznosi 63,9 g, a pri 10 °C 20,9 g. Izračunaj broj kalijevih iona u talogu koji se izluči hlađenjem 250 g zasićene otopine sa 40 °C na 10 °C.

Račun:

$$w(\text{KNO}_3, 40^\circ\text{C}) = \frac{m(\text{sol})}{m(\text{ot})} = \frac{63,9 \text{ g}}{163,9 \text{ g}} = 0,390; \quad m(\text{KNO}_3, 40^\circ\text{C}) = w \times m(\text{ot}) = 0,390 \times 250 \text{ g} = 97,5 \text{ g}$$

/1

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{ot}) - m(\text{KNO}_3) = 250 - 97,5 \text{ g} = 152,5 \text{ g}$$

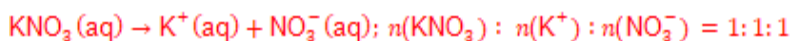
$$w(\text{KNO}_3, 10^\circ\text{C}) = \frac{m(\text{sol})}{m(\text{ot})} = \frac{20,9 \text{ g}}{120,9 \text{ g}} = 0,173; \quad w(\text{H}_2\text{O}) = 1 - w(\text{KNO}_3) = 0,827$$

$$m(\text{ot}, 10^\circ\text{C}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{w(\text{H}_2\text{O})} = \frac{152,5 \text{ g}}{0,827} = 184,4 \text{ g};$$

$$m(\text{KNO}_3, 10^\circ\text{C}) = m(\text{ot}) - m(\text{H}_2\text{O}) = 184,4 \text{ g} - 152,5 \text{ g} = 31,9 \text{ g}$$

$$\Delta m(\text{KNO}_3) = 97,5 - 31,9 \text{ g} = 65,6 \text{ g}$$

/1



$$n(\text{KNO}_3) = \frac{m}{M} = \frac{65,6 \text{ g}}{101,11 \text{ g/mol}} = 0,649 \text{ mol}; \quad n(\text{K}^+) = n(\text{KNO}_3) = 0,649 \text{ mol}$$

/1

$$N(\text{K}^+) = n \times N_A = 0,649 \text{ mol} \times 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1} = 3,91 \times 10^{23}$$

/1

5

UKUPNO BODOVA NA 2. STRANICI :

5

3. Izračunaj volumen klorovodične kiseline potreban za potpunu reakciju sa smjesom kalcijeva karbonata i kalcijeva hidrogenkarbonata. Masa smjese je 1 g, a smjesa sadrži jednake množine obiju soli. Množinska koncentracija kiseline je $0,1 \text{ mol dm}^{-3}$.

$$m(\text{smjese}) = m(\text{CaCO}_3) + m(\text{Ca(HCO}_3)_2)$$

/1

$$m(\text{CaCO}_3) = m(\text{smjese}) - m(\text{Ca(HCO}_3)_2) = 1 \text{ g} - m(\text{Ca(HCO}_3)_2)$$

$$n(\text{CaCO}_3) = n(\text{Ca(HCO}_3)_2); \quad \frac{m(\text{CaCO}_3)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{m(\text{Ca(HCO}_3)_2)}{M(\text{Ca(HCO}_3)_2)}$$

$$\frac{1 \text{ g} - m(\text{Ca(HCO}_3)_2)}{M(\text{CaCO}_3)} = \frac{m(\text{Ca(HCO}_3)_2)}{M(\text{Ca(HCO}_3)_2)}$$

$$1 \text{ g} - m(\text{Ca(HCO}_3)_2) \times 162,13 \text{ g mol}^{-1} = m(\text{Ca(HCO}_3)_2) \times 101,11 \text{ g mol}^{-1}$$

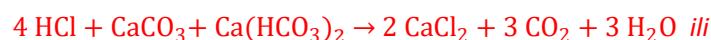
$$162,13 - 162,13 m(\text{Ca(HCO}_3)_2) = 101,11 m(\text{Ca(HCO}_3)_2)$$

$$162,13 - 162,13 m(\text{Ca(HCO}_3)_2) = 101,11 m(\text{Ca(HCO}_3)_2)$$

$$m(\text{Ca(HCO}_3)_2) = 0,6159 \text{ g}; \quad m(\text{CaCO}_3) = 0,3841 \text{ g}$$

/1

$$n(\text{Ca(HCO}_3)_2) = \frac{0,6159 \text{ g}}{162,13 \text{ g/mol}} = 3,8 \times 10^{-3} \text{ mol}; \quad n(\text{CaCO}_3) = \frac{0,3841 \text{ g}}{101,11 \text{ g/mol}} = 3,8 \times 10^{-3} \text{ mol}$$



/1

$$n(\text{HCl}) : n(\text{CaCO}_3) = 2 : 1; \quad n(\text{HCl}) : n(\text{Ca(HCO}_3)_2) = 2 : 1$$

/1

$$n_{\text{uk}}(\text{HCl}) = 2n(\text{CaCO}_3) + 2n(\text{Ca(HCO}_3)_2) = 0,0152 \text{ mol}$$

/1

$$V(\text{HCl}) = \frac{0,0152 \text{ mol}}{0,1 \text{ mol dm}^{-3}} = 0,152 \text{ dm}^3$$

za točne mase soli 1 bod,

za jednadžbu reakcije 1 bod,

za omjere množina kiseline i soli 1 bod,

za volumen kiseline 1 bod.

5

UKUPNO BODOVA NA 3. STRANICI :

5

4. U kalorimetru koji ima toplinski kapacitet $325 \text{ J/}^\circ\text{C}$ pomiješano je 80 mL KOH i 90 mL HCl , pri stalnome tlaku. Množinske koncentracije obiju otopina su jednake i iznose $0,9 \text{ mol/L}$. Početna je temperatura obiju otopina bila ista, 19°C . Ako je $\Delta_r H^\circ = -56,2 \text{ kJ/mol}$, izračunaj konačnu temperaturu reakcijske smjese.

Račun:

$$n(\text{KOH}) = 0,9 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,080 \text{ L} = 0,072 \text{ mol}; \quad n(\text{HCl}) = 0,9 \frac{\text{mol}}{\text{L}} \times 0,090 \text{ L} = 0,081 \text{ mol} \quad \underline{\quad /1 \quad}$$



$$n(\text{OH}^-) = n(\text{H}_2\text{O}) = 0,072 \text{ mol, KOH je mjerodavni reaktant} \quad \underline{\quad /1 \quad}$$

$$\Delta_r H = \Delta_r H^\circ \times n(\text{H}_2\text{O}) = -56,2 \text{ kJ/mol} \times 0,072 \text{ mol} = -4,046 \text{ kJ} \quad \underline{\quad /1 \quad}$$

$$Q = \Delta_r H (p = \text{konst.}) = 4,046 \text{ kJ}$$

$$\Delta t = \frac{Q}{C} = \frac{4046 \text{ J}}{325 \text{ J/}^\circ\text{C}} = 12,449^\circ\text{C} \quad \underline{\quad /1 \quad}$$

$$t_{\text{kon}} = t_{\text{poč}} + \Delta t = 31,449^\circ\text{C} \quad \underline{\quad /1 \quad}$$

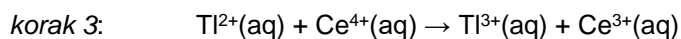
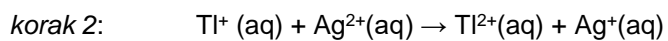
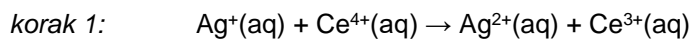
Za točne množine lužine i kiseline 1 bod,
za račun za mjerodavni reaktant 1 bod,
za točnu reakcijsku entalpiju 1 bod,
za razliku temperature 1 bod,
za točnu konačnu temperaturu 1 bod.

5

UKUPNO BODOVA NA 4. STRANICI :

5

5. Prouči reakcijski mehanizam koji se odvija u tri koraka, zatim odgovorite na pitanja A i B.



A. Koja je jedinka katalizator u opisanom reakcijskom sustavu iz zadatka 5.?

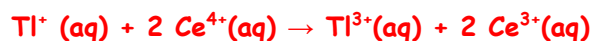
Odgovor: _____



/1

B. Napiši jednadžbu reakcije iz zadatka 5.

Odgovor: _____



/0,5

1,5

UKUPNO BODOVA NA 5. STRANICI :

1,5

6. Vodena otopina dobivena je otapanjem 2315 g saharoze ($C_{12}H_{22}O_{11}$) u 4029 g vode pri 25 °C. Gustoća dobivene otopine je 1,029 g/mL.

A. Izračunaj osmotski tlak nastale otopine.

Račun:

$$c = \frac{n}{V} = \frac{\frac{m}{M}(C_{12}H_{22}O_{11})}{\frac{m_{ot}}{\rho}} = \frac{\frac{2315 \text{ g}}{342,34 \text{ g/mol}}}{\frac{2315 \text{ g} + 4029 \text{ g}}{1,029 \text{ g/L}}} = \frac{6,7622 \text{ mol}}{6,1652 \text{ L}} = 1,097 \text{ mol/L}$$

/1

$$\pi = cRTi = 1,097 \text{ mol/L} \times 8,314 \text{ J/Kmol} \times 298,15 \text{ K} \times 1 = 2718,853(\pm 7) \text{ kPa}$$

/1

B. Izračunaj vrelište nastale otopine. $K_b(\text{voda}) = 0,52 \text{ K kg mol}^{-1}$.

Račun:

$$\Delta T = K_b i = K_b \times \frac{n(C_{12}H_{22}O_{11})}{m(H_2O)} \times i = 0,52 \text{ K kg/mol} \times 1,68 \text{ mol/kg} \times 1 = 0,874 \text{ K}$$

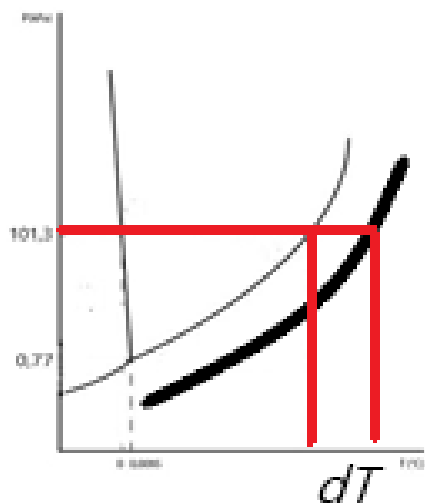
/1

$$t_{v,otopi.} = t_v + \Delta t = 100,874 (\pm 0,001) ^\circ\text{C}$$

/1

C. Fazni dijagram prikazuje ovisnost tlaka pare o temperaturi za čisto otapalo. Ucrtaj odgovarajuću krivulju tlaka pare otopine u postojeći dijagram i označi u dijagramu povišenje vrelišta otopine u odnosu na otapalo.

Rješenje:



/1

Priznaje se bilo koji graf koji ima niže postavljenu krivulju isparavanja i povišenje vrelišta otopine u odnosu na otapalo.

5

UKUPNO BODOVA NA 6. STRANICI :

5

7. Mjerenjem promjene koncentracije tvari A u reakciji $2A \rightarrow B$ u ovisnosti o vremenu reakcije dobiveni su sljedeći podaci:

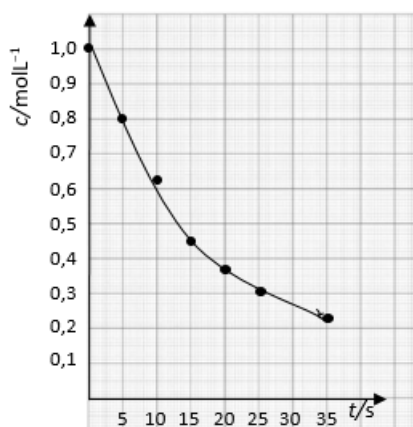
t/s	0	5	10	15	20	25	35
c(A)/mol dm ⁻³	1.000	0.800	0.625	0.465	0.370	0.308	0.230

A. Nacrtaj graf ovisnosti promjene množinske koncentracije tvari A o vremenu reakcije.

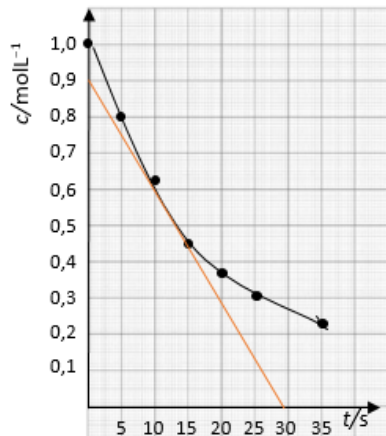
Rješenje:

/1

Rješenje A



Rješenje C



B. Izračunaj prosječnu brzinu nestajanja (trošenja) tvari A u prvih 10 sekundi.

Račun:

$$v(A) = -\frac{\Delta c}{\Delta t} = -\frac{(0,625 - 1,000 \text{ mol/L})}{(10 - 0 \text{ s})} = 0,0375 \text{ mol/Ls } (\pm 0,001)$$

/1

C. Izračunaj trenutnu brzinu nestajanja (trošenja) tvari A u 15. sekundi.

Račun:

$$v(A) = \frac{\Delta c}{\Delta t} = \frac{0,9 \text{ mol/L}}{27,5 \text{ s}} = 0,0327 \text{ mol/Ls } (\pm 0,01)$$

/1

D. Izračunaj prosječnu brzinu nastajanja tvari B u prvih 10 sekundi.

Račun:

$$v(B):v(A) = 1:2; \quad v(B) = \frac{1}{2}v(A) = \frac{1}{2} \times 0,0375 \text{ mol/Ls} = 0,0188 \text{ mol/Ls } (\pm 0,001)$$

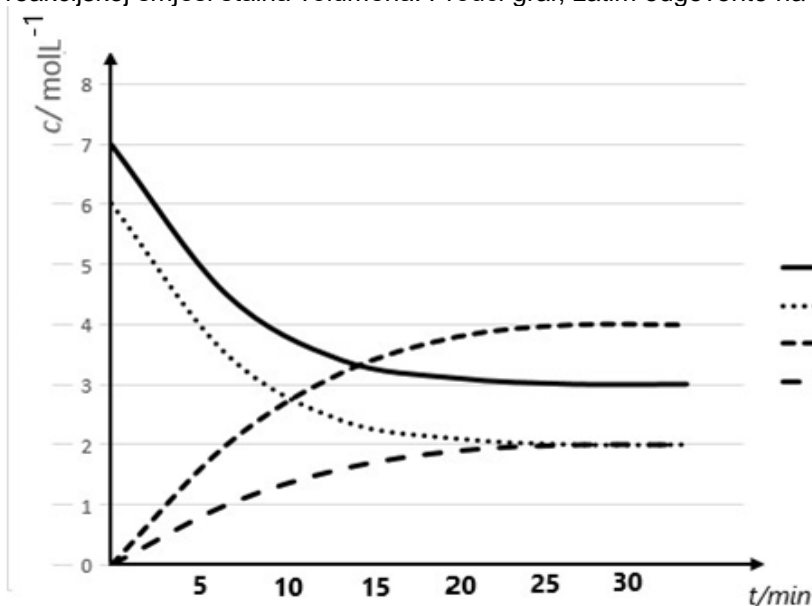
/1

4

UKUPNO BODOVA NA 7. STRANICI :

4

8. Graf prikazuje ovisnost promjene množinske koncentracije četiriju tvari o temperaturi, u reakcijskoj smjesi stalna volumena. Prouči graf, zatim odgovorite na pitanja od A. do D.



A. Napiši jednadžbu kemijske reakcije.

Odgovor: _____



/1

B. U kojoj sekundi od početka reakcije dolazi do uspostavljanja dinamičke ravnoteže?

Odgovori: _____

1500 s (25 min)

/1

C. Izračunaj konstantu ravnoteže za reakciju iz zadatka 8.A, ako se ta reakcija odvija u suprotnom smjeru.

Račun:

$$K_{\rightarrow} = \frac{[C]^2 \times [D]}{[A]^2 \times [B]^2} = \frac{32 \text{ mol}^3/\text{L}^3}{36 \text{ mol}^4/\text{L}^4} = 0,89 \text{ mol}^{-1}\text{L}$$

/1

$$K_{\leftarrow} = \frac{1}{K_{\rightarrow}} = 1,13 \text{ mol/L}$$

/1

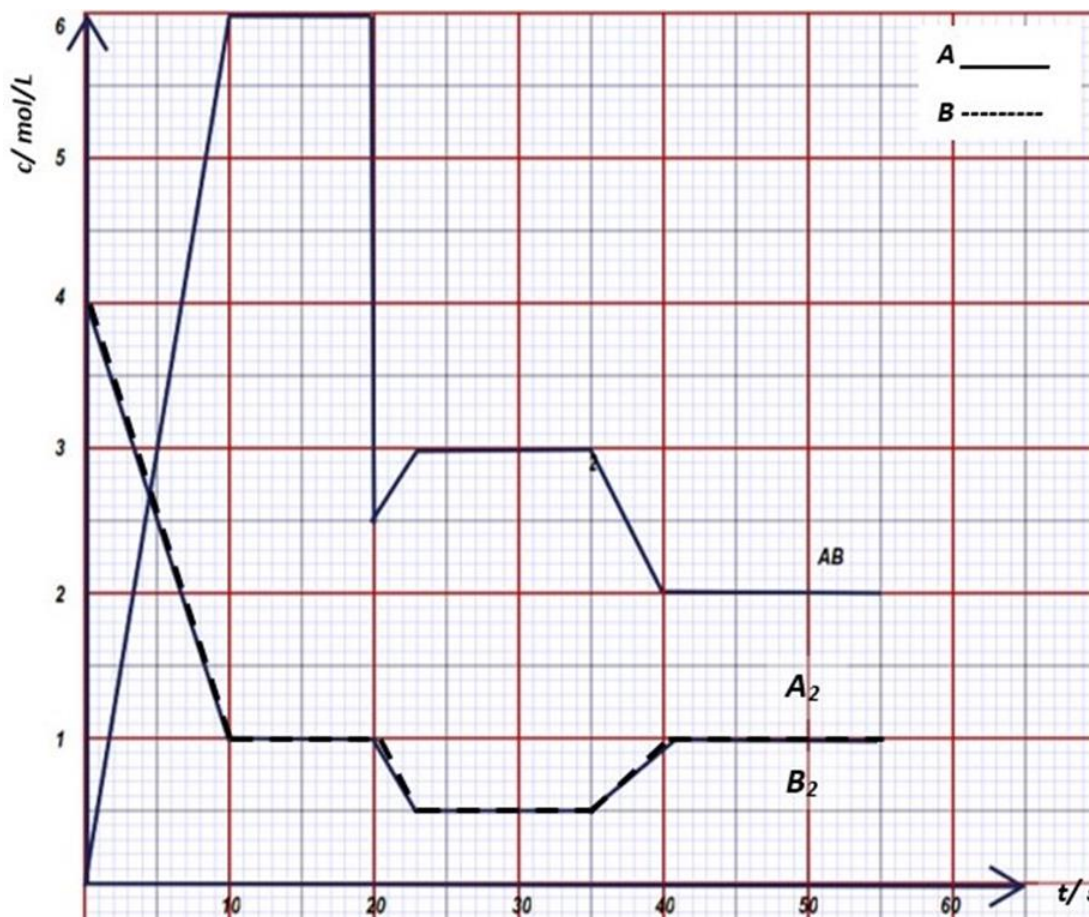
Za točnu K unapredne reakcije 1 bod, za točnu K unazadne 1 bod. Ako mjerne jedinice nisu točno izvedene, oduzeti pola boda.

4

UKUPNO BODOVA NA 8. STRANICI :

4

9. Graf prikazuje promjenu koncentracije tvari u reakcijskom sustavu stalna volumena o vremenu za reakciju $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2 AB$. U 20. i 35. sekundi na ravnotežni sustav je izvršen određeni utjecaj. Temeljem podataka iz grafa odgovori na pitanja od A. do F.



A. Koliko je puta reakcijski sustav dosegao ravnotežno stanje? _____.

3

/0,5

B. Izračunaj koncentracijske konstante ravnoteže za svako ravnotežno vrijeme vidljivo iz grafa.

Račun:

$$K_1 = \frac{[AB]^2}{[A_2] \times [B_2]} = \frac{6^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2}{1^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2} = 36; \quad K_2 = \frac{[AB]^2}{[A_2] \times [B_2]} = \frac{3^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2}{0,5^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2} = 36$$

$$K_3 = \frac{[AB]^2}{[A_2] \times [B_2]} = \frac{2^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2}{1^2 \text{ mol}^2/\text{L}^2} = 4$$

/1,5

2

ZUKUPNO BODOVA NA 9. STRANICI :

2

9. C. Obrazloži promjenu vidljivu na grafu u vremenu od 20. do 35. sekunde?

Odgovor: smanjenje koncentracije reaktanata pomaklo je položaj ravnoteže u desno, zbog čega se povećala koncentracija produkta, a zatim se uspostavilo novo ravnotežno stanje.

/1

D. Zaokruži slovo ispred odgovora koji opisuje promjenu u 35. sekundi, a koja je rezultirala promjenom vrijednosti konstante ravnoteže:

I. povećanje koncentracije reaktanta A₂

II. smanjenje koncentracije produkta AB

☒ III. povećanje temperature reakcijske smjese

/1

E. Obrazloži svoj odgovor na potpitanje 9.D.

Odgovor: Promjenu vrijednosti konstante ravnoteže može uzrokovati jedino promjena temperature.

Ili: Zbog Le Chatelierova načela pomaka ravnoteže, moguć je samo odgovor III.

/1

F. Temeljem odgovora na prethodna potpitanja, je li unapredna reakcija $A_2 + B_2 \rightleftharpoons 2 AB$ egzotermna ili endotermna? _____

egzotermna

/1

G. Obrazloži svoj odgovor na potpitanje 9.F.

Obrazloženje: Iz grafa se vidi da je pala koncentracija produkata, a porasla koncentracija reaktanata, što sugerira da prednost ima unazadna reakcija. Izaziva ju povećanje temperature, pa je dakle unazadna reakcija endotermna, a unapredna egzotermna.

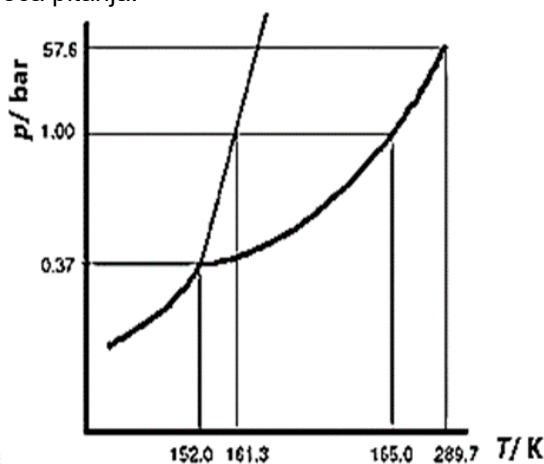
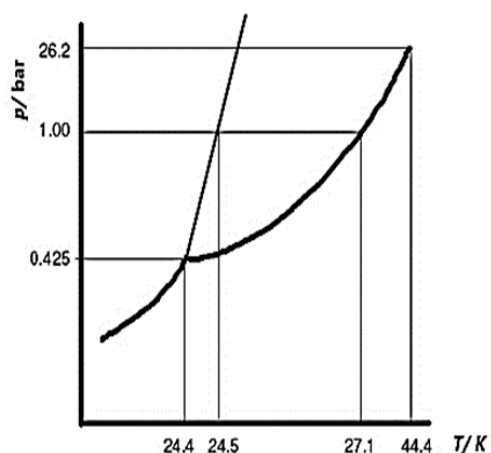
/1

5

UKUPNO BODOVA NA 10. STRANICI :

5

10. Slika prikazuje fazne dijagrame dvaju plemenitih plinova, ksenona i neona. Koristeći se podacima iz dijagrama, odgovori na sljedeća pitanja.



A. Koji fazni dijagram pripada ksenonu? _____

Točan odgovor je B (drugi dijagram) .

B. Obrazloži kratko svoj odgovor na potpitanje A.

Obrazloženje: Iz grafa se vidi da je vrelište B pri normalnom tlaku više, kako Xe ima veću M_r , graf B pripada ksenonu. Priznaje se i odgovor (ili bilo koji slično formuliran točan odgovor): Zbog većeg elektronskog oblaka Xe, jače su Londonove disperzijske sile u Xe nego u Ne, stoga je i vrelište Xe više od vrelišta Ne.

/0,5

/0,5

1

1. stranica

2. stranica

3. stranica

4. stranica

5. stranica

6. stranica

	+		+		+		+	
--	---	--	---	--	---	--	---	--

7. stranica

8. stranica

9. stranica

10. stranica

11. stranica

Ukupni bodovi

	+		+		+		+		=		40
--	---	--	---	--	---	--	---	--	---	--	----

UKUPNO BODOVA NA 11. STRANICI :

1