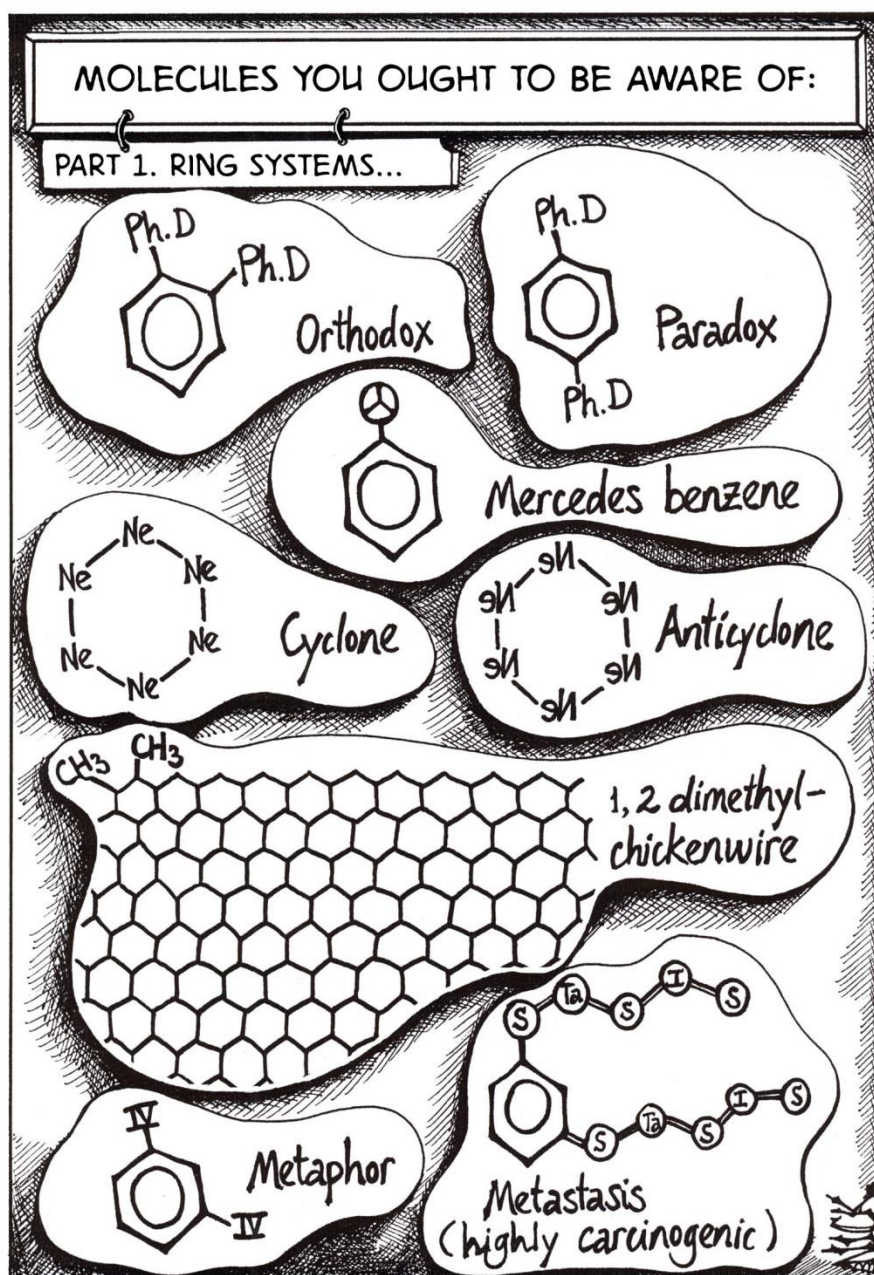


Пета Српска хемијска олимпијада



NIS
GAZPROM NEFT



Београд, 24-26. маја 2018.

1																	2					
1 1,00794 H 0,28																	2 4,00260 He 1,40					
2																	13	14	15	16	17	
3 6,941 Li	4 9,01218 Be											5 10,811 B 0,89	6 12,011 C 0,77	7 14,0067 N 0,70	8 15,9994 O 0,66	9 18,9984 F 0,64	10 20,1797 Ne 1,50					
11 22,9898 Na	12 24,3050 Mg											13 26,9815 Al	14 28,0855 Si 1,17	15 30,9738 P 1,10	16 32,066 S 1,04	17 35,4527 Cl 0,99	18 39,948 Ar 1,80					
19 39,0983 K	20 40,078 Ca	21 44,9559 Sc	22 47,867 Ti 1,46	23 50,9415 V 1,33	24 51,9961 Cr 1,25	25 54,9381 Mn 1,37	26 55,845 Fe 1,24	27 58,9332 Co 1,25	28 58,6934 Ni 1,24	29 63,546 Cu 1,28	30 65,39 Zn 1,33	31 69,723 Ga 1,35	32 72,61 Ge 1,22	33 74,9216 As 1,20	34 78,96 Se 1,18	35 79,904 Br 1,14	36 83,80 Kr 1,90					
37 85,4678 Rb	38 87,62 Sr	39 88,9059 Y	40 91,224 Zr 1,60	41 92,9064 Nb 1,43	42 95,94 Mo 1,37	43 (97,905) Tc 1,36	44 101,07 Ru 1,34	45 102,906 Rh 1,34	46 106,42 Pd 1,37	47 107,868 Ag 1,44	48 112,41 Cd 1,49	49 114,818 In 1,67	50 118,710 Sn 1,40	51 121,760 Sb 1,45	52 127,60 Te 1,37	53 126,904 I 1,33	54 131,29 Xe 2,10					
55 132,905 Cs	56 137,327 Ba	57-71 La-Lu	72 178,49 Hf 1,59	73 180,948 Ta 1,43	74 183,84 W 1,37	75 186,207 Re 1,37	76 190,23 Os 1,35	77 192,217 Ir 1,36	78 195,08 Pt 1,38	79 196,967 Au 1,44	80 200,59 Hg 1,50	81 204,383 Tl 1,70	82 207,2 Pb 1,76	83 208,980 Bi 1,55	84 (208,98) Po 1,67	85 (209,99) At	86 (222,02) Rn 2,20					
87 (223,02) Fr	88 (226,03) Ra 2,25	89-103 Ac-Lr	104 (261,11) Rf	105 (262,11) Db	106 (263,12) Sg	107 (262,12) Bh	108 (265) Hs	109 (266) Mt	110 (271) Ds	111 (272) Rg	112 (285) Cn	113 (284) Uut	114 (289) Fl	115 (288) Uup	116 (292) Lv	117 (294) Uus	118 (294) Uuo					

Физичке константе и једначине

Авогадрова константа, $N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Болцманова константа, $k_B = 1,3807 \cdot 10^{-23} \text{ J} \cdot \text{K}^{-1}$

Универзална гасна константа, $R = 8,314 \text{ J} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

Фарадејева константа, $F = 96500 \text{ C mol}^{-1}$

Брзина светлости, $c = 2,9979 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Планкова константа, $h = 6,6261 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Маса електрона, $m_e = 9,10938215 \times 10^{-31} \text{ kg}$

Нормални услови: притисак, $P = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa}$, температура, $T = 273,15 \text{ K}$

Стандардни услови: притисак, $P = 1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$, температура, $T = 298,15 \text{ K}$

Атмосферски притисак, $P_{\text{atm}} = 1,01325 \times 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$

Нула Целзијусове скале, $273,15 \text{ K}$

Интегрални облик кинетичке једначине за реакције првог реда:

$$\frac{[A]}{[A]_0} = e^{-kt}$$

$[A]$ – концентрација реактанта А након времена t ,
 $[A]_0$ – почетна концентрација реактанта А, k – константа брзине реакције

1 2 3 4 5 6 7	1 18																		2																	
	1 1,00794 H 0,28																		2 4,00260 He 1,40																	
	2																		13	14	15	16	17													
	3 6,941 Li																		4 9,01218 Be		5 10,811 B 0,89		6 12,011 C 0,77	7 14,0067 N 0,70	8 15,9994 O 0,66	9 18,9984 F 0,64	10 20,1797 Ne 1,50									
	11 22,9898 Na																		12 24,3050 Mg		13 26,9815 Al		14 28,0855 Si 1,17	15 30,9738 P 1,10	16 32,066 S 1,04	17 35,4527 Cl 0,99	18 39,948 Ar 1,80									
	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12																		31	32	33	34	35	36												
	19 39,0983 K																		20 40,078 Ca		21 44,9559 Sc	22 47,867 Ti 1,46	23 50,9415 V 1,33	24 51,9961 Cr 1,25	25 54,9381 Mn 1,37	26 55,845 Fe 1,24	27 58,9332 Co 1,25	28 58,6934 Ni 1,24	29 63,546 Cu 1,28	30 65,39 Zn 1,33	31 69,723 Ga 1,35	32 72,61 Ge 1,22	33 74,9216 As 1,20	34 78,96 Se 1,18	35 79,904 Br 1,14	36 83,80 Kr 1,90
37 85,4678 Rb																		38 87,62 Sr		39 88,9059 Y	40 91,224 Zr 1,60	41 92,9064 Nb 1,43	42 95,94 Mo 1,37	43 (97,905) Tc 1,36	44 101,07 Ru 1,34	45 102,906 Rh 1,34	46 106,42 Pd 1,37	47 107,868 Ag 1,44	48 112,41 Cd 1,49	49 114,818 In 1,67	50 118,710 Sn 1,40	51 121,760 Sb 1,45	52 127,60 Te 1,37	53 126,904 I 1,33	54 131,29 Xe 2,10	
55 132,905 Cs																		56 137,327 Ba		57-71 La-Lu		72 178,49 Hf 1,59	73 180,948 Ta 1,43	74 183,84 W 1,37	75 186,207 Re 1,37	76 190,23 Os 1,35	77 192,217 Ir 1,36	78 195,08 Pt 1,38	79 196,967 Au 1,44	80 200,59 Hg 1,50	81 204,383 Tl 1,70	82 207,2 Pb 1,76	83 208,980 Bi 1,55	84 (208,98) Po 1,67	85 (209,99) At	86 (222,02) Rn 2,20
87 (223,02) Fr																		88 (226,03) Ra 2,25		89-103 Ac-Lr		104 (261,11) Rf	105 (262,11) Db	106 (263,12) Sg	107 (262,12) Bh	108 (265) Hs	109 (266) Mt	110 (271) Ds	111 (272) Rg	112 (285) Cn	113 (284) Nh	114 (289) Fl	115 (288) Mc	116 (292) Lv	117 (294) Ts	118 (294) Og

Атомски број

→

1
1,00794
H
0,28

← Атомска маса

← Символ елемента

← Ковалентни полупречник, Å

Атомски број

1 1,00794 H 0,28

Атомска маса

Симбол елемента

Ковалентни полупречник, Å

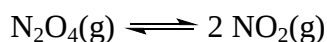
57 138,906 La 1,87	58 140,115 Ce 1,83	59 140,908 Pr 1,82	60 144,24 Nd 1,81	61 (144,91) Pm 1,83	62 150,36 Sm 1,80	63 151,965 Eu 2,04	64 157,25 Gd 1,79	65 158,925 Tb 1,76	66 162,50 Dy 1,75	67 164,930 Ho 1,74	68 167,26 Er 1,73	69 168,934 Tm 1,72	70 173,04 Yb 1,94	71 174,04 Lu 1,72
89 (227,03) Ac 1,88	90 232,038 Th 1,80	91 231,036 Pa 1,56	92 238,029 U 1,38	93 (237,05) Np 1,55	94 (244,06) Pu 1,59	95 (243,06) Am 1,73	96 (247,07) Cm 1,74	97 (247,07) Bk 1,72	98 (251,08) Cf 1,99	99 (252,08) Es 2,03	100 (257,10) Fm	101 (258,10) Md	102 (259,1) No	103 (260,1) Lr

Задатак 1

1.	2.	3.	4. а)	4. б)	5.	6.	7. а)	7. б)	7,5%
1	1	5	0,5	0,5	3	1,5	1	0,5	14

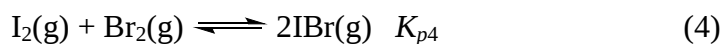
Равнотежна питалица

Добро је познато да се равнотежа



у којој се раскида једна N–N веза у потпуности помера у десно већ на 80-100 °C. За раскидање неких других веза неопходна је много већа температура. Такође, на већим температурама раскидање веза омогућава рекомбинацију фрагмената молекула која даје нова једињења.

У херметички затвореном суду запремине 4,00 L претходно напуњеним аргоном понешано је по 0,100 mol I₂ и Br₂ (све гасове од сад на даље сматрати идеалним). На 24 °C притисак у том суду износио је 1,00 bar. Суд је затим загрејан до 1000 K. Том приликом притисак у њему порастао је на 9,60 bar. У суду успоставиле су се следеће равнотеже:



1. Напишите једначине још две могуће равнотеже у којим учествују наведене честице.

2. Напишите изразе за константе равнотеже (K_p) за четири наведене равнотеже које се одигравају.

3. Одредити парцијалне притиске свих учесника равнотеже на 1000 K.

$$p(\text{I}_2) = \text{_____ bar} \quad p(\text{Br}_2) = \text{_____ bar}$$

$$p(\text{I}) = \text{_____ bar} \quad p(\text{Br}) = \text{_____ bar}$$

$$p(\text{IBr}) = \text{_____ bar}$$

За промене ентропија равнотежа (1)–(3) на 1000 K познато је:



4. а) Заокружити тачан исказ о стандардној моларној ентропији $I_2(g)$.

1) $S^\circ(I_2(g)) > 0$

2) $S^\circ(I_2(g)) < 0$

3) $S^\circ(I_2(g)) = 0$

б) Израчунати промену ентропије равнотеже (4) на 1000 K.



5. Одредити енергију везе у I_2 , Br_2 и IBr . Уколико нисте одговорили на питање 3. можете користити вредност $K_3 = 5,00$.

$$E(I-I) = \text{_____} \text{ kJ/mol} \quad E(Br-Br) = \text{_____} \text{ kJ/mol}$$

$$E(I-Br) = \text{_____} \text{ kJ/mol}$$

6. Израчунати масу брома коју је неопходно додати у овај суд у којем је успостављена равнотежа да би у њему важило $\frac{[I]}{[I_2]} = 6$.

$$m(\text{Br}_2) = \text{_____ g}$$

За рекомбиновање два радикала неопходно је учешће треће честице чија је улога да одводи вишак енергије. Стога се брзина реакције рекомбиновања $A + B \rightarrow AB$ може изразити као $v = k[A][B][M]$, где је $[M]$ концентрација *свих* честица у суду.

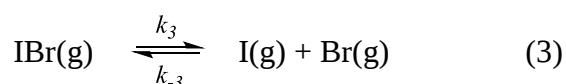
7. Ако је за реакцију



израчунати:

а) брзину ове реакције у суду,

б) константу брзине повратне реакције равнотеже (3), k_{-3} .



Уколико нисте одговорили на питање **3.** можете користити вредности $p(\text{I}) = 2,21 \text{ bar}$, $p(\text{Br}) = 1,41 \text{ bar}$ и $p(\text{IBr}) = 0,11 \text{ bar}$. За питање **7. б)** можете користити вредност $v = 8,1 \cdot 10^{-5} \text{ M s}^{-1}$ уколико нисте одговорили на питање **7. а)**.

a)



b)



Задатак 2

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	7,5%
4	4	4	4	5	4	6	6	37

Тачка еквиваленције

У овом задатку ћете израчунати неке параметре на тачки еквиваленције за неколико једноставних титрација

1. Израчунајте рН на тачки еквиваленције ако се 50,00 cm³ раствора сирћетне киселине концентрације 0,0510 mol/dm³ титрује раствором натријум-хидроксида концентрације 0,0488 mol/dm³.

$$K_a = 1,75 \times 10^{-5}$$

2. Израчунајте рН на тачки еквиваленције ако се 50,00 cm³ раствора натријум-дихидроген-фосфата концентрације 0,0261 mol/dm³ титрује раствором натријум-хидроксида концентрације 0,0235 mol/dm³ до прве тачке еквиваленције.

$$K_1 = 7,11 \times 10^{-3}, K_2 = 6,34 \times 10^{-8}, K_3 = 4,2 \times 10^{-13}$$

3. Израчунајте pH на тачки еквиваленције ако се $50,00 \text{ cm}^3$ раствора малеинске киселине концентрације $0,1000 \text{ mol/dm}^3$ титрује раствором натријум-хидроксида концентрације $0,0976 \text{ mol/dm}^3$ до прве тачке еквиваленције. Малеинска киселина је двобазна киселина.

$$K_1 = 1,20 \times 10^{-2}, K_2 = 5,96 \times 10^{-7}$$

4. Израчунајте концентрацију хлоридних јона на тачки еквиваленције ако се $50,00 \text{ cm}^3$ раствора натријум-хлорида концентрације $0,0050 \text{ mol/dm}^3$ титрује раствором сребро-нитрата концентрације $0,00985 \text{ mol/dm}^3$.

$$K_{\text{SP}} = 1,77 \times 10^{-10}$$

5. Израчунајте концентрацију калцијумових јона на тачки еквиваленције при титрацији $50,00 \text{ cm}^3$ раствора калцијум-хлорида концентрације $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ раствором динатријумове соли етилендиаминтетрасирћетне киселине (EDTA) концентрације $0,0100 \text{ mol/dm}^3$ у пуферисаном раствору. Основни пуферски раствор чија мала количина је додата у раствор који се титрује припремљен је растварањем $16,9 \text{ g}$ амонијум-хлорида у 143 cm^3 концентрованог воденог расатвора амонијака ($13,4 \text{ mol/dm}^3$) и разблаживањем до 250 cm^3 .

Константа стабилности калцијумовог комплекса EDTA износи $5,0 \times 10^{10}$. Да би се израчунала ефективна константа стабилности на одређеном pH, константа стабилности се множи параметром α_4 . Вредности тог параметра за различите pH вредности дате су доле.

pH	α_4	pH	α_4
2,0	$3,7 \times 10^{-14}$	8,0	$5,4 \times 10^{-3}$
3,0	$2,5 \times 10^{-11}$	9,0	$5,2 \times 10^{-2}$
4,0	$3,6 \times 10^{-9}$	10,0	$3,5 \times 10^{-1}$
5,0	$3,5 \times 10^{-7}$	11,0	$8,5 \times 10^{-1}$
6,0	$2,2 \times 10^{-5}$	12,0	$9,8 \times 10^{-1}$
7,0	$4,8 \times 10^{-4}$		

$$K_b(\text{NH}_3) = 1,76 \times 10^{-5}$$

6. Израчунајте потенцијал на тачки еквиваленције за титрацију 50,00 cm³ раствора гвожђа(II) концентрације 0,0475 mol/dm³ раствором цера(IV) концентрације 0,0988 mol/dm³ у сумпорној киселини концентрације 1,0 mol/dm³. Цер(IV) се том приликом редукује у цер(III).

$$E^0 (\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,68 \text{ V}$$

$$E^0 (\text{Ce}^{4+}/\text{Ce}^{3+}) = 1,44 \text{ V}$$

7. Израчунајте потенцијал на тачки еквиваленције за титрацију 50,00 cm³ раствора гвожђа(II) концентрације 0,0483 mol/dm³ раствором калијум-перманганата концентрације 0,0185 mol/dm³ у раствору сумпорне киселине у којем је концентрација водоникових јона 1,04 mol/dm³.

$$E^0 (\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,68 \text{ V}$$

$$E^0 (\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}) = 1,51 \text{ V}$$

8. Израчунајте потенцијал на тачки еквиваленције за титрацију 50,00 cm³ раствора гвожђа(II) концентрације 0,0492 mol/dm³ раствором калијум-дихромата концентрације 0,0160 mol/dm³ у раствору сумпорне киселине у којем је концентрација водоникових јона 1,04 mol/dm³.

$$E^0 (\text{Fe}^{3+}/\text{Fe}^{2+}) = 0,68 \text{ V}$$

$$E^0 (\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}/\text{Cr}^{3+}) = 1,33 \text{ V}$$

Задатак 3

1.	2.	3.	4.	5.	6. а)	6. б)	7. а)	7. б)	8	9	Укупно 7,5 %
3	3	3	6	8	6	8	4	8	3	8	60

Молекули који праве невоље

У овом задатку размотрићемо понашање неколико врло реактивних супстанци.

1. Одредите редове везе у молекулу кисеоника, супероксидном анјону и пероксидном дианјону.

кисеоник _____

супероксид _____

пероксид _____

2. Дужине везе у те три честице износе: 0,121 nm, 0,126 nm и 0,149 nm. Која дужина одговара којој честици?

кисеоник _____

супероксид _____

пероксид _____

3. Која (које) од ових честица је (су) парамагнетна (парамагнетне)? Одговорите са да/не.

кисеоник _____

супероксид _____

пероксид _____

4. У реакцији смесе гасовитих флуора и кисеоника на ниском притиску и температури, уз електрично пражњење настаје врло реактиван гас А. Једињење А је толико реактивно да експлозивно реагује са ледом на 130–140 К. У молекулу тог гаса везе су различите дужине: 0,122 nm и 0,158 nm. Угао веза је 109,5°. Напишите реакцију добијања гаса А.

5. У реакцији гаса А са фосфор-пентафлуоридом на -126°C настаје парамагнетно јонско једињење Б и флуор. У катјону једињења Б постоји само једна веза, дужине 0,112 nm. У анјону једињења Б све везе су исте дужине. Напишите реакцију гаса А са фосфор-пентафлуоридом.

6. При пропуштању гасовитог флуора кроз 2 % водени раствор натријум-хидроксида настаје реактивни гас В, у којем постоји један тип веза, дужине 0,140 nm. Угао везе је 103° . Гас В је нешто мање реактиван од гаса А, али је ипак у стању да експлозивно реагује са низом супстанци. У реакцији гаса В са платином настаје со Г, која садржи исти катјон као и Б. Анјон соли Г има исту геометрију као анјон соли Б. Споредни производ у овој реакцији је кисеоник.

а) Напишите реакцију добијања гаса В.

б) Напишите реакцију гаса В са платином.

а)

б)

7. Једињење Г се може добити и у реакцији молекулског кисеоника са једињењем платине Д. Једињење Д је изузетно јако оксидационо средство, тако да у реакцији са гасом Ђ гради наранцасту чврсту со Е. На основу елементалног састава дошло се до закључка да је анјон соли Е идентичан са анјоном соли Г. Со Е садржи 44,3 % платине. Гас Ђ на собној температури (25°C) и атмосферском притиску има густину од $5,37 \times 10^{-3} \text{ g/cm}^3$.

а) Израчунајте моларну масу гаса Ђ

б) Напишите једначину реакције Д и Ђ.

а)

б)

8. Хлор-трифлуорид је екстремно запаљиво једињење. Овај гас који се кондензује на 11 °C је у стању да запали материјале који се сматрају незапаљивим, као што су песак и азбест, па и пепео након сагоревања у кисеонику. У овом молекулу постоје два типа веза, дужине 0,160 nm, односно 0,170 nm. Угао везе износи 87,5°. Напишите Луисову структурну формулу овог једињења и јасно назначите која веза је које дужине.

9. Хлор-трифлуорид је коришћен као ракетно гориво, у смеси са хидразином. Израчунајте енергију која се ослободи кад 100 cm^3 хидразина (густина $1,021 \text{ g/cm}^3$) реагује са стехиометријском количином хлор-трифлуорида. Један од производа реакције је флуороводоник, а густине друга два гасовита производа се односе 1:2,54.

хидразин: $\Delta_f H^\circ = 50,63 \text{ kJ/mol}$

хлор-трифлуорид: $\Delta_f H^\circ = -158,87 \text{ kJ/mol}$

гасовити флуороводоник: $\Delta_f H^\circ = -271,1 \text{ kJ/mol}$

2946 kJ

Задатак 4

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	7,5%
6	2	4	4	5	3	6	30

Југословенски нуклеарни програм

Морамо имати атомску бомбу. Морамо је направити макар нас годинама коштала половину свих прихода. – Едвард Кардељ (по Стевану Дедијеру)



Слева на десно: Јосип Броз Тито, Павле Савић, Едвард Кардељ и Иван Гошњак у обиласку института у Винчи

У доба Хладног рата и Југославија је развијала свој нуклеарни програм. Програм је почивао на истраживањима која су се спроводила на институтима у Љубљани, Загребу и Винчи. У Винчи су крајем педесетих година радила два експериментална нуклеарна реактора, а апетит државног врха био је далеко већи.

Као саставни део програма, под велом тајности 1963. године започета је експлоатација уранијумове руде на Старој планини у руднику Габровница надомак Књажевца. На овај начин је из подземних лежишта добијана сирова руда која садржи уранијум(IV), у облику минерала пехбленде, UO_2 . Она је одвожена у постројење за сепарацију у оближњем селу Кална где се из ње добијао „жути колач“, прах који садржи углавном мешовити оксид уранијума(IV) и уранијума(VI), U_3O_8 . Када се руда адекватно уситнила, приступало се њеном излуживању помоћу сумпорне киселине. На овај начин се нерастворни уранијум(IV) преводи у растворни уранијум(VI). Познато је да је за овај процес кључно постојање минерала попут магнетита (Fe_3O_4), хематита (Fe_2O_3) или пиролузита (MnO_2) у сировој руди. На ниском рН уранијум(VI) постоји у облику оксикатјона А који садржи један атом уранијума. Затим следи неколико корака да се отклоне други метали из раствора. Уранијум се таложи при рН 7–8 додатком амонијака, при чему пада жути талог Б који садржи 38,1% уранијума (масених). Пржењем овог талоба као једини чврсти производ заостаје „жути колач“.

1. Напишите сређене једначине хемијских реакција које описују следеће фазе сепарације сирове руде:

а) растварање пехбленде до оксикатјона А

б) таложење оксикатјона А до нерастворног једињења Б

в) пржење једињења Б

Приликом подземне експлоатације уранијума рудари се излажу врло опасном гасу В који се акумулира у нижим тунелима рудника. У руднику Габровница радило је око 800 рудара. Овај гас настаје из најзаступљенијег изотопа уранијума након четири α -распада и два β -распада.

2. Написати формулу гаса В.

У погледу добијања обogaћеног уранијума као горива за нуклеарну бомбу чини се да се у Југославији на овом стадијуму стало. Да би се добио обogaћени уранијум (материјал са повећаним садржајем изотопа ^{235}U у односу на заступљенији ^{238}U), што је предуслов за његову употребу за производњу нуклеарног оружја, било би неопходно добити једињење уранијума које се лако може превести у гасовито стање, а ово није учињено, бар не на индустријској скали. Следећа фаза била би превођење жутог колача до уранијум(VI)-флуорида који сублимује на $56\text{ }^{\circ}\text{C}$. У ту сврху, жути колач се третира концентрованом азотном киселином чиме се добија једињење Г, у којем се уранијум налази у само једном оксидационом стању. Како би се добило задовољавајуће чисто једињење Д, сирово једињење Г се екстрахује органским расварачем, из којег се накнадно испира разблаженом азотном киселином, а раствор затим упари и суви остатак пржи. Једињење Д такође садржи уранијум у само једном оксидационом стању. На високим температурама у атмосфери водоника једињење Д преводи се у једињење Ђ, које затим дејством флуороводоничне киселине даје једињење Е. Једињење Е је чврста зелена супстанца и позната је под називом „зелена со“ иако није со. Коначно, уранијум(VI)-флуорид добија се у реакцији гасовитог флуора са једињењем Е.

3. Написати формуле једињења Г–Е.

$\Gamma =$ $\Delta =$ $\Theta =$ $E =$

Процес обогаћивања уранијума је изузетно скуп и технолошки захтеван и вероватно је представљао непремостиву препреку тадашњој држави.

4. Да је југословенски нуклеарни програм располагало са 10,0 t „жутог колача” који је садржао 81,2% U_3O_8 , а затим га превео до UF_6 са укупним приносом од 95,5%, колика би била маса ^{235}U изотопа у тако добијеном UF_6 ? Прецизна релативна атомска маса уранијума који се налази у земљиној кори је 238,0289, а прецизне релативне атомске масе изотопа ^{235}U и ^{238}U су 235,0439 и 238,0507.

Иако је институт у Винчи тада поседовао примитивније уређаје малог капацитета који су уранијум обогаћивали на принципу електромагнетне сепарације, настали уранијум(VI)-флуорид ефикасно и на великој скали могао би бити обогаћиван једино ефузијом, процесом дифузије гаса кроз порозну мембрану у вакуум. Познато је да је брзина ефузије гаса обрнуто пропорционална корену његове моларне масе (Грејемов закон).

5. Колико би корака ефузије (n) морало да изведе хипотетичко постројење југословенског нуклеарног програма да би из природне изотопске смеше UF_6 добило узорак који садржи 90,0% (количинских) $^{235}UF_6$ (неопходна изотопска чистоћа за нуклеарну бојеву главу)? Узети да је степен обогаћења након сваког корака једнак односу брзина ефузије $^{235}UF_6$ и $^{238}UF_6$. Уколико нисте решили претходни задатак узети да је удео ^{235}U у природној изотопској смеси 0,091%.

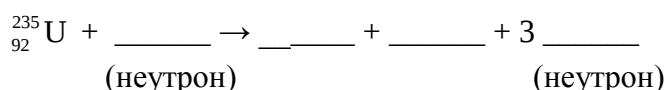


*Америчка фабрика за обогаћивање
на принципу ефузије*

$$n = \underline{\hspace{2cm}}$$

Принцип на којем се заснива већина атомских бомби и нуклеарних електрана је нуклеарна фисија, процес приликом којег се језгра већих елемената распадају на мања језгра уз услобађање велике количине енергије. Пионир истраживања нуклеарне фисије био је наш физикохемичар Павле Савић који је радећи заједно са Иреном Жолио-Кири открио нове радиоактивне изотопе познатих елемената излажући уранијумове атоме спорим неутронима. За овај допринос науци обоје су номиновани за Нобелову награду. Павле Савић био је оснивач и директор института у Винчи, али и велики скептик по питању нуклеарног програма.

6. Многи производи нуклеарне фисије тада су идентификовани хемијским путем. На пример, као један од фисионих производа бомбардовања $^{235}_{92}\text{U}$ неутронима идентификован је метал који је у раствору давао бео талог са натријум-сулфатом, а жут талог са калијум-дихроматом. У материјалу заосталом након фисије није било трагова одговарајућег другог фисионог производа. Касније је установљено да се у овој фисионој реакцији ослобађају три неутрона. Допуните једначину дату испод тако да она представља разумну нуклеарну реакцију са исправно назначеним атомским и масеним бројевима. Имајте на уму да у оваким нуклеарним реакцијама настаје много различитих производа и да је тачне производе тешко предвидети.



Потписивањем Споразума о неширењу нуклеарног оружја 1968. Југославија је званично одустала од свог нуклеарног програма, али се осамдесетих година ова идеја поново вратила. Нуклеарна електрана Кршко која је почела са радом 1983. била је део новог нуклеарног програма који је крајем осамдесетих у потпуности напуштен из финансијских разлога.

7. Коначно одустајање од нуклеарних амбиција наша држава учинила је када је 2002. године када је велики број неискоришћених горивних елемената обогаћеног уранијума предат Русији. Ово гориво, укупно 48,2 kg уранијума који је садржао 80,0% ^{235}U (количинских), набаљено је од Совјетског савеза 1981. године. Ако знате да нуклеарни распад ^{235}U прати кинетику првог реда, и да је време неопходно да се 50% првобитно присутног ^{235}U распадне $7,04 \cdot 10^8$ година (време полураспада), израчунајте број атома ^{235}U који се распао у периоду од двадесет година током којих је оно стајало у Винчи.

$$N(^{235}\text{U}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

Задатак 5

Not so noble

1) 4	2) 6	3) 3	4) 10	5) 12	6) 5	7) 6	8) 10	9) 6	Укупно/ 72

Grosse и сарадници су 1963. објавили чланак у престижном часопису *Science* у коме су тврдили да су синтетисали прво једињење племенитог гаса Ng, његов тетрафлуорид. У директној синтези из елемената, при ниском притиску и температури, уз електрично пражњење, сматрали су да је NgF_4 настао у практично теоријском приносу (96,64%). Конкретно, у току 4 h, из 500 cm^3 (при н.у.) гасне смесе стехиометријских количина племенитог гаса и флуора добијено је 1,15 g белих кристала NgF_4 . Реакција је изведена у стакленом суду запремине 650 cm^3 са затопљеним бакарним електродама, а цео систем је хлађен смешом течног азота и кисеоника (84 K), при почетном притиску од 12 mm Hg (1 mm Hg = 133,32 Pa).

1) Који део (у процентима) флуора се налази у парној фази при условима почетка експеримента ако знате да је племенити гас под тим условима у чврстом агрегатном стању са напоном пара од 0,61 mm Hg, а да се део флуора налази у кондензованој фази. У ком молском односу се налазе племенити гас и флуор у парној фази у тренутку почетка одигравања реакције?

У гасној фази се налази _____ % од укупне количине флуора

Однос Ng и F_2 у парној фази је _____

Аутори рада су навели да је доказ за настајање NgF_4 његово квантитативно добијање при условима експеримента. Каснија истраживања су показала да су Grosse и сарадници погрешили, те да су уствари синтетисали дифлуорид тог племенитог гаса, тј.

NgF_2 . Узорак дифлуорида је садржавао примесе силицијум-тетрафлуорида и O_2F_2 , а које су настале услед реакције NgF_2 са стаклом (SiO_2). Део тих примеса је могао делимично или у потпуности да буде уклоњен у два корака пречишћавања сублимацијом при ниском притиску и температури.

2) Који је идентитет племенитог гаса Ng који је коришћен у експерименту?

$\text{Ar}(\text{Ng}) = \underline{\hspace{2cm}}$

Племенити гас: $\underline{\hspace{2cm}}$

Ако нисте одредили идентитет племенитог гаса Ng, у даљим задацима користите $\text{Ar}(\text{Ng}) = 107,5$.

3) На основу анализе слике настале дифракцијом рендгенских зрака на кристалима добијеним у сличном експерименту потврђено је да се ради о NgF_2 запрљаном са SiF_4 .

Напишите једначине свих реакција које се одвијају при овом експерименту.

4) Израчунајте у ком односу треба да се налазе NgF_2 и SiF_4 у узорку, па да маса насталих белих кристала буде она која би се добила при квантитативном добијању NgF_4 ? На основу прорачуна коју додатну улогу игра Ng при овим условима?

Удео NgF_2 у узорку може износити од _____% до _____%

Grosse и сарадници су такође навели да су добили задовољавајуће резултате хемијске анализе узорка наводних кристала NgF_4 . Навели су да је NgF_4 термално нестабилан и да се на собној температури полако, а на $60\text{ }^\circ\text{C}$ брзо распада на елементе. Одређивали су количину гасовитог Ng и F_2 волуметријски и то флуор помоћу живине гасне бирете, а Ng на основу преостале запремине гаса. *Moissan*-ова метода за одређивање F_2 се базира на мерењу промене запремине гасне смеше када се она мућка са живом.

5) Ако предпоставите да је узорак NgF_2 могао да буде запрљан са SiF_4 и O_2F_2 , какав састав тај узорак може да има, па да је *Grosse* добио вредност која се очекује за количину флуора? Под условим разградње NgF_2 и O_2F_2 се распада на елементе.

Удео NgF_2 у узорку може износити од _____% до _____%

Удео O_2F_2 у узорку може износити од _____% до _____%

Удео SiF_4 у узорку може износити од _____% до _____%

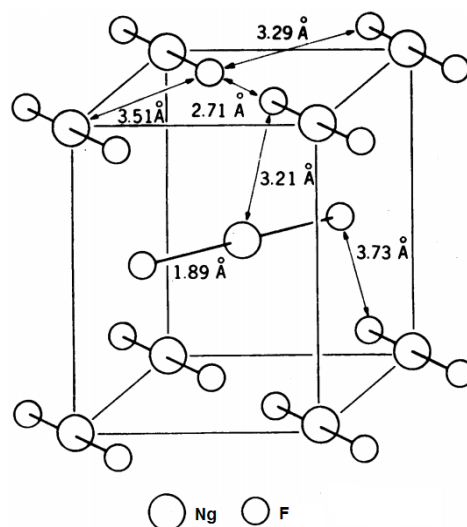
6) Докажите да не може да постоји узорак NgF_2 онечишћен са SiF_4 и O_2F_2 који би дао добру вредност за количину Ng у узорку.

7) NgF_2 је веома јак оксиданс и у реакцији са металним златом на собној температури даје једињење $[\text{NgF}][\text{AuF}_n]$, а које благим загревањем даје AuF_{n-1} .

У ком оксидационом стању се налази злато у добијеном флуориду ако је максимално искоришћење флуора из NgF_2 71,42% (молских)?

Оксидационо стање злата: _____

8) Група америчких истраживача је 1972. године успешно извршила прву потпуну кристалографску анализу монокристала NgF_2 добијених на -80°C . Јединична ћелија NgF_2 , која представља квадар са две једнаке ивице, десно је приказана са извесним интератомским растојањима.



Колико износи густина кристала NgF_2 на овој температури? ($1 \text{ \AA} = 0,10 \text{ nm}$)

Густина кристала NgF_2 износи _____ g/cm^3

9) Синтеза NgF_2 је могућа и при озрачивању смеше Ng и флуора на ниским температурама. Принос фотохемијске синтезе јако зависи од температуре и таласне

дужине употребљеног зрачења. Ако знате да су укупне јачине веза у молекулима NgF_2 и F_2 редом 96 и 155 kJ/mol, односно прва енергија јонизације Ng 1351 kJ/mol, предложите механизам настајања NgF_2 под условима фотохемијске синтезе.

Задатак 6

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7,5%
3	3	3	3	4	4	20

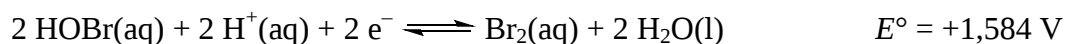
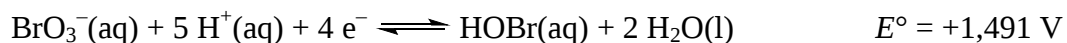
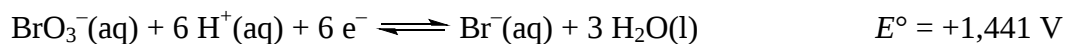
Шетање електрона

За решавање овог задатка користите следеће податке:



$$\Delta_f G^\circ(\text{NH}_3(\text{aq})) = -26,6 \text{ kJ/mol}$$

$$\Delta_f G^\circ(\text{Ag}(\text{NH}_3)_2^+(\text{aq})) = -17,1 \text{ kJ/mol}$$



1. Израчунати $\Delta_f G^\circ(\text{Ag}^+(\text{aq}))$.

$$\Delta_f G^\circ(\text{Ag}^+(\text{aq})) = \text{_____ kJ/mol}$$

2. Израчунати константу нестабилности комплекса диаминсребро(I) на 25 °C. Ако нисте одговорили на претходно питање можете користити $\Delta_f G^\circ(\text{Ag}^+(\text{aq})) = +112 \text{ kJ/mol}$.



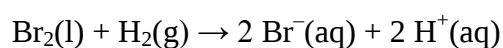
3. Израчунати производ растворљивости сребро-бромида на 25 °C.

$$K_{\text{sp}}(\text{AgBr}) = \underline{\hspace{2cm}}$$

4. Израчунати растворљивост сребро-бромида R (у М) у 0,100 М раствору амонијака на 25 °C. Ако нисте одговорили на питање **2.** можете користити $K_{\text{nc}} = 3,1 \cdot 10^{-5}$. Ако нисте одговорили на питање **3.** можете користити $K_{\text{sp}} = 7,6 \cdot 10^{-15}$.

$$R(\text{AgBr}) = \text{_____ M}$$

5. Састављен је галвански елемент са стандардном водоничном електродом као анодом за који је укупна једначина реакције:



Раствор јона сребра докапаван је у катодни део док се сребро-бромид није кренуо таложити. У том тренутку је $[\text{Ag}^+] = 0,0600 \text{ M}$, а волтметар показује вредност од $+1,721 \text{ V}$. Израчунати стандардни ћелијски потенцијал овог галванског елемента. Можете користити $\frac{RT}{F} \cdot 2,303 = 59,2 \text{ mV}$.

$$E^\circ = \text{_____ V}$$

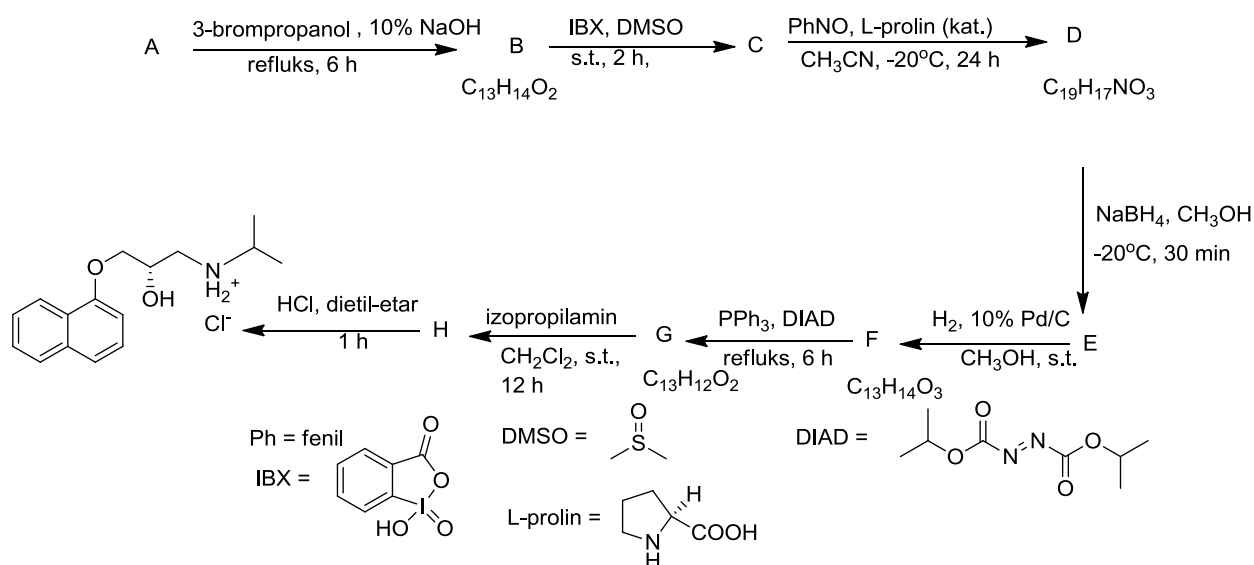
6. Израчунати растворљивост брома у води као $[\text{Br}_2(\text{aq})]$ на 25°C . Ако нисте одговорили на претходно питање можете користити $E^\circ = +0,941 \text{ V}$.

Задатак 7

1.	2.	3.	4.	7,5%
32	3	12	3	50

Синтеза два антихипертензивна лека

Пропранолол-хидрохлорид спада у бета-блокаторе, односно антагонисте β -адренергичких рецептора. Између осталог, примењује се за третман високог крвног притиска и неправилног рада срца. Једна синтеза пропранолол-хидрохлорида је приказана доле.



L-Пролин се користи као хирални катализатор, тако да се добија производ D високе оптичке чистоће. Трансформација F у G дешава се уз ретенцију конфигурације. Једињење A се не раствара у води, али се раствара у 10% натријум-хидроксиду.

1. Напишите структуре једињења A–H. Назначите клинастим формулама конфигурацију асиметричних угљеникових атома.

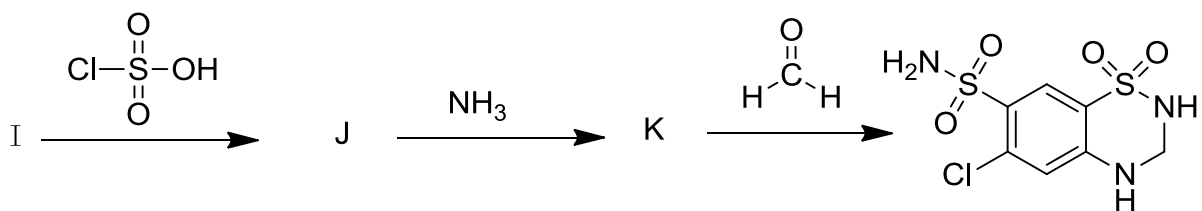
A =	B =
-----	-----

C =	D =
E =	F =
G =	H =

2. Одредите апсолутну конфигурацију пропранолол-хидрохлорида.

--

Хидрохлоротиазид је диуретик, који се користи за снижавање крвног притиска и уклањање отока. Његова синтеза је приказана доле.



У протонским NMR спектрима једињења J и K јављају се два сигнала који потичу од ароматичних протона.

3. Напишите структуре једињења I–K.

I =	J =
K =	

На рН изнад 9,2 хидрохлортиазид се јавља у виду дианјона.

4. Напишите структуру овог дианјона.



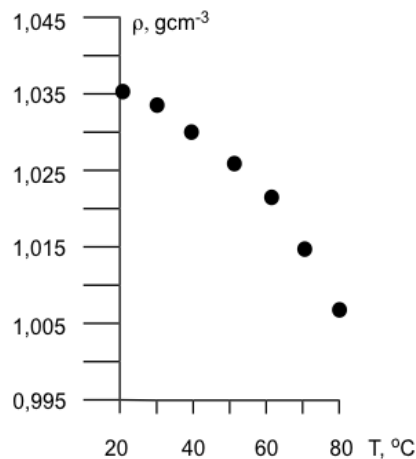
Задатак 8

Хемија, слатка као шећер

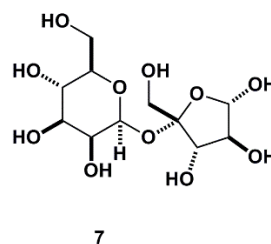
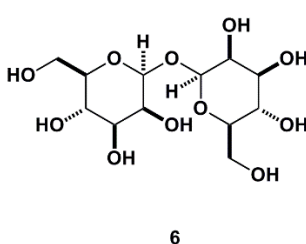
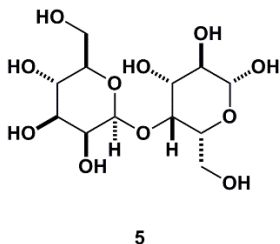
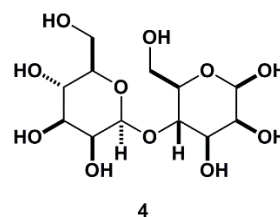
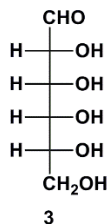
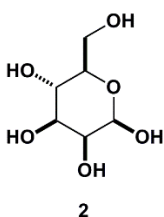
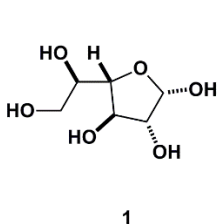
а) 5	б) 2,5	в) 2	г) 5	д) 5	ђ) 6	е) 3	ж) 3	з) 2	и) 3	ј) 2	Укупно/38,5

Ендосперм семена палме *Phytelephas macrocarpa* (“слоновска биљка великог плода”) има текстуру која потсећа на слоновачу (“биљна слоновача”) и садржи значајну количину полисахарида манана А и Б. Захваљујући овоме, биљна слоновача се може искористити као извор оптички активног једињења X (користи се при лечењу упале бешике изазване бактеријом *Escherichia coli*). Када се једињење X редукује помоћу NaBH_4 , добија се једињење W које је такође оптички активно.

Растварањем једињења X у води добија се раствор који садржи 9,25 пута већу масу воде него почетно одмереног једињења X, и чија запремина на температури од $70\text{ }^\circ\text{C}$ износи 182 cm^3 , а мрзне на $-1,12\text{ }^\circ\text{C}$. Промена густине поменутог воденог раствора једињења X са температуром дата је на графику десно.



а) Која од доле датих формула (1-7) одговара једињењу X (заокружите тачан одговор)?

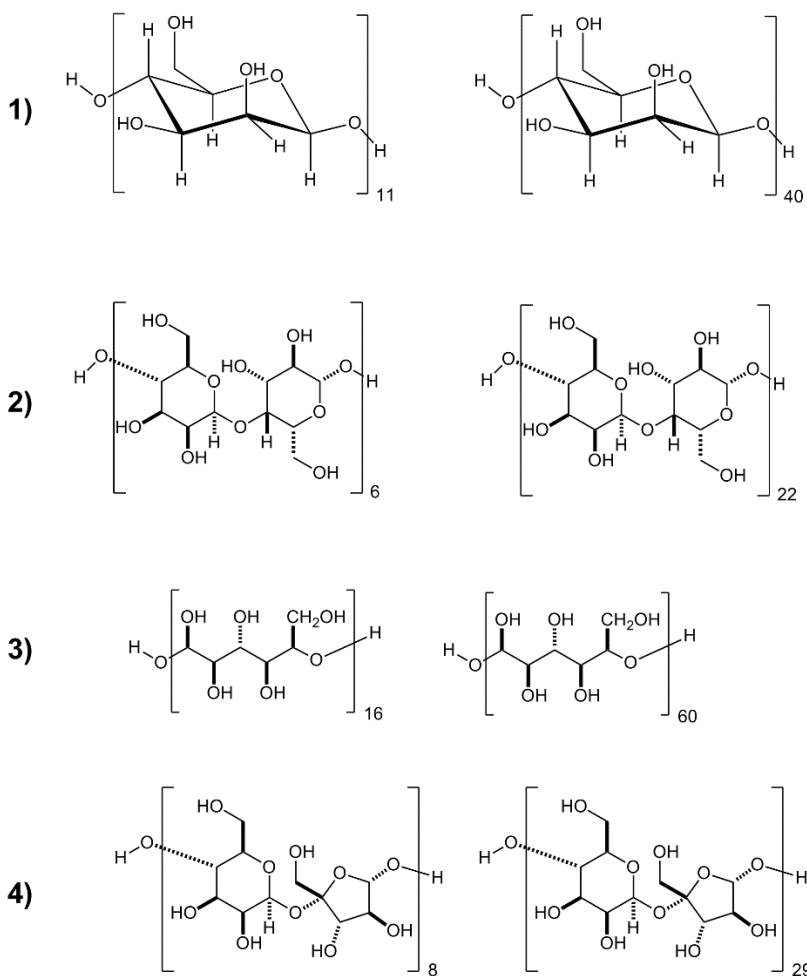


б) Обележите све хиралне центре у молекулу једињења X и одредите њихову конфигурацију.

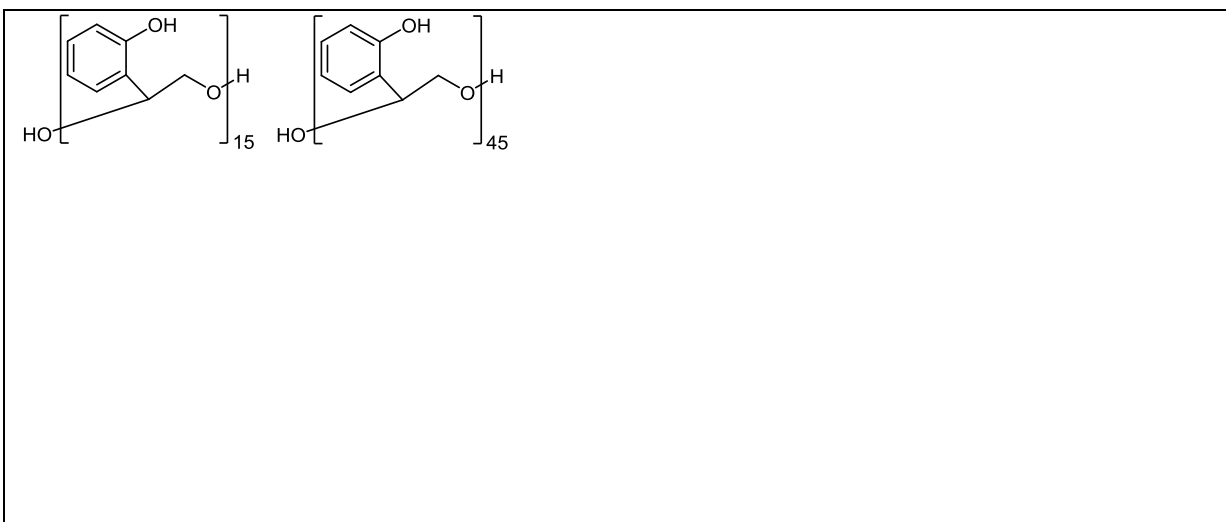
в) Напишите структуру једињења који настаје редукијом једињења X помоћу NaBH_4 .

За добијање неке количине манана А, било је потребно 10 g биљне слоноваче (успешно су изоловане 2/3 полисахарида присутног у узорку). За добијање еквимоларне количине манана Б је било неопходно искористити 72,8 g еквивалентног узорка биљне слоноваче (изоловано је 60% полисахарида присутног у узорку). Хидролизом поменутог узорка манана Б добијен је 3,6 пута концентрованији (сведено на једнаку запремину) раствор X него у случају хидролизе одговарајућег узорка манана А. Хидролизом 65,5 g биљне слоноваче, могло би се добити 45,8 g једињења X. Претпоставите да су манан А и Б једини извори једињења X, као и да је X једини производ који настаје хидролизом ових полисахарида.

г) Који од доле датих парова структура би могао да одговара мананима А и Б?



д) Колико износе масени удели манана А и Б у анализираном узорку биљне слоноваче? Уколико нисте решили задатак под г), узмите да су структуре манана А и Б следеће:



Према једном од поступка за добијање једињења X из биљне слоноваче, она се најпре кува у току 100 сати са 6% хлороводоничном киселином ($\rho=1,05 \text{ gcm}^{-3}$). Након пажљиве неутрализације натријум-хидроксидом, и обезбојавања помоћу активног угља, у резултујућу смешу се додаје фенилхидразин у 25% сирћетној киселини, након чега почиње да пада талог једињења Y (29,6% O), који се пречишћава прекристализацијом. Добијени кристали (светложуте плочице) се затим загревају два сата са смешом бензалдехида, воде и етанола, што доводи до формирања кристала једињења Z (растворљивост једињења Z у овој смеси вода/етанол је нижа од оне за једињење Y). Након завршене реакције, кристали Z се одвајају цеђењем, а матични луг уконцентрује у сируп из кога након стајања кристалише чисто једињење X. Када се водени раствор једињења X рефлуктује (загрева тако да кључа) у присуству вишка фенилхидразина, а након тога овај раствор охлади, долази до издвајања игличастих жутих кристала једињења Q (17,9% O). Једињење Q настаје и када се раствор глукозе подвргне истом третману. Поред једињења Q, у овој реакцији настају и амонијак и анилин.

ђ) Напишите структурне формуле једињења Y, Z и Q.

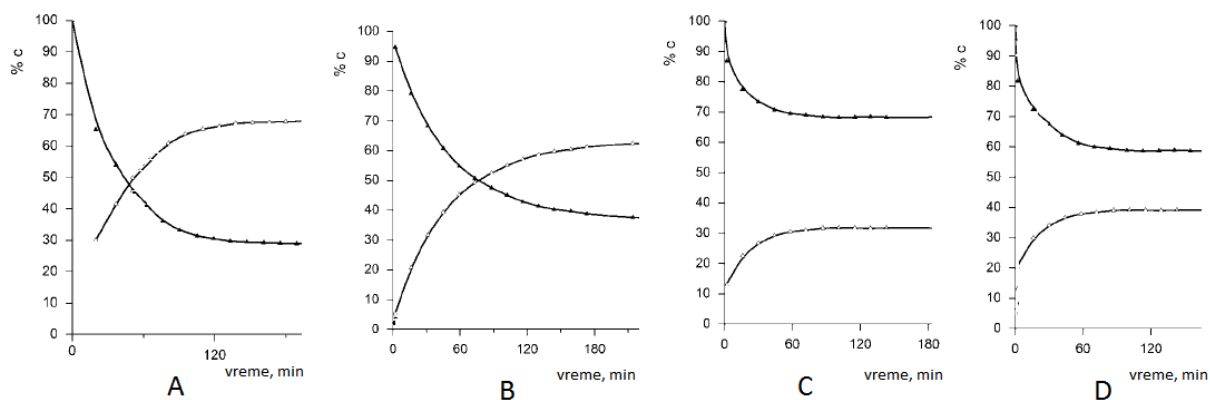
е) Напишите механизам настајања једињења Y.

ж) Напишите сређену једначину настајања једињења Q из једињења X.

з) Која запремина концентроване (12,4 M) хлороводоничне киселине је потребна да би се добило 250 ml разблажене киселине погодне за добијање једињења X из биљне слоноваче? Колико укупно молекула воде садржи дати разблажени раствор?

Када се кристали чистог једињења X растворе у води, добија се раствор за који оптичка ротација под одређеним условима износи α_1 . Са временом долази до промене оптичке ротације овог раствора, све док њена вредност не постане α_2 , након чега се она даље не мења. Коначни раствор садржи поред једињења X и његов изомер X_1 (разликују се само по конфигурацији једног хиралног центра).

и) Који од доле датих графика (приказују промену састава раствора са временом) одговара горе описаном процесу? Одговор поткрепите одговарајућим прорачуном. За реакцију изомеризације X_1 у X (на 25°C), $\Delta H = +1900 \text{ J mol}^{-1}$, а $\Delta S = -0,5 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$. C% - процентуална концентрација



ј) Напишите структурну формулу једињења X_1 .