



Мих. в. Михайлович
Белград, 1953

Београд, 13. јун 2024.

Физичке константе

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

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

Нормални услови: притисак, $P = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, 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, $P_{\text{atm}} = 1,01325 \cdot 10^5 \text{ Pa} = 760 \text{ mmHg} = 760 \text{ Torr}$

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

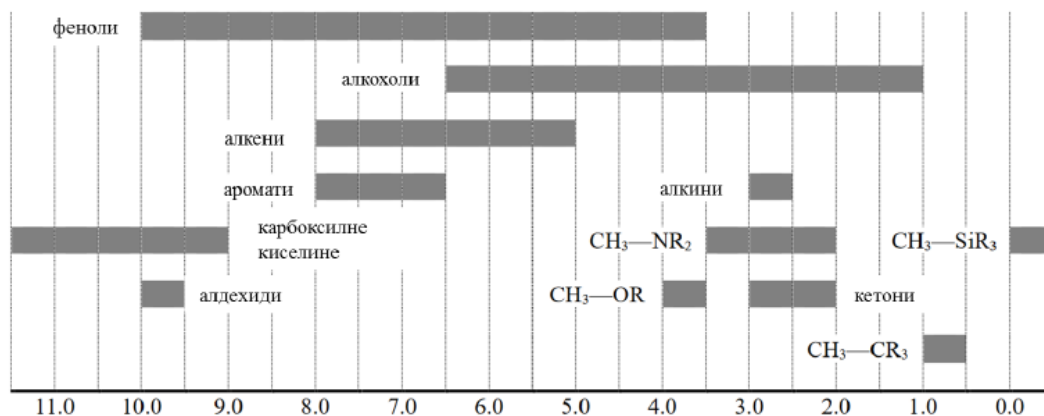
Интеграљени облик кинетичке једначине за реакције првог реда:

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

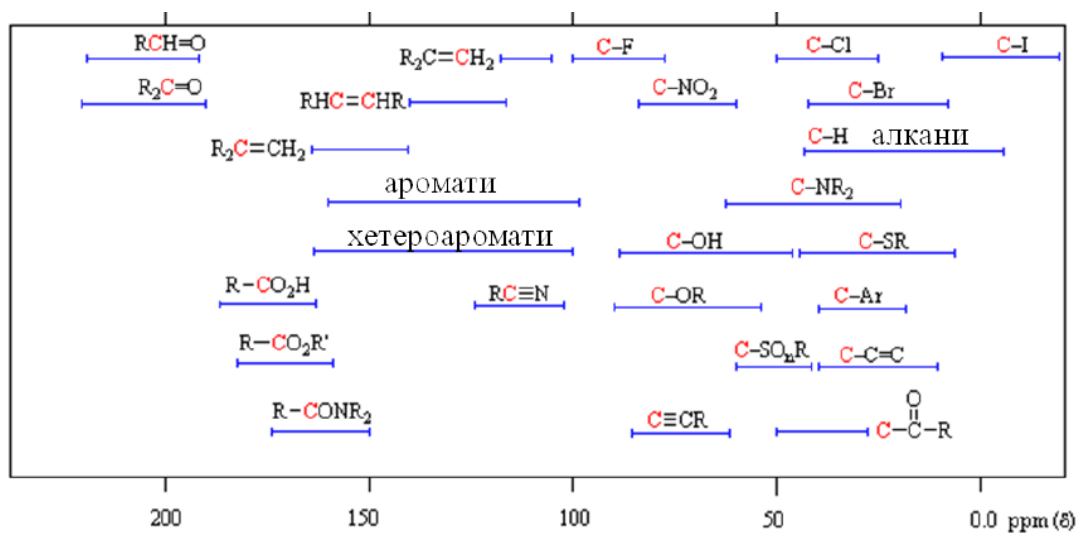
$[A]$ – концентрација реактанта А после времена t ,
 $[A]_0$ – почетна концентрација реактанта А,
 k – константа брзине реакције.

Промена ентропије: $\Delta S = \frac{q_{\text{rev}}}{T}$, где је q_{rev} топлота реверзибилног процеса.

Типични опсези хемијских померања протона у ^1H NMR спектрима



Типични опсези хемијских померања угљеникових језгара у ^{13}C NMR спектрима



1																	2	
1 1,00794 H 0,28																	2 4,00260 He 1,40	
2	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
3	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
4	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
5	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
6	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
7	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 →

← Атомска маса

← Симбол елемента

← Ковалентни полупречник, Å

Атомски број → 1
 ← 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

Практични задатак 1.

Укупно 13,5 % поена, сваки јон по 0,75

Неорганска квалитативна анализа

Овај задатак ћете радити на почетку практичног дела такмичења. Израда траје 90 минута. По истеку времена израде предајете решење и прелазите на израду друга два задатка. У овој вежби ћете доказати природу девет неорганских једињења користећи ограничен избор реагенса. У обзир долазе катјони: Ag^+ , Pb^{2+} , Hg^{2+} , Cu^{2+} , Sn^{2+} , Fe^{3+} , Al^{3+} , Zn^{2+} , Mn^{2+} , Co^{2+} , Ni^{2+} , Ca^{2+} , Ba^{2+} , Mg^{2+} , NH_4^+ и K^+ , а од анјона: Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , CH_3COO^- , HSO_4^- , I^- , OH^- , O^{2-} . Свако једињење садржи један катјон и један анјон. На располагању су вам све хемикалије који се налазе на радном месту.

Решење

1 = _____

2 = _____

3 = _____

4 = _____

5 = _____

6 = _____

7 = _____

8 = _____

9 = _____

титрација	1.	2.	3.	4.	5.	13,5 %
25+45	5	5	5	5	5+5	100

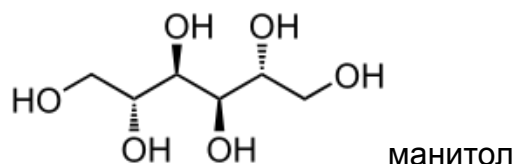
Практични задатак 2

Боракс

У овом задатку одређиваћете ацидиметријски садржај бора у узорку који садржи боракс и неке базне нечистоће.

ПРИНЦИП

Борна киселина је слаба киселина која реагује неутрално на метил-оранж, али је кисела на фенолфталеин. Може се квантитативно титровати у присуству полихидроксилних органских једињења, као што је манитол. Присутне базне нечистоће се прво неутралишу у присуству метил-оранжа, а ослобођена борна киселина се титрује раствором калијум-хидроксида користећи фенолфталеин као индикатор.



РЕАГЕНСИ И МАТЕРИЈАЛИ

Манитол, 12 епендорфа са по око 0,5 g

Раствор метил-оранжа (индикатор)

Раствор фенолфталеина (индикатор)

Стандардни раствор калијум-хидроксида, 0,1000 M

Стандардни раствор сумпорне киселине, 0,0500 M

Узорак за анализу масе _____g који садржи боракс (епендорф)

Две бирете од 25 cm³

Две чашице

Три ерленмајера

Гумена пропипета

Пипета од 20 cm³

Нормални суд од 100 cm³

Два мала левка

Стативи са клеамаа

Шприц-боца са дестилованом водом

ПОСТУПАК

Узорак за анализу квантитативно пренети у нормални суд од 100 cm^3 . Растворити узорак у дестилованој води, енергично мућкајући и постепено додајући воду. Када се целокупан узорак растворио, допунити нормални суд до црте и добро промућкати.

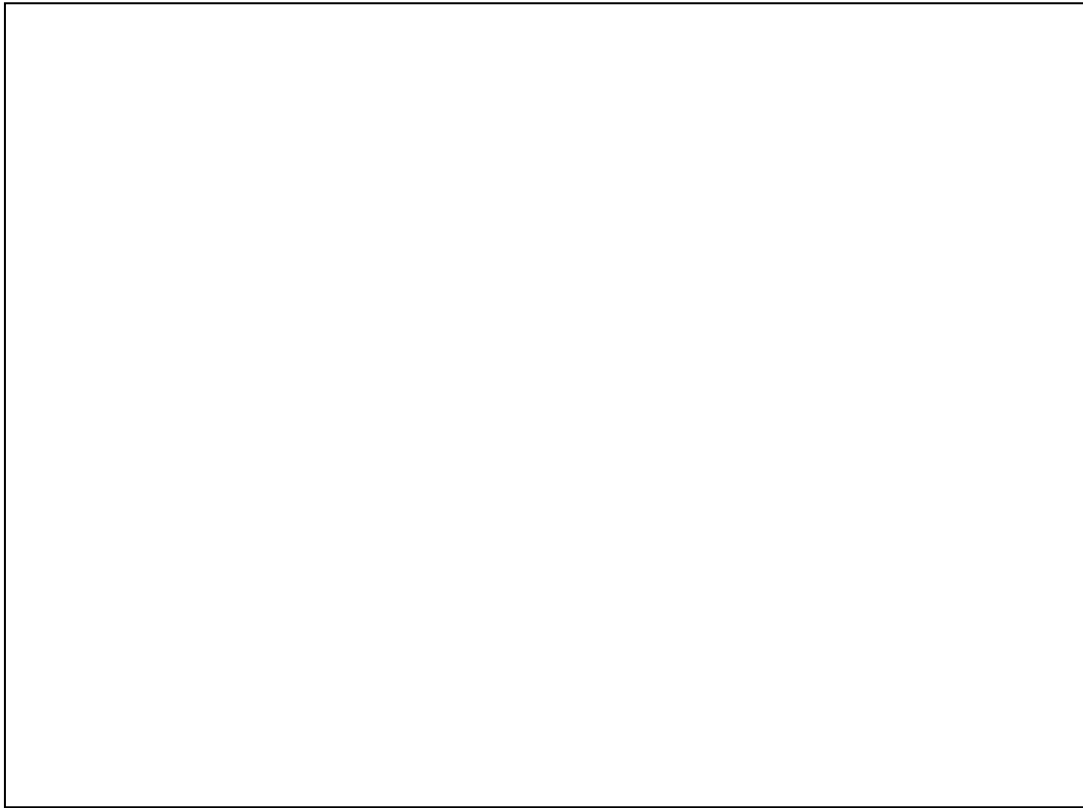
Одмерити три пробе од по $20,0\text{ cm}^3$ помоћу пипете у ерленмајере (део раствора прво прелијте у чашицу, па одатле пипетирајте).

Додати две капи раствора метил-оранжа, па титровати $0,0500\text{ M}$ раствором сумпорне киселине до промене боје. Забележите вредност утрошене запремине киселине. Додати две капи раствора фенолфталеина и титровати раствором калијум-хидроксида до промене боје. Додати око $0,5\text{ g}$ манитола, па промућкати до растварања. Ако розе боја нестане, наставити титрацију док се поново не уочава стабилна розе боја. Поново додати око $0,5\text{ g}$ манитола и титровати до розе завршне тачке. Наставити овај процес док додавање манитола не престане да мења розе боју раствора. Забележити запремину утрошеног хидроксида.

Унесите вредности утрошених запремина у cm^3 у табелу доле.

проба	Запремина утрошене сумпорне киселине	Запремина утрошеног калијум-хидроксида
1		
2		
3		

1. Ако знате да у присуству манитола борна киселина реагује као монопротична киселина, израчунајте садржај бора (у масеним процентима) у узорку који сте добили за анализу.



2. Из ког од наведених разлога није могуће титровати борну киселину без додатка манитола?

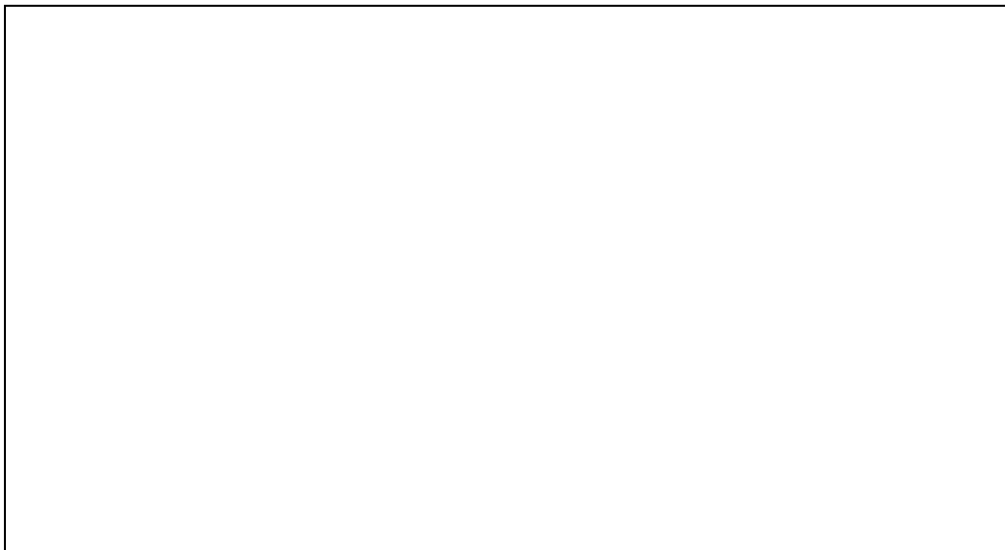
а) Борна киселина је веома слаба, па се увек троши више хидроксида услед друге две константе дисоцијације.

б) Завршна тачка титрације није оштра (боја индикатора се споро мења), па ју је тешко уочити.

в) Приликом титрације хидроксидом настали боратни пуфер хемијски реагује са делом индикатора, па је грешка титрације велика.

г) Борна киселина се полимеризује у раствору и приликом титрације јављају се губици услед таложења ових поликиселина.

3. Ако знате да манитол гради комплексе са борном киселином, приказати структуру могућег комплекса који објашњава могућност да се она титрује раствором хидроксида (приликом приказивања структура користити 1,2-етандиол уместо манитола, ради лакоће цртања).



4. Титрација борне киселине хидроксидом се може извести и у присуству којих од наведених једињења?

а) глюкоза, б) глицерол, в) пропилен-гликол (1,2-пропандиол), г) катехол (1,2-бензендиол), д) фруктоза

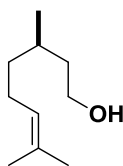
5. Боракс је кристалохидратна со тетраборне киселине молекулске формуле $\text{Na}_2\text{H}_{20}\text{B}_4\text{O}_{17}$. Напишите једначину реакције боракса са сумпорном киселином. На основу стехиометрије реакције напишите могућу структурну формулу ове соли.



Задатак 3: идентификација састојака етарских уља

1.	2.	3.	4.	5.	Σ 13 %
24	24	12	6	8	74

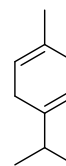
Пред вама је шест узорака органских једињења која су чести састојци етарских уља. Узорци се налазе у епендорфима (малим пластичним посудама) обележеним ознакама А-Љ. Структуре ових шест једињења су дате на следећој схеми. Ваш задатак је да пратећи овде дата упутства одредите идентитет сваког узорка.



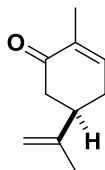
(+)-цитронелол



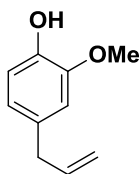
еукалиптол



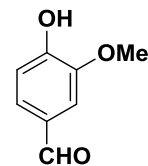
γ -терпинен



(-)-карвон



еугенол



ванилин

Сви узорци представљају чиста једињења (око пола грама по узорку), пет узорака је течно, а један узорак је у чврстом стању. **Строго је забрањено пробати или мирисати супстанце!**

Посуђе	Хемикалије
Сталак за епрувете	Водени раствор KMnO_4 (0,13%)
Епрувете (24 ком.)	Водени раствор FeCl_3 (1%)
Пипете, стаклене (7 ком.)	2% раствор 2,4-динитрофенилхидразина (2,4-ДНФХ) у 4%-ом раствору H_2SO_4
Пипете, пластичне (2 ком.)	28% раствор цер(IV)-амонијум-нитрата (ЦАН) у 2 М раствору HNO_3
Пластична кашичица	Етанол (96%)
	Ацетонитрил
	Дестилована вода
	Узорци А-Љ (у епендорфима)

- Изведите све доле описане реакције за сваки од узорака **А-Љ**. У следећој табели означите резултат сваког теста са + за позитиван тест и – за негативан тест. Поступци за извођење ових тестова су на крају овог задатка.

	А	Б	В	Г	Д	Ђ
Тест са KMnO_4						
Тест са ЦАН						
Тест са 2,4-ДНФХ						
Тест са FeCl_3						

2. Идентификујте једињења **А-Ђ** и упишите њихове структуре у следећу табелу:

А	Б	В
Г	Д	Ђ

3. За тестове **2, 3 и 4** (види „Поступци за извођење тестова“, на крају задатка) напишите реакцију са неким од једињења **А-Ђ** које даје позитиван тест.

Позитивна реакција у тесту 2 :
Позитивна реакција у тесту 3 :
Позитивна реакција у тесту 4 :

4. Које једињење/која једињења би било могуће идентификовати помоћу полариметра?
Нацртајте структуре ових једињења.

5. За која једињења очекујете да се растварају у воденом раствору натријум-хидроксида?
Напишите реакције растварања ових једињења.

Поступци за извођење тестова

1. Тест са цер(IV)-амонијум-нитратом (ЦАН)

Помоћу **стаклене** пастерове пипете у епрувету ставите две капи Ce(IV) реагенса, затим додајте две капи ацетонитрила (**обавезно стакленом пипетом**) и две капи једињења које тестирате¹. Промућкајте садржај епрувете. Позитиван тест (промена боје из жуте у наранџастоцрвену) дају и **алкохоли** и **феноли**. У случају **алкохола** боја комплекса нестаје након неколико минута.

2. Тест са 2,4-динитрофенилхидразином (2,4-ДНФХ)

У епрувету сипајте 1 cm^3 етанола, додајте **стакленом** пастеровом пипетом **само 1 кап** тестираног једињења¹, а затим додајте још 1 cm^3 раствора 2,4-ДНФХ-а. Промућкајте епрувету и оставите да одстоји 1-2 минута. Позитиван тест је формирање жутог или наранџастоцрвеног талога.

3. Тест са KMnO_4

У епрувету сипајте 1 cm^3 етанола, и **стакленом** пастеровом пипетом додајте једну кап тестираног једињења¹. Затим додајте једну кап раствора KMnO_4 и промућкајте епрувету. Позитивна реакција у овом тесту је нестанак боје перманганата након мућкања.

4. Тест са гвожђе(III)-хлоридом

У епрувету сипајте 1 cm^3 етанола, и **стакленом** пастеровом пипетом додајте једну кап тестираног једињења¹. Затим додајте три капи раствора FeCl_3 . Промена обојења представља позитивну реакцију и карактеристична је за **феноле** и **еноле**.

¹ Ако је једињење у кристалном облику, додајте узорак на врх кашичице.