

LVI НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА  
ПО ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

*Национален кръг, 16-17 март 2024 год.*

*Група V*

# ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

## ТЕОРИЯ

### Задача 1

Изворната вода често съдържа соли на желязо(II) или манган(II), които са причина за образуване на цветни утайки, когато водата престоива продължително време на въздух. За изследване на тези процеси е проведено моделно окисление на  $\text{Fe}^{2+}$  йони в среда на карбонатен буфер. Кинетиката на реакцията е проследена чрез определяне на масата на утайката ( $m_{\text{утайка}}$ ), която се образува в моделния разтвор след определено време престояване на разтвора на въздух в отворен съд при 25 °С. Условиата на кинетичния експеримент са следните:

- Обемът на разтвора е 1 L.
- Началната концентрация на  $\text{Fe}^{2+}$  йони,  $c_0(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}$ , е  $6,00 \times 10^{-4} \text{ mol L}^{-1}$ .
- По време на експеримента обемът на разтвора, неговото рН, съставът на утайката и други съществени параметри остават или се запазват непроменени.

Резултатите от кинетичното изследване са представени в първите два реда на таблицата.

$t$ , дни	0	1	2	3	4	25
$m_{\text{утайка}}$ , mg	0	35,6	57,9	71,8	80,5	95,0
$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{реагирани}}/10^{-4}$ , mol						
$c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}/10^{-4}$ , mol L <sup>-1</sup>						
$\ln c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}$						

1. Като приемете, че за 25 дни се окислява и утаява практически цялото количество  $\text{Fe}^{2+}$  йони в моделния разтвор, изчислете и попълнете стойностите на величините в празните редове на таблицата.
2. Покажете графично на предоставената ви милиметрова хартия, че изследваната реакция е от първи порядък по отношение на  $\text{Fe}^{2+}$ .
3. Кое е вярното твърдение за стойността на скоростната константа  $k'$  на изследваната реакция?
  - а)  $k'$  се изчислява от наклона (ъгловия коефициент)<sup>1</sup> на правата линия;
  - б)  $k'$  се изчислява от отреза<sup>2</sup> на правата линия от ординатната ос.

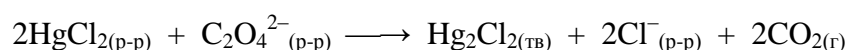
<sup>1</sup>ъглов коефициент – изчислява се като тангенса на ъгъла  $\alpha$ , който правата линия сключва с абсцисната ос, като се използват координатите на две произволни точки от правата линия:  $\text{tg } \alpha = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ .

<sup>2</sup>това е ординатата на точката от правата линия, за която стойността на абсцисата е 0.

Изчислете привидната скоростна константа на реакцията  $k'$  от графиката и означете мерната ѝ единица. Запишете кинетичното уравнение на изследваната реакция.

4. Ще се промени ли кинетичното уравнение, ако реакцията се проведе в затворен контейнер? Защо и как?
5. Предположете какъв може да е химичният състав на образуваната утайка? (не се изискват изчисления)

Подобен на горния подход е приложен за кинетично изследване на реакцията, представена с уравнението:



Скоростта на реакцията е измерена чрез скоростта на образуване на утайката  $\text{Hg}_2\text{Cl}_2(\text{тв})$  и получените данни са представени в таблицата по-долу, в която:  $c_0(\text{HgCl}_2)$  и  $c_0(\text{C}_2\text{O}_4^{2-})$  са началните молни концентрации на съответните реагенти в реакционната смес, а  $v_0$  е измерената начална скорост на реакцията.

№ експ.	$c_0(\text{HgCl}_2), \text{mol L}^{-1}$	$c_0(\text{C}_2\text{O}_4^{2-}), \text{mol L}^{-1}$	$v_0, \text{mol L}^{-1} \text{s}^{-1}$
1	0,0200	0,0200	$6,24 \times 10^{-8}$
2	0,0480	0,0200	$1,50 \times 10^{-7}$
3	0,0200	0,0330	$1,70 \times 10^{-7}$
4	0,0750	0,0330	$6,37 \times 10^{-7}$

6. Определете частните порядъци на реакцията по отношение на двете реагиращи вещества.

Полезна информация: Интегрално кинетично уравнение на реакция от първи порядък:

$$\ln c_t = -k \times t + \ln c_0$$

$c_0$  – начална молна концентрация на реагент

$c_t$  – молна концентрация на реагент в момента  $t$

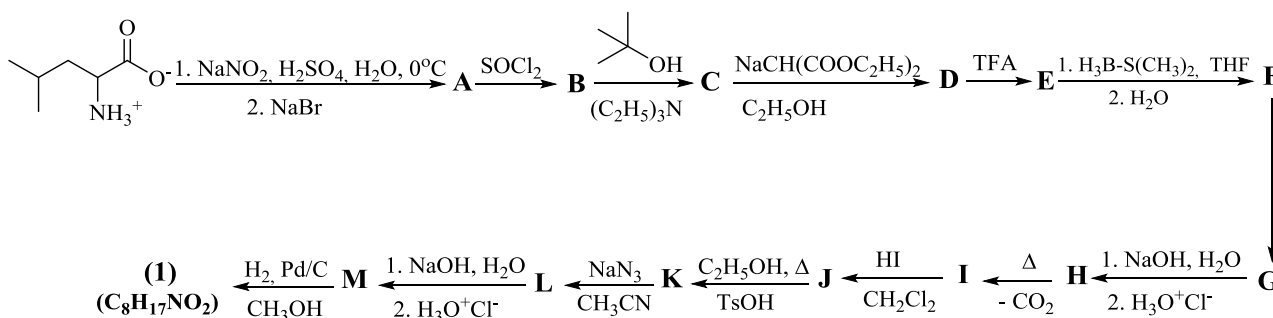
$t$  – реакционно време

$k$  – скоростна константа на реакцията

## Задача 2

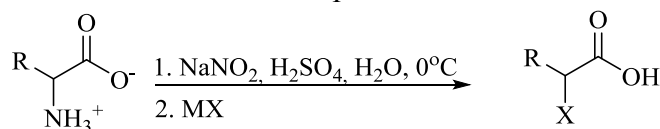
*Pregabalin*, съединение (1), е сред най-продаваните лекарствени препарати за лечение на епилепсия.

На схемата е представен един от методите за синтез на (1):



За реакциите и реагентите от схемите е известно, че:

- Съединенията **A** – **M** и продуктът (1) са органични.
- $\alpha$ -Аминокарбоксилните киселини се превръщат в  $\alpha$ -халогенкарбоксилни киселини по описаната последователност от реакции:



(MX = NaCl, NaBr, KCl, KBr)

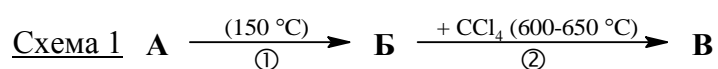
- Преходът **B**  $\rightarrow$  **C** протича в присъствие на еквимоларно количество от триетиламин, използван като база.
- TFA (*трифлуорооцетна киселина*) – използва се за превръщане на запрещени естери в карбоксилни киселини (реакция на ацидолиза).
- Реагентът  $\text{H}_3\text{B-S}(\text{CH}_3)_2$  се използва за редукция на алдехиди, кетони, карбоксилни киселини до съответните алкохоли.

- THF (*тетрахидрофуран*), CH<sub>3</sub>CN, CH<sub>2</sub>Cl<sub>2</sub>, CH<sub>3</sub>OH са разтворители.
- Преходът **F** → **G** е вътрешномолекулен процес, който протича спонтанно.
- Преходът **G** → **H** се извършва с излишък от NaOH.
- Преходът **J** → **K** протича в среда от етанол, а TsOH е *p*-толуенсулфонова киселина
- Pd/C е катализатор, който се използва в реакции на хидрогениране.

- 1 Напишете структурната формула на съединение **A**.
- 2 Напишете уравненията за всички останали превръщания от схемата, като използвате структурни формули за съединенията **A** – **M** и за продукта (**1**).
- 3 Като използвате клиноводни формули, напишете енантиомерите на (**1**).

### Задача 3

Безводният червено-виолетов хлорид **B** може да се получи при обезводняване на неговия тъмнозелен кристалохидрат **A** по следната схема:



От 40,00 g **A** се получават 20,80 g **B** с 87,50% добив спрямо стехиометричния.

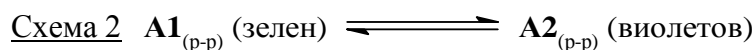
За веществата и преходите от схемата е известна още следната информация:

- **A**, **B** и **B** са съединения на елемент в +III степен на окисление, като **B** е оксид.
- Нито една от реакциите не е окислително-редукционна.
- Продуктите на реакцията от преход ① са общо три.
- При преход ② протичат две успоредни реакции, всяка с по още един продукт, освен **B**. Страничният продукт на всяка от двете реакции е получен от тетрахлорометана след заместване на различен брой хлорни атоми.

При разтваряне на 80,00 g **A** в голямо количество вода е образуван зелен разтвор, чийто цвят се дължи на комплексен йон **A1**, съдържащ се и в структурата на **A**, и съдържащ един комплексообразувател.

Към половината от разтвора е прибавен разтвор на AgNO<sub>3</sub> в излишък. Образувана е бяла утайка с маса 21,52 g, а цветът на разтвора над нея остава непроменен.

Другата половина от разтвора е оставена да престои в затворен съд няколко седмици. Цветът на разтвора се променя на виолетов поради образуване на комплексния йон **A2** с един комплексообразувател (Схема 2). При нагряване разтворът отново става зелен, а при ново престояване – отново виолетов.



Към виолетовия разтвор също е прибавен разтвор на AgNO<sub>3</sub> в излишък. Образувана е бяла утайка с маса 64,55 g, като разтворът над нея също е с непроменен цвят.

- 1 Каква е причината за образуването на утайка с различна маса при взаимодействията на AgNO<sub>3</sub> с разтворите, съдържащи **A1** и **A2**?
- 2 Кой е хлоридът **B**? Кои са веществата **A** и **B**? Обосновете отговора си.
- 3 Изразете с химични уравнения реакцията на преход ① и двете реакции на преход ②.
- 4 Изразете с химично уравнение реакцията от Схема 2, като **A1** и **A2** запишете с химични формули, изразяващи комплексния характер на йоните.
- 5 Напишете **A** с формула, която включва йона **A1**.
- 6 Напишете със съкратена формула електронната конфигурация на металния йон.

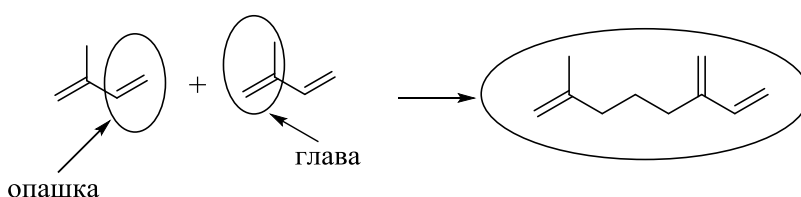
- 7 Напишете структурните формули на пространствените изомери на **A1**. Каква е хибридизацията на валентните атомни орбитали на комплексобразувателя в състава на **A1**?

#### Задача 4

В основата на приятния аромат на етеричните масла, извлечени от растенията, са терпените. Това са природни съединения, изградени от изопренови фрагменти, свързани помежду си в съответствие с изопреновото правило, по схемата „глава към опашка“. Формулата на хомоложния ред на терпените е  $(C_5H_8)_n$ . За работата си върху изопрена (2-метилбут-1,3-диен) и терпените германският химик Otto Wallach от университета в Гьотинген през 1910 г. е удостоен с Нобелова награда.

Мирценът (**M**) е монотерпен (изграден от два изопренови фрагмента) и се съдържа в етерични масла, извлечени от мащерка, лимонена трева и др. Структурата му може да се определи въз основа на следното:

- Съгласно изопреновото правило свързване „глава към опашка“ протича по схемата:



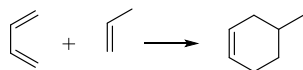
- След взаимодействие на 1 mol **M** с калиев перманганат в кисела среда, при нагряване, се получават два мола  $CO_2$ , един мол ацетон и един мол 2-оксопентандиова киселина.
  - Допълнително потвърждение за структурата формула на мирцен е получено от взаимодействието на 1 mol **M** с озон и следваща обработка на получения озонид с диметилсулфид -  $(CH_3)_2S$  (DMS), при което се получават два мола метанал (мравчен алдехид), един мол ацетон и един мол от съединението **A**. Съединението **A** е изградено от C, H и O, като е установено съдържание на 52,63 % C и 5,30 % H (по маса) и молна маса 114,1 g/mol.
1. Запишете с химични уравнения взаимодействията на **M** с калиев перманганат и озон. Запишете молекулната формула на **A**, структурните формули на 2-оксопентандиова киселина, на **A** и на мирцена. Наименувайте **A** и мирцена по IUPAC.

Допълнителна информация: Озонолизата е метод за контролирано разкъсване на двойна връзка въглерод-въглерод. Всеки от двата атома, образуващи съответната двойна връзка, се трансформира в носител на карбонилна или карбоксилна функционална група. При окислителна обработка ( $NaOH / H_2O_2$ ) се получават карбоксилни киселини и кетони, а при обработка в редуктивна среда ( $Zn / CH_3COOH, (CH_3)_2S$ ) – алдехиди и кетони.

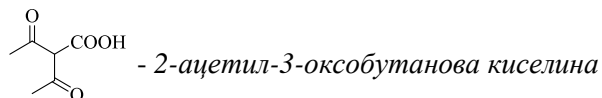
Лимоненът е представител на моноциклените монотерпени. Съдържа се в корите на лимона и цитрусовите плодове. Има аромат на лимон, откъдето идва и наименованието му. Синтетично лимоненът се получава от изопрен при нагряване по реакцията на Дилс-Алдер. В структурата на лимонена има хирален въглероден атом. При озонолиза на 1 mol лимонен и последваща обработка с DMS се получава 3-ацетил-6-оксохептанал и се отделя един мол мравчен алдехид.

2. Напишете **само** структурните формули на всички възможни адукти на взаимодействието на две изопренови молекули в условията на реакцията на Дилс-Алдер. Върху всяка от структурните формули отбележете съответния хирален атом със звездичка. Запишете с химичното уравнение взаимодействието на две изопренови молекули по реакцията на Дилс-Алдер до получаване на лимонен, изписан в уравнението със структурна формула.

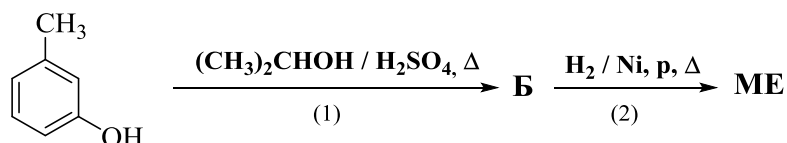
Допълнителна информация: Реакция на Дилс-Алдер е [4+2]-циклоприсъединяване, при което от диен (в *s*-цис конформация) и диенофил (съединение съдържащо двойна връзка) се получава адукт (шестатомен цикъл с една двойна връзка). Например:



За тези, които не са срещали ацетил- и оксо- като заместители, ето ги в следния пример:



При хидриране на лимонен се получава наситеният въглеродород **p-ментан**. Негово хидроксилно производно е ментолът (**ME**) основна съставка на етерично масло от мента. По синтетичен път ментол може да се получи от *m*-крезол в два стадия по схемата:



В първия стадий се получава повече от един продукт. В най-голямо количество се получава **Б**, а останалите се получават като примеси и се отстраняват преди етапа на хидриране.

3. Запишете с химични уравнения взаимодействията от схемата. В уравнение (1) запишете със структурни формули всички продукти на алкилиране на *m*-крезол, като отчетете ориентиращото действие на двата заместителя, и означете продукта **Б**. Ментолът (**ME**) е хирално съединение. В уравнение (2) върху структурната формула на съединението означете със звездичка хиралните въглеродни атоми.

# ПРАКТИКА

(качествен анализ)

## А. Виртуален експеримент

В таблицата са показани четири комбинации (I, II, III и IV) от по три разтвора (А, В и С), като всеки разтвор съдържа две соли:

Разтвор Комбинация	А	В	С
I	$\text{Pb}(\text{NO}_3)_2 + \text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	$\text{ZnSO}_4 + \text{NaBr}$	$\text{MgCO}_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$
II	$\text{CaCl}_2 + \text{KNO}_3$	$\text{MgSO}_4 + (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NaI}$
III	$\text{K}_2\text{SO}_4 + \text{AgNO}_3$	$(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3 + \text{NaCl}$	$\text{ZnCl}_2 + \text{Ba}(\text{NO}_3)_2$
IV	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$	$\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3$	$\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$

Разтворите, които съдържат йони на малко разтворимо съединение, са наситени; другите разтвори са разредени, но с достатъчна концентрация, за да се образуват и средно разтворими утайки (вж. Таблицата за разтворимост).

1. В протокола в *Таблица 1* попълнете за всяка комбинация резултатите от виртуалното смесване на разтворите помежду им, при които има аналитичен белег\*, като го означите чрез символите под таблицата.

**\*Аналитичен белег е получаване и разтваряне на утайка, цвят на утайка или на разтвор и отделяне на характерен газ.**

*Внимание!* Не се смесват разтвори от различни комбинации!

2. Допълнете в *Таблица 1* резултатите от добавяне на натриева основа към 12-те разтвори.

Данните в *Таблица 1* за всяка от 4-те комбинации са обособени в две групи: (i) резултати от взаимодействието на веществата в разтвори А, В и С помежду им, и (ii) резултати от взаимодействието на веществата в разтворите (А, В и С) с натриева основа.

3. Като имате предвид, че утайки с еднакъв цвят са неразличими, в *Таблица 2* на протокола отговорете на следните въпроси:

а) Кои от комбинациите (I, II, III, IV) могат да се открият само от резултати (i)?

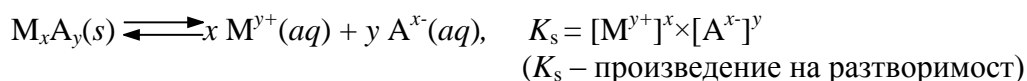
б) • Колко от разтворите във всяка комбинация могат да се открият с резултати (i)?

- Колко разтвори ще се открият допълнително във всяка комбинация, ако се използват и резултати (ii)?

в) С едно от веществата (**X**) в 12-те изходни разтвори може да се различат и 4-те комбинации и да се открие всеки от разтворите в тях. Кое е това вещество **X**? Попълнете в *Таблица 1* от протокола резултата от добавянето на веществото **X** към съответните разтвори.

## Б. Теоретична част

Процесът на разтваряне и утаяване (образуване на твърда фаза утайка), при малко разтворимо съединение с йонна структура може да се изрази чрез равновесието:



Утайка започва да се образува, когато е изпълнено условието:

$$[\text{M}^{y+}]^x [\text{A}^{x-}]^y \geq K_s,$$

където  $[\text{M}^{y+}]$  и  $[\text{A}^{x-}]$  са наличните молни концентрации на съответните йони в разтвора.

Един от 12-те смесени разтвора от 4-те комбинации съдържа йоните  $M^+$  и  $A^{2-}$ , които могат да образуват малко разтворимото съединение  $M_2A$  ( $K_s = 1,6 \times 10^{-5}$ ). Този разтвор е наситен по отношение на  $M^+$  и  $A^{2-}$ , така че утайка  $M_2A$  не се получава. Друг разтвор от същата комбинация съдържа йоните  $B^{2-}$  и  $C^-$ , които могат да образуват с  $M^+$  малко разтворимите съединения  $M_2B$  и  $MC$ .

4. а) Пресметнете минималните концентрации на  $B^{2-}$  и  $C^-$ , при които ще започнат да се образуват утайките  $M_2B$  ( $K_s = 8,2 \times 10^{-12}$ ) и  $MC$  ( $K_s = 1,78 \times 10^{-10}$ ) при тези условия (наситен разтвор на  $M_2A$ ).
- б) Кое от съединенията  $M_2B$  и  $MC$  ще започне да се утаява първо при смесване на разтвора, наситен на  $M_2A$ , и разтвора, съдържащ  $B^{2-}$  и  $C^-$ , ако концентрацията на всеки от йоните  $B^{2-}$  и  $C^-$  е по-висока от 0,010 mol/L?
- в) Кои са веществата  $M_2A$ ,  $M_2B$  и  $MC$ ?

### **V. Реален експеримент**

В четирите епруветки на статива пред вас се съдържат: разтвор на натриева основа (1 mol/L) и на три от дванадесетте разтвора от *Виртуалния експеримент* (вж. А).

5. Като смесвате разтворите помежду им (и използвате червен лакмус):
  - а) запишете в *Таблица 3* в протокола резултатите от смесването, като използвате означенията от *Таблица 1*;
  - б) определете кои са разтворените вещества в 4-те епруветки.
6. Изразете с изравнени химични уравнения всички взаимодействия, при които има аналитичен белег, между веществата в четирите епруветки при смесването им и с веществото X в т. 3в) от *Виртуалния експеримент*.

***Реакции за йони, които не са открити, не се оценяват!***

Протоколът е неразделна част от заданието на практическата част. Той се попълва от участниците с подходяща форма на представеното в примерното решение съдържание, което се оценява.

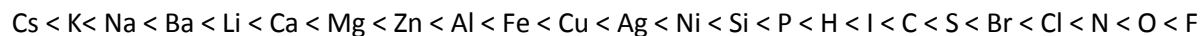


# ПЕРИОДИЧНА ТАБЛИЦА НА ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Период	1	← Група →															18		
	1A											13	14	15	16	17	2		
	1	2											3	4	5	6	7	8	
	H	He											B	C	N	O	F	Ne	
	1,0080	4,0026											10,81	12,011	14,007	15,999	18,998	20,180	
	3	4	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
	Li	Be	IIIБ	IVБ	VБ	VIБ	VIIБ	← VIIIБ →		IB	IIB	26,982	28,085	30,974	32,06	35,45	39,95		
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18			
6,94	9,0122	44,956	47,867	50,942	51,996	54,938	55,845	58,933	58,693	63,546	65,38	69,723	72,630	74,922	78,971	79,904	83,798		
11	12	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
Na	Mg	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
22,990	24,305	39,098	40,078	44,956	47,867	50,942	51,996	54,938	55,845	58,933	58,693	63,546	65,38	69,723	72,630	74,922	78,971	79,904	83,798
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe		
85,468	87,62	88,906	91,224	92,906	95,95	(97)	101,07	102,91	106,42	107,87	112,41	114,82	118,71	121,76	127,60	126,90	131,29		
6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn		
132,91	137,33	138,91	178,49	180,95	183,84	186,21	190,23	192,22	195,08	196,97	200,59	204,38	207,2	208,98	(209)	(210)	(222)		
7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Cn	Nh	Fl	Mc	Lv	Ts	Og		
(223)	(226)	(227)	(267)	(268)	(269)	(270)	(269)	(277)	(281)	(282)	(285)	(286)	(290)	(290)	(293)	(294)	(294)		

лантаноиди	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
	138,906	140,12	140,91	144,24	(145)	150,36	151,96	157,25	158,93	162,50	164,93	167,26	168,93	173,05	174,97
актиноиди	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
	(227)	232,04	231,04	238,03	(237)	(244)	(243)	(247)	(247)	(251)	(252)	(257)	(258)	(259)	(262)

## РЕД НА ЕЛЕКТРООТРИЦАТЕЛНОСТ



## РЕД НА ОТНОСИТЕЛНА АКТИВНОСТ

Li	K	Ba	Ca	Na	Mg	Al	H <sub>2</sub> +2OH <sup>-</sup>	Zn	Fe	Ni	Pb	H <sub>2</sub>	Cu	4OH <sup>-</sup>	Ag	Hg	2H <sub>2</sub> O	2Cl <sup>-</sup>	Au
Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Na <sup>+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	2H <sub>2</sub> O	Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	2H <sup>+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	O <sub>2</sub> +2H <sub>2</sub> O	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	O <sub>2</sub> +4H <sup>+</sup>	Cl <sub>2</sub>	Au <sup>3+</sup>

### Разтворимост във вода на соли, хидроксида и киселини

анион катион	OH <sup>-</sup>	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup>	Br <sup>-</sup>	I <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>
H <sup>+</sup>	X						Г
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Г						Г
Na <sup>+</sup>							
K <sup>+</sup>							
Mg <sup>2+</sup>	MP						MP
Ca <sup>2+</sup>	CP					CP	MP
Ba <sup>2+</sup>						MP	MP
Al <sup>3+</sup>	MP*						BB
Pb <sup>2+</sup>	MP*		CP	CP	MP	MP	MP
Ag <sup>+</sup>	MP <sup>2*</sup>		MP <sup>2*</sup>	MP <sup>2*</sup>	MP	CP	MP
Zn <sup>2+</sup>	MP <sup>3*</sup>						MP

– Разтворимо вещество,

**Р** – Средно разтворимо вещество<sup>&</sup>,

**Р** – Малко разтворимо вещество

**В** – Взаимодействие с вода (хидролиза)

**Г** – Газ

<sup>&</sup> Средно разтворимите утайки обикновено се образуват бавно!

---

еществото е разтворимо: \* в  
алкална основа,  
<sup>2\*</sup> в амоняк,  
<sup>3\*</sup> в алкална основа и в амоняк

# ПРИМЕРНИ ОТГОВОРИ И РЕШЕНИЯ НА ЗАДАЧИТЕ

## ТЕОРИЯ

### Задача 1

1. След като за 25 дни се окислява и утаява практически цялото количество  $\text{Fe}^{2+}$  йони, то:  
 $m_{\text{утайка}}(25 \text{ дни}) = 95,0 \text{ mg}$  съответства на окислението и утаяването на:

$$c_0(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}} = 6,00 \times 10^{-4} \text{ mol/L}$$

Третият ред на таблицата се изчислява по съотношението

$$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{реагирали}}(t) = 6,00 \times 10^{-4} \times m_{\text{утайка}}(t) / m_{\text{утайка}}(25 \text{ дни}),$$

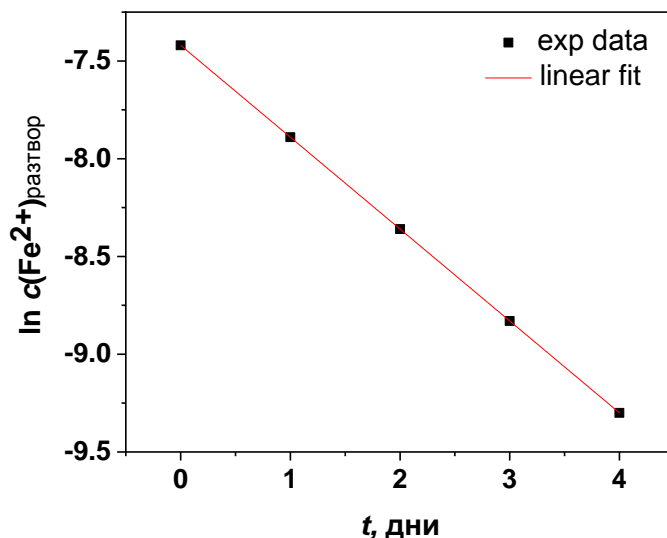
а четвъртият се основава на съотношението

$$c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}(t) = (6,00 \times 10^{-4} - n(\text{Fe}^{2+})_{\text{реагирал}}(t)) / 1\text{L}$$

$t$ , дни	0	1	2	3	4	25
$m_{\text{утайка}}$ , mg	0	35,6	57,9	71,8	80,5	95,0
$n(\text{Fe}^{2+})_{\text{реагирали}}/10^{-4}$ , mol	0	2,25	3,66	4,53	5,08	6,00
$c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}/10^{-4}$ , mol L <sup>-1</sup>	6,00	3,75	2,34	1,47	0,92	0
$\ln c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}$	-7,42	-7,89	-8,36	-8,83	-9,29	-

2. Нека проверим дали получените данни се подчиняват на кинетично уравнение на реакция от първи порядък по отношение на  $\text{Fe}^{2+}$ :

$$\ln c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}} = \ln c_0(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}} - k \times t$$



Зависимостта  $\ln c(\text{Fe}^{2+})_{\text{разтвор}}$  от  $t$  е линейна, следователно кинетичните данни се подчиняват на реакция от първи порядък.

3. Вярното е твърдение а)  
 $\text{tg } \alpha = -0,47, \text{ tg } \alpha = -k \Rightarrow k = 0,47 \text{ ден}^{-1}$  (Допустима грешка – не повече от 5%)

Кинетично уравнение:  $v = k' \times c(\text{Fe}^{2+})$

4. Окислението на желязо(II) става под действие на кислорода във въздуха. Когато контейнерът е отворен, реакцията се извършва при постоянна концентрация на кислород (концентрацията на кислорода във въздуха е постоянна). Всъщност, реакцията се описва с кинетично уравнение от псевдо-първи порядък, като привидната скоростна константа отчита концентрацията на кислорода във въздуха:

$$k' = k \times c^m(\text{O}_2)$$

Ако реакцията се извършва в затворен контейнер, ще се изразходва кислород и кинетичното уравнение ще има вида:

$$v = k \times c(\text{Fe}^{2+}) \times c^m(\text{O}_2)$$

Ясно е, че стойността на  $m$  може да бъде определена експериментално.

5. Например:  $\text{Fe}(\text{OH})_3 \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ; възможно е образуване и на основни карбонати.
6. От експерименти 1 и 2, или 3 и 4, се определя частния порядък на реакцията по отношение на  $\text{HgCl}_2$ :

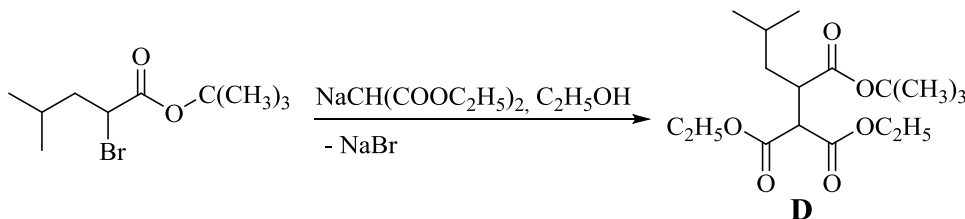
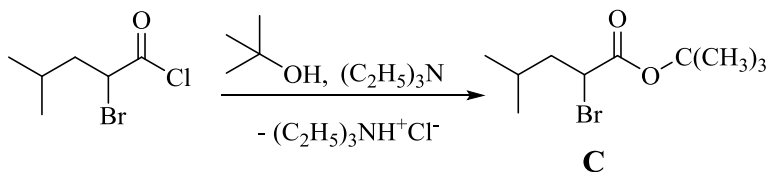
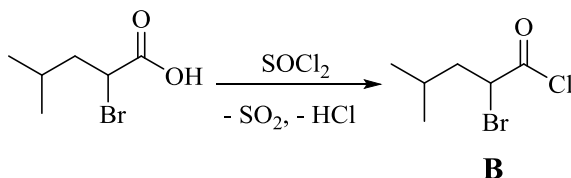
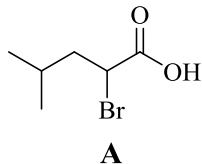
$$\frac{v_2}{v_1} = \frac{1,50 \times 10^{-7}}{6,24 \times 10^{-8}} = \frac{0,0480^a \times 0,0200^b}{0,0200^a \times 0,0200^b} = 2,40; \quad 2,40^a = 2,40 \rightarrow a = 1$$

От експер. 1 и 3 се определя частния порядък на реакцията по отношение на  $\text{C}_2\text{O}_4^{2-}$ :

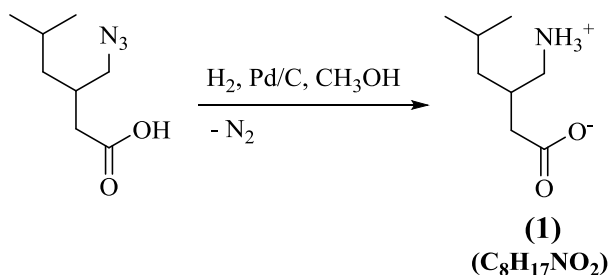
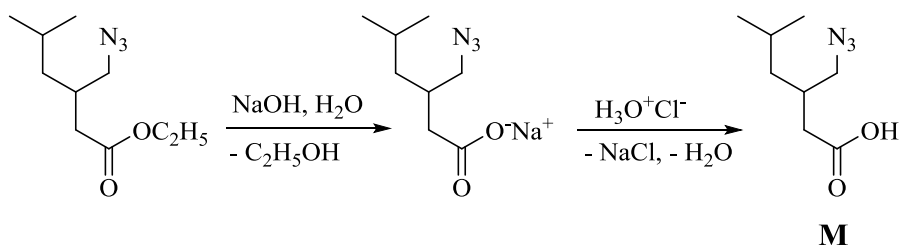
$$\frac{v_3}{v_1} = \frac{1,70 \times 10^{-7}}{6,24 \times 10^{-8}} = \frac{0,0200^a \times 0,0330^b}{0,0200^a \times 0,0200^b} = 2,72; \quad 1,65^b = 2,72, \quad b \times \lg 1,65 = \lg 2,72 \rightarrow b = 2$$

## Задача 2

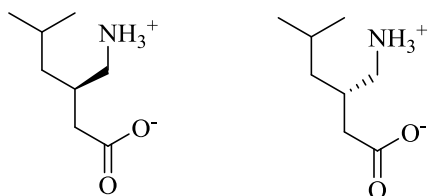
1,2.







3. Енантиомери на (1):



### Задача 3

1. От  $m(\text{AgCl},1)$  и  $m(\text{AgCl},2)$  разбираме, че количеството на свободни  $\text{Cl}^-$  йони в разтвора след престояване нараства трикратно. Това е възможно при преминаване на  $\text{Cl}^-$  от вътрешната координационна сфера във външната координационна сфера. Тъй като става дума за метал(III), във външната координационна сфера на А2 има три хлоридни йона, а в А1 е само един.

$$2. n(\text{AgCl},2) = \frac{64,55 \text{ g}}{143,32 \text{ g/mol}} = 0,4504 \text{ mol}$$

$$\text{Стехиометричният добив на В е } m(\text{В}) = \frac{20,80 \text{ g}}{0,8750} = 23,77 \text{ g}$$

$$m(\text{метал във В}) = 23,77 \text{ g} - 0,4504 \text{ mol} \times 35,45 \text{ g/mol} = 7,80 \text{ g}$$

Понеже металът е от +III степен на окисление,  $n(\text{метал}):n(\text{Cl}^-) = 1:3$

$$M(\text{метал}) = \frac{3 \times 7,80 \text{ g}}{0,4504 \text{ mol}} = 52,0 \text{ g/mol}, \text{ металът е хром}$$

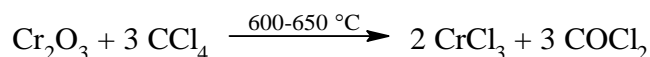
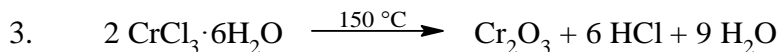
**В** е  $\text{CrCl}_3$ , **Б** е  $\text{Cr}_2\text{O}_3$

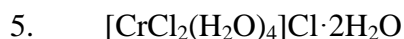
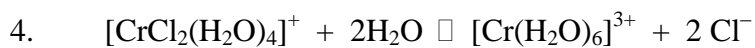
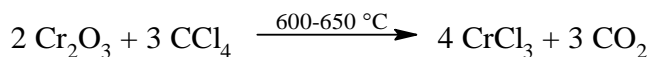
$$m(\text{H}_2\text{O в А}) = 40,00 \text{ g} - 23,77 \text{ g} = 16,23 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2\text{O в А}) = \frac{16,23 \text{ g}}{18,015 \text{ g/mol}} = 0,9009 \text{ mol}$$

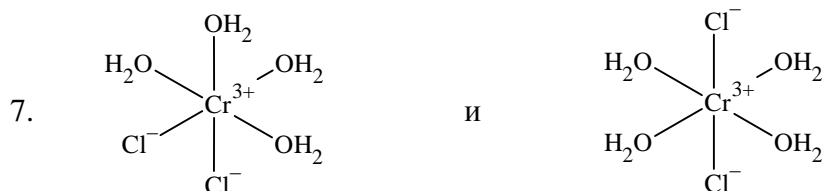
$$n(\text{H}_2\text{O}):n(\text{Cl}^-) = 0,9009:0,4504 = 2:1 = 6:3$$

**А** е  $\text{CrCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$



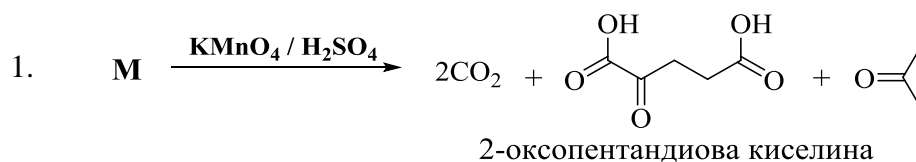


6. Електронна конфигурация на  $\text{Cr}^{3+}$ :  $[\text{Ar}]3d^3$



$d^2sp^3$  хибридизация

#### Задача 4



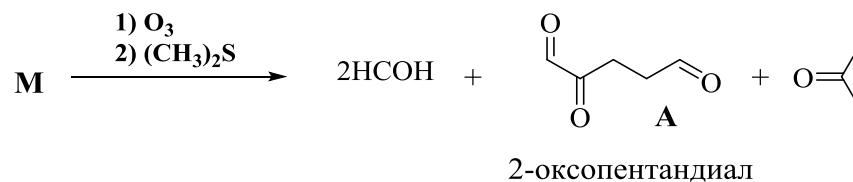
За определяне на молекулната формула на А се използва отношението:

$$\frac{52,63}{12,011} : \frac{5,30}{1,008} : \frac{42,07}{15,999} = 4,38 : 5,26 : 2,63 = 1,67 : 2,00 : 1$$

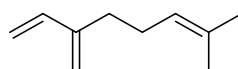
Умножава се по три за да се получат целочислени стойности – 5 : 6 : 3

$$5 \times 12,01 + 6 \times 1,008 + 3 \times 15,999 = 114,1$$

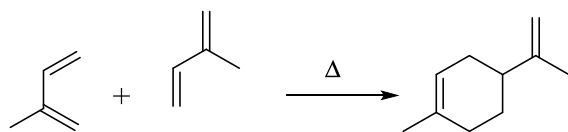
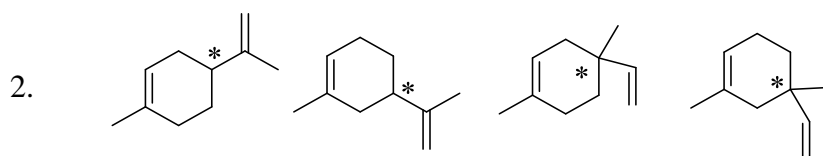
Молекулната формула на съединението А е:  $\text{C}_5\text{H}_6\text{O}_3$



Структурна формула на М:



7-метил-3-метиленокта-1,6-диен







## ПРАКТИКА

### А. Virtuален експеримент

1 и 2) Таблица 1		А	В	С
<b>I</b>		<b>Pb(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>	<b>ZnSO<sub>4</sub> + NaBr</b>	<b>MgCO<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>Cl</b>
(i)	A)	<del>↓(б), ↓(б), ↓(б)</del>	↓(б), ↓(б), ↓(б)	↓(б), ↓(б), ↓(б)
	B)	<del>↓(б)</del>	<del>↓(б), ↓(б), ↓(б)</del>	↓(б)
	C)	<del>↓(б)</del>	<del>↓(б), ↓(б), ↓(б)</del>	<del>↓(б)</del>
(ii)	+ NaOH	↓(б), ↓(б)*	↓(б)*	↓(б), ↑
<b>X</b>	+ AgNO <sub>3</sub>	/	↓(б), ↓(св.ж)	↓(ж), ↓(б→т)
<b>II</b>		<b>CaCl<sub>2</sub> + KNO<sub>3</sub></b>	<b>MgSO<sub>4</sub> + (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub></b>	<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + NaI</b>
(i)	A)	<del>↓(б)</del>	↓(б)	↓(б)
	B)	<del>↓(б)</del>	<del>↓(б)</del>	/
	C)	<del>↓(б)</del>	<del>↓(б)</del>	<del>↓(б)</del>
(ii)	+ NaOH	↓(б)	↓(б), ↑	↓(б)*
<b>X</b>	+ AgNO <sub>3</sub>	↓(б→т)	↓(б)	↓(б), ↓(ж)
<b>III</b>		<b>K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + AgNO<sub>3</sub></b>	<b>(NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + NaCl</b>	<b>ZnCl<sub>2</sub> + Ba(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub></b>
(i)	A)	<del>↓(ж), ↓(б→т)</del>	↓(ж), ↓(б→т)	↓(б), ↓(б→т)
	B)	<del>↓(б), ↓(б)</del>	<del>↓(ж), ↓(б→т)</del>	↓(б), ↓(б)
	C)	<del>↓(б), ↓(б)</del>	<del>↓(ж), ↓(б→т)</del>	<del>↓(б), ↓(б)</del>
(ii)	+ NaOH	↓(б→к)	↑	↓(б)*
<b>X</b>	+ AgNO <sub>3</sub>	↓(б)	↓(ж), ↓(б→т)	↓(б→т)
<b>IV</b>		<b>Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> + NH<sub>4</sub>Cl</b>	<b>Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> + KNO<sub>3</sub></b>	<b>Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub> + ZnSO<sub>4</sub></b>
(i)	A)	<del>↓(б), ↓(б)</del>	↓(б), ↑	/
	B)	<del>↓(б), ↓(б)</del>	<del>↓(б), ↓(б)</del>	↓(б), ↓(б)
	C)	<del>↓(б), ↓(б)</del>	<del>↓(б), ↓(б)</del>	<del>↓(б), ↓(б)</del>
(ii)	+ NaOH	↓(б)*, ↑	/	↓(б), ↓(б)*
<b>X</b>	+ AgNO <sub>3</sub>	↓(б), ↓(б→т)	↓(ж)	↓(б)

↓ – получава се утайка; ↑ – отделя се газ;  
 (\*) – утайката се разтваря в излишък от утайтеля  
 Цвят на утайки: (б) – бял, (св.ж) – светло жълт, (ж) – жълт, (к) – кафяв, (т) – тъмен

### 3) Таблица 2 (вярното е подчертано)

а) С (i) могат да се различат комбинации	I, II, III, IV			
б) Брой разтвори, които се откриват с:	В комбинация			
	I	II	III	IV
	• (i)	<u>0, 1, 2, 3</u>	0, <u>1</u> , 2, 3	0, 1, 2, <u>3</u>
• + (ii)	0, 1, 2, <u>3</u>	0, 1, <u>2</u> , 3	<u>0</u> , 1, 2, 3	<u>0</u> , 1, 2, 3
в) Веществото X е	AgNO <sub>3</sub>			



iii. При добавяне на разтвор P3

- към P2: получава се бяла аморфна утайка, неразтворима в излишък от P3 и се отделя газ без цвят, който променя навлажнен червен лакмус в синьо;
- към P4: получава се бяла утайка, неразтворима в излишък от P3

➤ **Потвърждава се: P2 ( $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$ ), P3 е  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3$  и двете възможности за P4**

iv. При смесване на P2 и P4 не се наблюдава визуална промяна

➤ **P4 е  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$**

Веществата в 4-те епруветки са:

**P1:** NaOH

**P3:**  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{KNO}_3$

**P2:**  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{NH}_4\text{Cl}$

**P4:**  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2 + \text{ZnSO}_4$

б) Реакции на веществата от четирите епруветки помежду им и с  $\text{AgNO}_3$

