

**МОН, LVII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА ПО ХИМИЯ**

**И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА**

*Областен кръг, 08 февруари 2025 год.*

*Група V*

## ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

### Задача 1

Твърда смес от простото вещество **A** и оксида на метал  $M_2O_n$  в стехиометрично молно отношение е поставена в тръбна пещ. При  $1000^\circ\text{C}$  е добавян хлор, докато твърдата фаза е изчезнала напълно. След отделяне на излишъка от nereагирал хлор, оставащата в пещта газова смес от продуктите **B**, **G** (**G** е димер на **B**) и **D** е с относителна плътност спрямо водород 39,9. След охлаждане на газовата смес до  $600^\circ\text{C}$  в нея са останали само газовете **G** и **D**, и тя е с относителна плътност спрямо водород 43,9. След охлаждане до  $25^\circ\text{C}$  в пещта е останал само газът **D** и твърд продукт. Относителната плътност на **D** спрямо водород е 14. При обикновени условия газът **D** не взаимодейства с алкална основа.

1. Кой е газообразният продукт **D** и простото вещество **A** в изходната твърда смес.
2. Запишете с изравнено уравнение химичната реакция на хлор със стехиометричната твърда смес от **A** и  $M_2O_n$ , като знаете, че степента на окисление на метала не се променя при взаимодействието и температурата в тръбната пещ е  $600^\circ\text{C}$ . Направете изчисления, за да определите кой е металът **M**. Запишете химичните формули на продуктите **B** и **G**.
3. Като имате предвид промяната в състава на газовата смес от продукти, получени в тръбната пещ при  $1000^\circ\text{C}$ , която настъпва след охлаждането ѝ до  $600^\circ\text{C}$ , определете екзо- или ендотермична е реакцията на димеризация на **B**. Обяснете отговора си.
4. Изчислете обемната част (в %) на веществата в газовите смеси при:  
а)  $600^\circ\text{C}$     б)  $1000^\circ\text{C}$
5. Изчислете масовата част (в %) на веществата в изходната твърда смес.

В зависимост от условията, напр. температурата, газът **D** може да взаимодейства с натриев хидроксид, като образува различни съединения.

6. Запишете две химични уравнения за възможните продукти на това взаимодействие при високи и при много високи температури?

### Допълнителна информация:

Относителната плътност на газ спрямо  $H_2$  ( $d_{H_2(\text{газ})}$ ) е отношение на молната маса на газа към молната маса на  $H_2$ . Във всички изчисления използвайте молните маси от Периодичната таблица с точност един знак след десетичната запетая.

### Задача 2

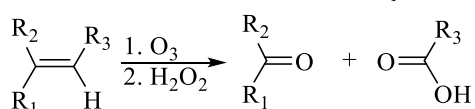
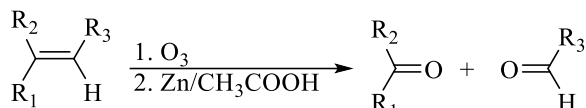
Съединението **A** с молекулна формула  $C_8H_{12}$  е оптично активно. При взаимодействието му с излишък от  $H_2$  в присъствие на катализатор Pt се получава съединението **B**, което е

оптично неактивно. При редукцията на **A** с  $H_2$  в присъствие на катализатор на Линдлар ( $Pd/BaSO_4$ , „отровен“ с хинолин) се получава съединението **C** с молекулна формула  $C_8H_{14}$ , което е оптично активно. При взаимодействие на **A** с  $Na/$ течен  $NH_3$  при  $-33^\circ C$  се получава оптично неактивното съединението **D** с молекулна формула  $C_8H_{14}$ . Взаимодействието на **D** с  $O_3$  и следваща обработка с  $Zn/CH_3COOH$  води до получаване на съединенията **E** и **F** в молно отношение 1:2.

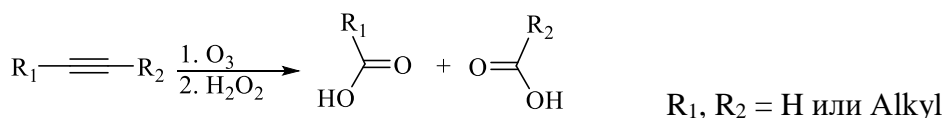
1. Определете и напишете структурната формула на съединението с молекулна формула  $C_8H_{12}$  без да отчитате стереохимията.
2. Напишете уравненията на всички описани преходи. Структурата на оптично активните съединения представете с клиновидни формули. Изходното съединение **A** изобразете като един от възможните енантиомери. Наименувайте съединенията **B**, **E** и **F** по IUPAC. Какъв вид изомери са съединенията **C** и **D**?
3. Изразете взаимодействието на **C** с  $O_3$  и следваща обработка с  $Zn/CH_3COOH$ .
4. Изразете взаимодействието на **A** с  $O_3$  и следваща обработка с  $H_2O_2$ . Наименувайте получените продукти.
5. Напишете стереоизомерите на **A**.

Допълнителна информация:

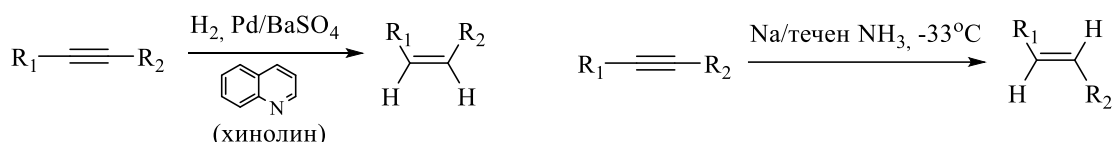
Взаимодействието на алкени и алкини с озон се нарича озонлиза и се използва за „контролирано“ разкъсване на сложна връзка въглерод-въглерод.



$R_1, R_2, R_3 = H$  или Alkyl



Редукция на алкини в присъствие на специфични катализатори:



**Задача 3**

При разтваряне на неизвестен метал **M** в много разрежена азотна киселина се образува металният нитрат  $M(NO_3)_2$  и солта **X**, която се използва като минерален тор в селското

стопанство. Ако **X** се нагрява с воден разтвор на калциев хидроксид, се отделя газ **A**, който може да образува с ортофосфорна киселина три вида соли.

1. Коя е солта **X**? Запишете химичната ѝ формула и обосновайте отговора си.
2. Изразете с химични уравнения:
  - а) разтварянето на метала **M** в разрежена азотна киселина – уравнението изравнете по метода на електронния баланс;
  - б) взаимодействието на солта **X** с калциев хидроксид;
  - в) взаимодействието на **A** с ортофосфорна киселина в молно отношение 2:1.
3. Определете кой е металът **M**, ако след разтваряне на 3,154 g от **M** в азотната киселина, полученият газ **A** от взаимодействието на **X** с калциев хидроксид, образува при взаимодействие с ортофосфорна киселина в молно отношение  $n(\mathbf{A}) : n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 2:1$  0,796 g сол.

Две от трите вида соли, които образува **A** с ортофосфорна киселина, също като **X**, са минерални торове в селското стопанство.

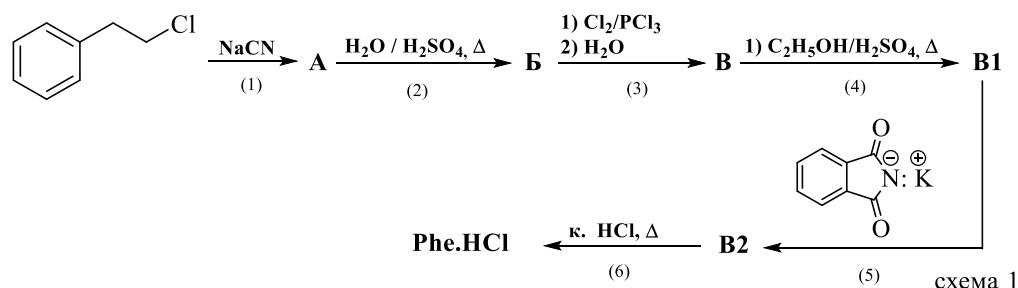
4. Коя от тези три соли не е минерален тор, ако тази сол е с най-ниско относително съдържание на фосфор? Отговорете качествено, като обосновайте отговора си.

pH на водните разтвори на трите соли е различно, както помежду им, така и от pH на фосфорна киселина.

5. Обяснете защо и сравнете pH на водните разтвори на трите соли помежду им и с pH на фосфорната киселина.

#### Задача 4

Фенилаланин (**Phe**) е една от двадесетте протеиногенни  $\alpha$ -аминокиселини. Спада към групата на незаменимите  $\alpha$ -аминокиселини, поради което се набавя с храната. Съдържа се в храни с високо съдържание на протеини като соя, пилешко месо, мляко, млечни продукти и т.н. На схема 1 е дадена последователност от преходи за получаване на хидрохлорид на фенилаланин:



1. Напишете химичните уравнения за процесите (1) – (6) от схема 1. Наименувайте изходното съединение от схема 1 по IUPAC.
2. Запишете с клиновидни и с фишерови проекционни формули L и D изомерите на фенилаланин.

Фенилаланин участва в превръщанията от схема 2:

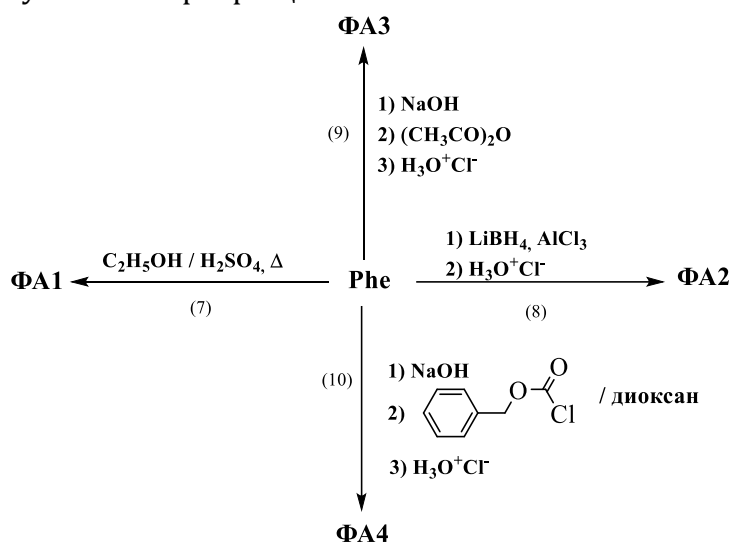


схема 2

3. Напишете структурните формули на съединенията **ФА1**, **ФА2**, **ФА3** и **ФА4** (производни на фенилаланин) от схема 2.

4. Напишете структурната формула на тетрапептида **Ala-Leu-Phe-Thr** без да отчитате стереохимията при асиметричните въглеродни атоми.

Изграждащите тетрапептида аминокиселини са: 2-аминопропанова киселина (**Ala**),

2-амино-4-метилпентанова киселина (**Leu**), фенилаланин (**Phe**) и 2-амино-3-хидроксибутанова киселина (**Thr**).

## ПЕРИОДИЧНА ТАБЛИЦА НА ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

<b>Период</b>	<b>1</b>	←————— Група —————→										<b>13</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>		
	IA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA		
	1	2											5	6	7	8	9	10	
	H 1,0080	He 4,0026											B 10,81	C 12,011	N 14,007	O 15,999	F 18,998	Ne 20,180	
	2	3	4											13	14	15	16	17	18
	Li 6,94	Be 9,0122											Al 26,982	Si 28,085	P 30,974	S 32,06	Cl 35,45	Ar 39,95	
	3	11	12	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12						
Na 22,990	Mg 24,305											IIIБ	IVБ	VБ	VIБ	VIIБ	← VIIIБ →	IБ	IIБ
4	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	
K 39,098	Ca 40,078	Sc 44,956	Ti 47,867	V 50,942	Cr 51,996	Mn 54,938	Fe 55,845	Co 58,933	Ni 58,693	Cu 63,546	Zn 65,38	Ga 69,723	Ge 72,630	As 74,922	Se 78,971	Br 79,904	Kr 83,798		
5	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54	
Rb 85,468	Sr 87,62	Y 88,906	Zr 91,224	Nb 92,906	Mo 95,95	Tc (97)	Ru 101,07	Rh 102,91	Pd 106,42	Ag 107,87	Cd 112,41	In 114,82	Sn 118,71	Sb 121,76	Te 127,60	I 126,90	Xe 131,29		
6	55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86	
Cs 132,91	Ba 137,33	La 138,91	Hf 178,49	Ta 180,95	W 183,84	Re 186,21	Os 190,23	Ir 192,22	Pt 195,08	Au 196,97	Hg 200,59	Tl 204,38	Pb 207,2	Bi 208,98	Po (209)	At (210)	Rn (222)		
7	87	88	89	104	105	106	107	108	109	110	111	112	113	114	115	116	117	118	
Fr (223)	Ra (226)	Ac (227)	Rf (267)	Db (268)	Sg (269)	Bh (270)	Hs (269)	Mt (277)	Ds (281)	Rg (282)	Cn (285)	Nh (286)	Fl (290)	Mc (290)	Lv (293)	Ts (294)	Og (294)		

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

### РЕД НА ЕЛЕКТРООТРИЦАТЕЛНОСТ

Cs < K < Na < Ba < Li < Ca < Mg < Zn < Al < Fe < Cu < Ag < Ni < Si < P < H < I < C < S < Br < Cl < N < O < F

### 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

катиони аниони	H <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>
OH <sup>-</sup>	X	Г			MP		CP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
Cl <sup>-</sup>					MP						CP			
Br <sup>-</sup>					MP						CP			
I <sup>-</sup>					MP					MP*	MP		*	
S <sup>2-</sup>	Г				MP				MP	MP	MP	MP	MP	BB
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Г				CP	MP	MP	CP	CP		MP	CP		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>					CP	MP	CP				MP			
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>														
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>					MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	Г				MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	MP	BB	BB
CrO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>					MP	MP			MP	MP	MP	MP	MP	

Г – Газ

MP – Малко разтворимо вещество

\* – Протича редокс реакция

CP – Средно разтворимо вещество

BB – Взаимодействия с вода

MP\* – Малко разтворимо вещество, образувано след редокс реакция

## ПРИМЕРНИ ОТГОВОРИ И РЕШЕНИЯ

### Задача 1

1. Газът Д е оксид или хлорид.

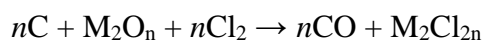
$$d_{H_2}(D) = M(D)/M(H_2); M(D) = d_{H_2}(D) \times M(H_2) = 14 \times 2,0 = 28,0 \text{ g/mol}$$

Д  $\equiv$  въглероден оксид СО,

а простото вещество А  $\equiv$  въглерод С.

2. При дадените условия се образува хлорид на метала, СО и е възможно да се получи  $CCl_4$ . Газът Б трябва да съдържа метала и да образува димер – следователно газът Б не е  $CCl_4$ . Газът Г е хлорид на метала (димер), а газът Д – продукт на дисоциация на димера Г.

При  $600^\circ\text{C}$  остава димерният хлорид на метала, което е в съответствие с по-високата средна молна маса на газовата смес при  $600^\circ\text{C}$  в сравнение с тази при  $1000^\circ\text{C}$ .



Означаваме молната маса на метала с  $M(\text{M})$  g/mol,

а осреднената молна маса на газовата смес Г и Д - с  $M_{\text{cp}}(\text{Г+Д})$

От относителната плътност на газовата смес Г и Д следва:

$$d_{H_2}(\text{Г+Д}) = M_{\text{cp}}(\text{Г+Д})/M(H_2);$$

$$M_{\text{cp}}(\text{Г+Д}) = d_{H_2}(\text{Г+Д}) \times M(H_2) = 43,9 \times 2,0 = 87,8 \text{ g/mol}$$

От химичното уравнение следва:

$$M_{\text{cp}}(\text{Г+Д}) = (28,0 \times n + 2,0 \times M(\text{M}) + 71 \times n)/(n+1) = 87,8$$

$$M(\text{M}) = 43,9 - 5,6 \times n$$

От формулата  $M_2\text{O}_n - n$  не може да е четно число:

$$n = 1 \quad M(\text{M}) = 38,3 \text{ g/mol} - \text{няма такъв метал}$$

$$n = 3 \quad M(\text{M}) = 27,1 \text{ g/mol}; \text{ металът е алуминий } \text{M} \equiv \text{Al}$$

Б  $\equiv \text{AlCl}_3$ ; Г  $\equiv \text{Al}_2\text{Cl}_6$

3. При  $1000^\circ\text{C}$  се получава газова смес от СО,  $\text{AlCl}_3$  и  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ , а при  $600^\circ\text{C}$  – газова смес от СО и  $\text{Al}_2\text{Cl}_6$ .

Следователно димеризацията е спонтанна при понижаване на температурата.

От принципа на Льо Шателие-Браун следва, че димеризацията е екзотермичен процес.

4. а) При  $600^\circ\text{C}$  газовата смес е:  $3\text{CO} + \text{Al}_2\text{Cl}_6$

$$\varphi(\text{CO}), \% = (3/4) \times 100 = 75 \%$$



$$\varphi(\text{Al}_2\text{Cl}_6), \% = (1/4) \times 100 = \mathbf{25 \%}$$

б) Означаваме с  $x$  – молове дисоцииран димер.

При  $1000^\circ\text{C}$  газовата смес е:  $3\text{CO} + 2x\text{AlCl}_3 + (1-x)\text{Al}_2\text{Cl}_6$

Следователно:  $M_{\text{cp}}(\text{Б}+\text{Г}+\text{Д}) = (3 \times 28 + 2x \times 133,5 + (1-x) \times 267)/(x+4)$

От относителната плътност на газовата смес **Б**, **Г** и **Д** следва:

$$M_{\text{cp}}(\text{Б}+\text{Г}+\text{Д}) = d_{\text{H}_2}(\text{Б}+\text{Г}+\text{Д}) \times M(\text{H}_2) = 39,9 \times 2 = 79,8 \text{ g/mol}$$

$$(3 \times 28 + (1-x) \times 267 + 2x \times 133,5)/(x+4) = 79,8$$

$$x = 0,40$$

$$\varphi(\text{CO}), \% = (3/(4+0,40)) \times 100 = \mathbf{68,2 \%}$$

$$\varphi(\text{AlCl}_3), \% = (2 \times 0,40/(4+0,40)) \times 100 = \mathbf{18,2 \%}$$

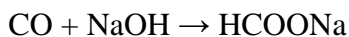
$$\varphi(\text{Al}_2\text{Cl}_6), \% = ((1-0,40)/(4+0,40)) \times 100 = \mathbf{13,6 \%}$$

5. Изходната твърда смес е:  $3\text{C} + \text{Al}_2\text{O}_3$

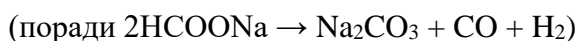
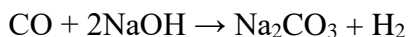
$$w(\text{C}), \% = (3 \times 12/(3 \times 12 + 102)) \times 100 = \mathbf{26,1 \%}$$

$$w(\text{Al}_2\text{O}_3), \% = (102/(3 \times 12 + 102)) \times 100 = \mathbf{73,9 \%}$$

6. При относително високи температури ( $120\text{-}200^\circ\text{C}$ ) и повишено налягане ( $6\text{-}10 \text{ atm}$ ):

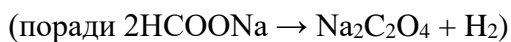
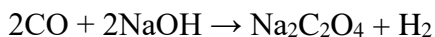


При още по-високи температури:



*Не се изисква*

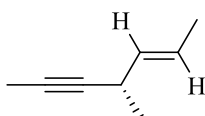
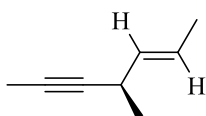
или



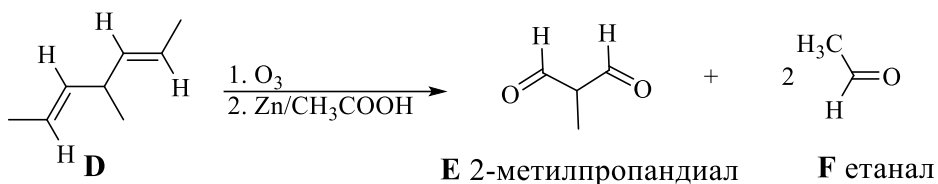
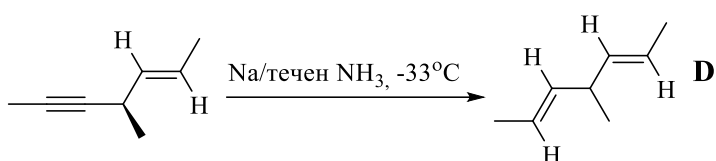
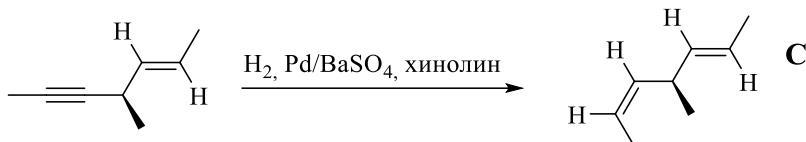
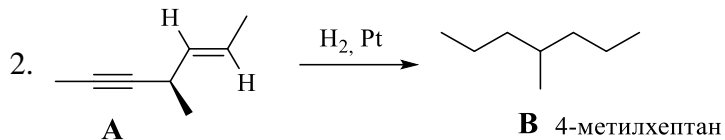
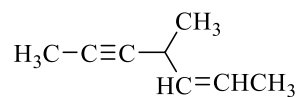
*Не се изисква*

## **Задача 2**

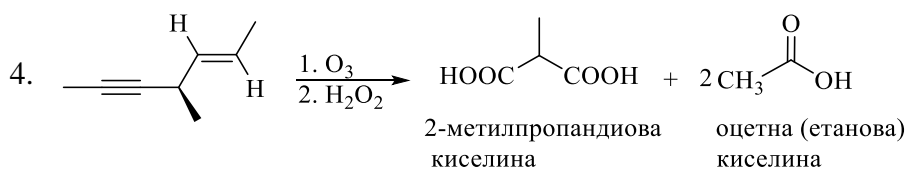
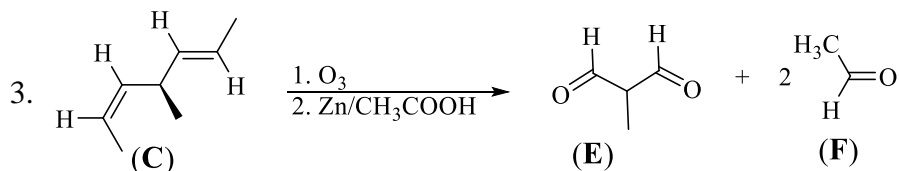
\*Уравненията могат да бъдат изразени с един от двата стереоизомера (енантиомера) на (A).



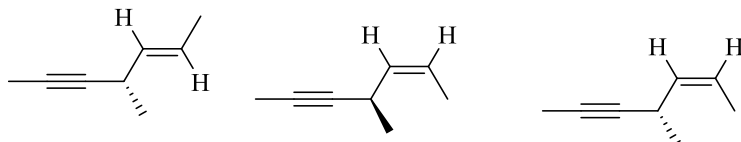
1. От данните в условието следва, че съединението с молекулна формула  $C_8H_{12}$  съдържа двойна и тройна връзка:



Съединенията **C** и **D** са π-диастереомери.



5. Стереизомери на **A**

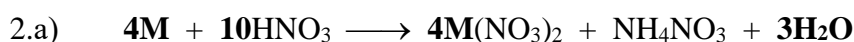


### Задача 3

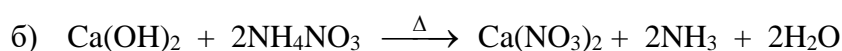
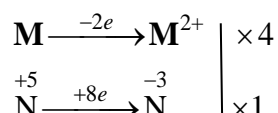
1. Солта **X** е амониев нитрат  $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; той е широко използван минерален тор (амониева селитра) в селското стопанство.

Азотната киселина е много разрежена и при окисляването на **M** се извършва

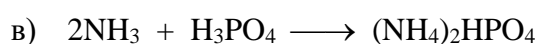
редокси преход  $\overset{+5}{\text{N}} \longrightarrow \overset{-3}{\text{N}}$  и се получава амониев йон  $\text{NH}_4^+$



$$\frac{n(\text{M})}{n(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{4}{1}$$



$$\frac{n(\text{NH}_4\text{NO}_3)}{n(\text{NH}_3)} = \frac{1}{1}$$



$$\frac{n(\text{NH}_3)}{n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)} = \frac{2}{1}$$

3.  $n(\text{M}) = 4n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 4n(\text{NH}_3) = 4 \times 2n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)$

$$n((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4) = \left( \frac{m}{M} \right)_{((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)} = \frac{0,796 \text{ g}}{132,056 \text{ g/mol}} = 6,03 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$n(\text{M}) = 8 \times 6,03 \times 10^{-3} \text{ mol} = 48,24 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$M(\text{M}) = \left( \frac{m}{n} \right)_{\text{M}} = \frac{3,154 \text{ g}}{48,24 \times 10^{-3} \text{ mol}} = 65,38 \text{ g/mol} \Rightarrow \text{Zn}$$

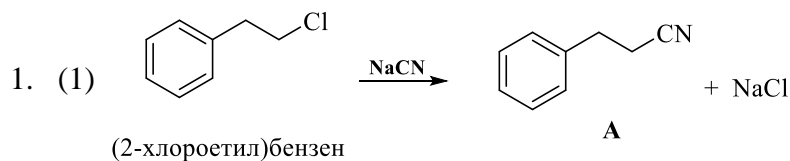
4.  $(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$  – съдържанието на фосфор в 1 mol от всяка от трите соли е едно и също, но в солта с най-голяма молна маса е най-малко.

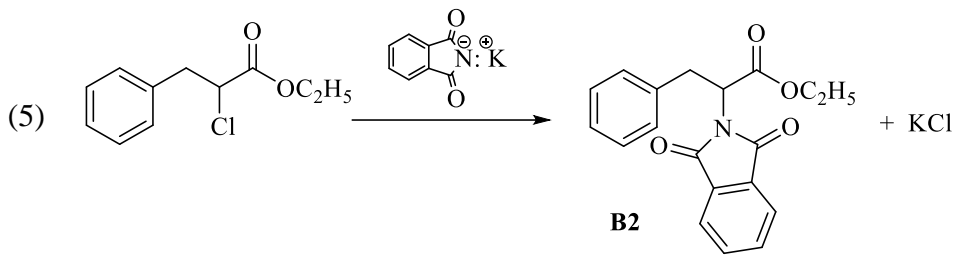
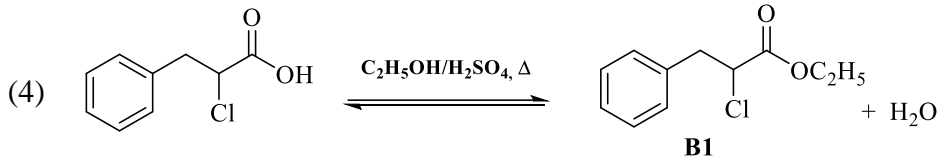
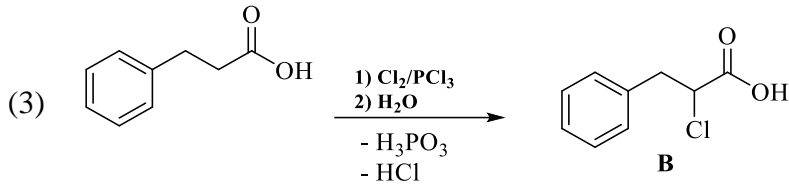
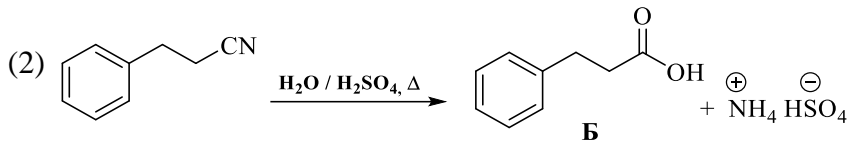
5. Газът **A** е амоняк – вещество с основен воден разтвор, което при взаимодействие с фосфорна киселина ще я неутрализира.

Трите соли са моно-, ди- и три- амониев фосфат (вж. 2в), в които се увеличава „съдържанието на амоняк“ – киселинността намалява, а рН расте:

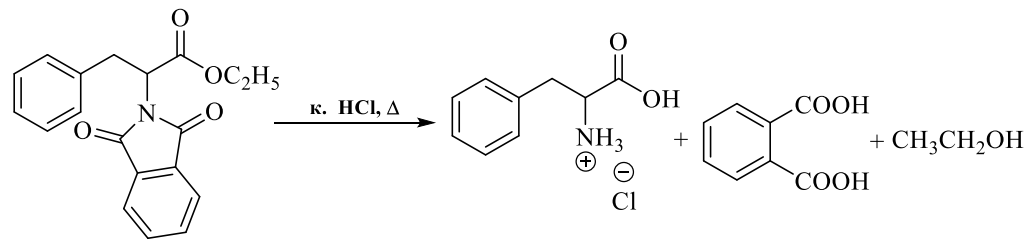
$$\text{pH}_{(\text{H}_3\text{PO}_4)} < \text{pH}_{((\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4)} < \text{pH}_{((\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4)} < \text{pH}_{((\text{NH}_4)_3\text{PO}_4)}$$

### Задача 4

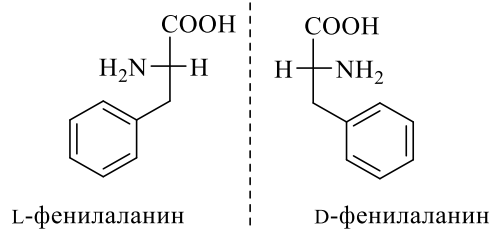




(6)



2. С фишерови формули:



С клиновидни формули

