

**LV НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА**  
**ПО ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА**

*Областен кръг, 11 февруари 2023 год.*

*Група V*

# ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

## Задача 1

Количественият анализ на смес от три хлорида,  $\text{NH}_4\text{Cl}$ ,  $\text{NaCl}$  и  $\text{KCl}$ , е проведен в следната последователност:

- A. Проба от сместа с маса 1,015 g е навалена при 350 °C.
  - B. Остатъкът от наваляването е разтворен във вода. Полученият разтвор е обработен с излишък от разтвор на сребърен нитрат.
  - C. Получената утайка от сребърен хлорид в стъпка B е отделена от разтвора чрез филтруване, след което е изсушена и претеглена. Масата на утайката е 1,890 g.
  - D. Втора проба от сместа с маса 0,998 g е разтворена във вода.
  - E. Разтворът, получен в стъпка D, е подкислен със солна киселина и към него са прибавени около 3 g натриев нитрит (в стехиометричен излишък). Отделя се газ (просто вещество) с обем 46,25 cm<sup>3</sup>, измерен при температура 17 °C и налягане 730 mm Hg стълб.
- 1 Изразете с изравнени химични уравнения описаните химични реакции.
  - 2 Изчислете количеството вещество на всяка от солите в сместа.
  - 3 Изчислете масовия процентен състав на трите хлорида в изследваната смес.

Да разгледаме друга смес от соли, която съдържа два хлорида,  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и  $\text{KCl}$ , и един сулфат,  $\text{MgSO}_4$ . След провеждане на стъпка A и разтваряне на остатъка от наваляването във вода, в получения разтвор се съдържат еквимолни количества разтворени соли. Този разтвор е подложен на електролиза с инертни графитови електроди. За проведената електролиза:

- 4 Запишете с химични уравнения електродните реакция и сумарния окислително редукиционен процес поотделно за всяка от солите в разтвора.
- 5 Запишете сумарното химично уравнение на редокс процеса, който протича при електролиза в разтвора на солите, и оценете как и колко пъти се променят количествата на солите в разтвора след електролизата?
- 6 Ще се промени ли отговора на въпрос 5, ако вместо  $\text{MgSO}_4$  в изходната смес се съдържа  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ?

Данни: Плътност на живак при 17 °C: 13553 kg/m<sup>3</sup>

Земно ускорение: 9,807 m/s<sup>2</sup>

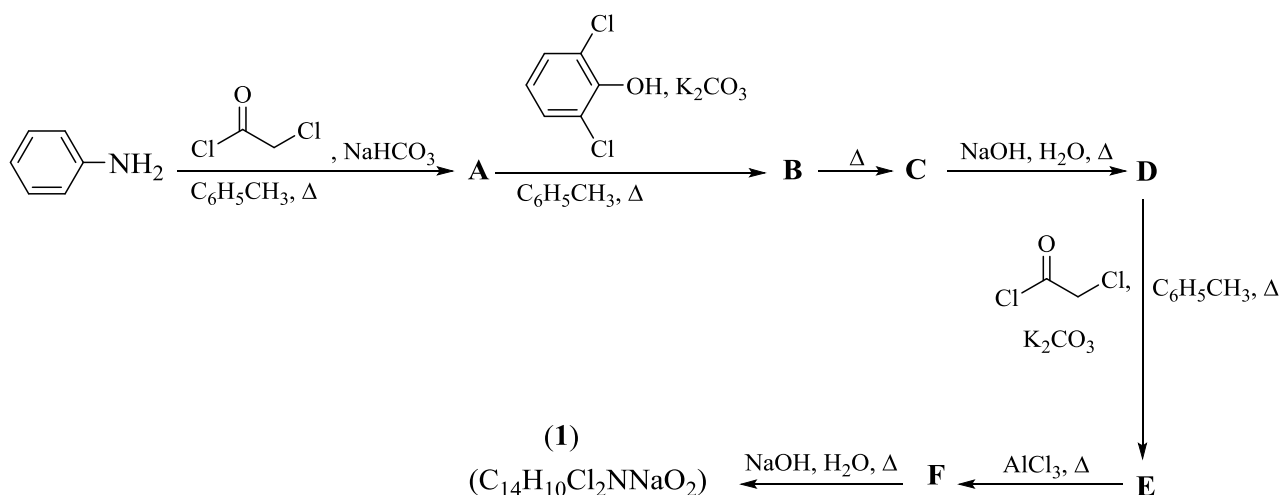
Универсална газова константа: 8,314 J/(mol×K), 0 °C = 273,15 K

Закон за хидростатичното налягане на стълб течност:  $p = h\rho g$

## Задача 2

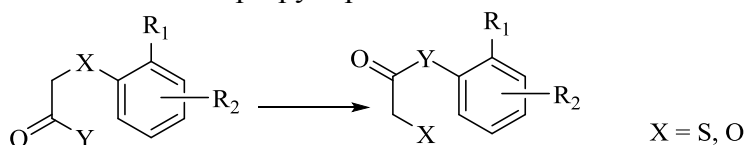
Съединението (1) е нестероиден противовъзпалителен лекарствен препарат, инхибитор на ензима циклооксигеназа COX-1, който участва в биосинтеза на простагландините.

На схемата е представен метод за синтез на съединението (1):



За съединенията и реакциите от схемата е известно:

- ✓ Съединенията **A** – **F** и продуктът **(1)** са органични.
- ✓ Преходът **B** → **C** е прегрупировка на Smiles:



Прегрупировката на Smiles протича като вътрешномолекулно нуклеофилно ароматно заместване. Заместителят Y е група, която може да действа като нуклеофил. Висока реактивоспособност проявяват ароматни съединения, които съдържат електрооакцепторни заместители в *o*-позиция спрямо заместителя, съдържащ групите X и Y.

- 1 Напишете химичните уравнения от схемата за получаване на съединението **(1)**.  
Обяснете към кой клас съединения принадлежи съединението **F**.

За изследване на инхибиторния ефект на мононитрозаместени производни на **(1)**, съединението **(1)** е нитрирано.

- 2 Напишете структурната формула на продукта на мононитриране на съединение **(1)**.

### Задача 3

При налягане на 54,19 g смес от нитрати на два еднозарядни метала се отделят 9,08 L газова смес и остава твърд остатък.

Газовата смес се пропуска през воден разтвор, при което обемът ѝ намалява наполовина, а броят на компонентите в състава ѝ – два пъти.

Твърдият остатък от налягането се смесва с вода и част от него се разтваря.

Неразтворимата във вода част се разтваря в концентрирана азотна киселина, като се отделя червено-кафяв газ, с обем 2 пъти по-малък от обема на газовата смес от налягането на изходните нитрати.

Бележка: Обемите на всички газове се отнасят за температура 0 °C и налягане 1 bar  
( $V_m = 22,71 \text{ L/mol}$ ).

- 1 Изразете с изравнени химични уравнения следните процеси:
  - а) Термичното разлагане на изходната нитратна смес;
  - б) Поглъщането във вода на компонент от газовата смес от термичното разлагане;

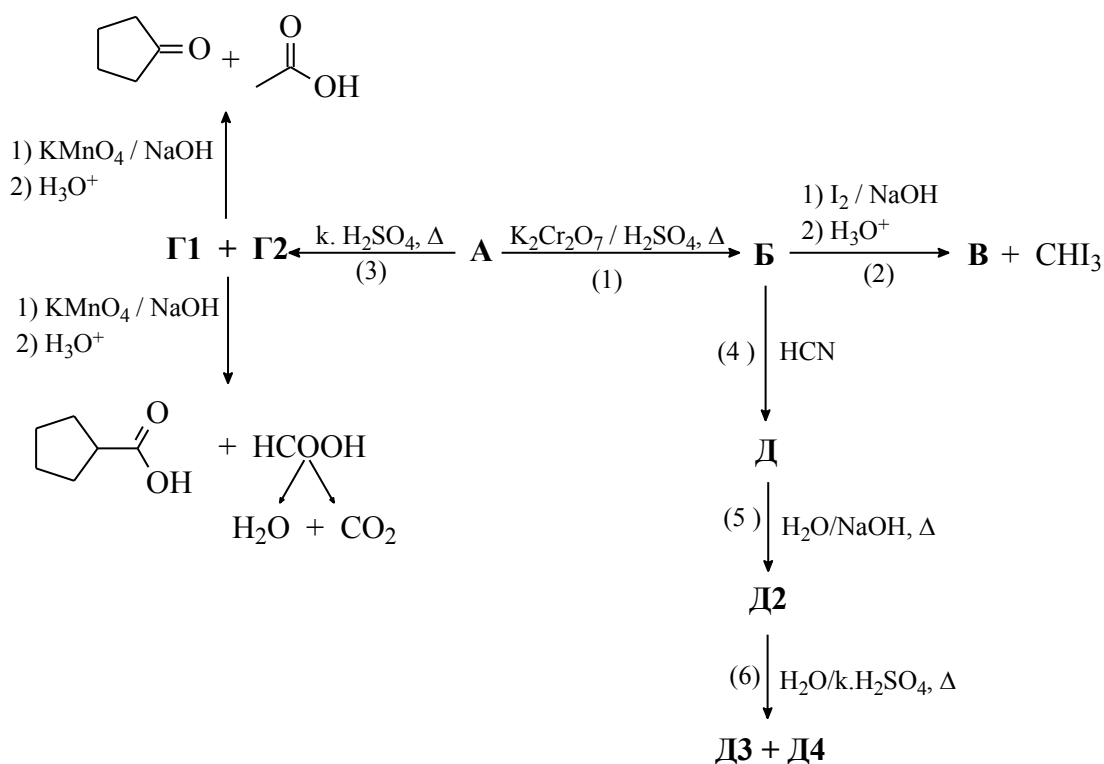
- в) Разтварянето на твърдия остатък от термичното разлагане във вода и на останалото в конц. азотна киселина.
- 2 Как ще се промени киселинността на водния разтвор след пропускане през него на газовата смес от термичното разлагане на нитратите?
  - 3 Кои са обработваните метални нитрати и колко е масата на всеки от тях в изходната смес?

#### Задача 4

Молната маса на съединението **A**, определена с маспектрометрия, е 114,2 g/mol. При пълно изгаряне на 25,0 mg от това съединение в кислородна атмосфера се отделят 0,0674 g CO<sub>2</sub> и 0,0276 g H<sub>2</sub>O.

- 1 Определете молекулната формула на **A**.

Съединението **A** има в структурата си асиметричен въглероден атом, не взаимодейства с натриева основа, но реагира с алкални метали. За определяне на структурната формула на **A** се използва следната последователност от превръщания:



В хода на процес (3) се получават два изомерни продукта, като **Г1** се получава в по-голямо количество. Съединенията **Д3** и **Д4** също са изомери.

- 2 Напишете структурната формула на съединението **A** и го наменувайте по IUPAC. Напишете Фишевите проекционни формули на двата пространствени изомери на **A**.
- 3 Напишете уравненията на процесите от схемата. Наменувайте съединенията **Б**, **В** и **Д** по IUPAC. Запишете кой от продуктите **Д3** или **Д4** се получава като основен в хода на процес (6).

# ПЕРИОДИЧНА ТАБЛИЦА НА ХИМИЧНИТЕ ЕЛЕМЕНТИ

Период	1											13	14	15	16	17	18	
	IA											IIIA	IVA	VA	VIA	VIIA	VIIIA	
1	1 H 1.0080																2 He 4.0026	
2	3 Li 6.94	4 Be 9.0122											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.007	8 O 15.999	9 F 18.998	10 Ne 20.180
3	11 Na 22.990	12 Mg 24.305	3 IIIB	4 IVB	5 VB	6 VIB	7 VIIB	8	9 ← VIIIБ →	10	11 IB	12 IIB	13 Al 26.982	14 Si 28.085	15 P 30.974	16 S 32.06	17 Cl 35.45	18 Ar 39.95
4	19 K 39.098	20 Ca 40.078	21 Sc 44.956	22 Ti 47.867	23 V 50.942	24 Cr 51.996	25 Mn 54.938	26 Fe 55.845	27 Co 58.933	28 Ni 58.693	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.723	32 Ge 72.630	33 As 74.922	34 Se 78.971	35 Br 79.904	36 Kr 83.798
5	37 Rb 85.468	38 Sr 87.62	39 Y 88.906	40 Zr 91.224	41 Nb 92.906	42 Mo 95.95	43 Tc (97)	44 Ru 101.07	45 Rh 102.91	46 Pd 106.42	47 Ag 107.87	48 Cd 112.41	49 In 114.82	50 Sn 118.71	51 Sb 121.76	52 Te 127.60	53 I 126.90	54 Xe 131.29
6	55 Cs 132.91	56 Ba 137.33	57 La 138.91	72 Hf 178.49	73 Ta 180.95	74 W 183.84	75 Re 186.21	76 Os 190.23	77 Ir 192.22	78 Pt 195.08	79 Au 196.97	80 Hg 200.59	81 Tl 204.38	82 Pb 207.2	83 Bi 208.98	84 Po (209)	85 At (210)	86 Rn (222)
7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	89 Ac (227)	104 Rf (267)	105 Db (268)	106 Sg (269)	107 Bh (270)	108 Hs (269)	109 Mt (277)	110 Ds (281)	111 Rg (282)	112 Cn (285)	113 Nh (286)	114 Fl (290)	115 Mc (290)	116 Lv (293)	117 Ts (294)	118 Og (294)

<b>лантаноиди</b>	57 La 138.906	58 Ce 140.12	59 Pr 140.91	60 Nd 144.24	61 Pm (145)	62 Sm 150.36	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.93	66 Dy 162.50	67 Ho 164.93	68 Er 167.26	69 Tm 168.93	70 Yb 173.05	71 Lu 174.97
<b>актиноиди</b>	89 Ac (227)	90 Th 232.04	91 Pa 231.04	92 U 238.03	93 Np (237)	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (252)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (262)

## РЕД НА ЕЛЕКТРООТРИЦАТЕЛНОСТ

Cs &lt; K &lt; Na &lt; Ba &lt; Li &lt; Ca &lt; Mg &lt; Zn &lt; Al &lt; Fe &lt; Cu &lt; Ag &lt; Ni &lt; Si &lt; P &lt; H &lt; I &lt; C &lt; S &lt; Br &lt; Cl &lt; N &lt; O &lt; 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, хидроксиди 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					HC	MP		HC	
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

CP – Средно разтворимо вещество

MP – Малко разтворимо вещество

BB – Взаимодействия с вода

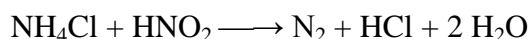
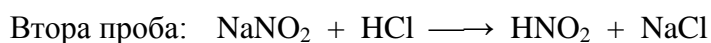
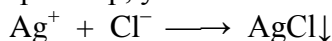
HC – Не съществуват заедно във воден разтвор

# ПРИМЕРНИ ОТГОВОРИ И РЕШЕНИЯ НА ЗАДАЧИТЕ

## Задача 1



Хлоридните йони,  $\text{Cl}^-$ , получени от електролитната дисоциация на  $\text{KCl}$  и  $\text{NaCl}$  във водния разтвор, участват във взаимодействието:



2) Означава се в първата проба:  $x \text{ mol NH}_4\text{Cl}$  ( $M = 53,49 \text{ g/mol}$ ),  $y \text{ mol NaCl}$  ( $M = 58,44 \text{ g/mol}$ ),  $z \text{ mol KCl}$  ( $M = 74,55 \text{ g/mol}$ )

$$53,49x + 58,44y + 74,55z = 1,015 \quad \text{ур. 1}$$

$$n(\text{AgCl}) = \left( \frac{m}{M} \right)_{\text{AgCl}} = \frac{1,890 \text{ g}}{143,32 \text{ g/mol}} = 1,319 \times 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\Rightarrow y + z = 1,319 \times 10^{-2} \quad \text{ур. 2}$$

От втората проба:

$$n(\text{N}_2) = \frac{pV}{RT} = \frac{46,25 \times 10^{-6} \text{ m}^3 \times 13553 \text{ kg/m}^3 \times 0,730 \text{ m} \times 9,807 \text{ m/s}^2}{8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1} \times 290,15 \text{ K}} = 1,860 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

$$x = \frac{1,860 \times 10^{-3} \text{ mol}}{0,998 \text{ g}} \times 1,015 = 1,892 \times 10^{-3} \text{ mol NH}_4\text{Cl}$$

От уравнение 1:

$$58,44y + 74,55z = 1,015 - 53,49 \times 1,892 \times 10^{-3} = 0,9138 \quad \text{ур. 3}$$

От системата уравнение, съставена от ур. 2 и 3 се получава:

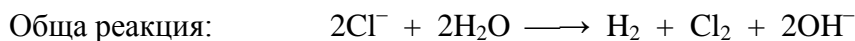
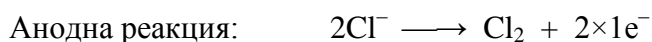
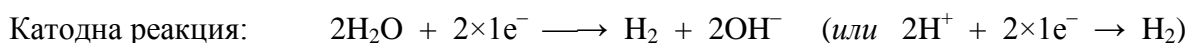
$$y = 4,315 \times 10^{-3} \text{ mol NaCl}; \quad z = 8,875 \times 10^{-3} \text{ mol KCl}$$

3)  $w(\text{NH}_4\text{Cl}) = \frac{1,892 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 53,49 \text{ g/mol}}{1,015 \text{ g}} \times 100 = 9,97 \%$

$$w(\text{NaCl}) = \frac{4,315 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 58,44 \text{ g/mol}}{1,015 \text{ g}} \times 100 = 24,84 \%$$

$$w(\text{KCl}) = \frac{8,875 \times 10^{-3} \text{ mol} \times 74,55 \text{ g/mol}}{1,015 \text{ g}} \times 100 = 65,19 \%$$

4)  $\text{KCl}$ :



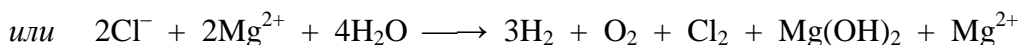
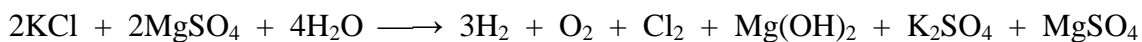
MgSO<sub>4</sub>:

Катодна реакция:  $4\text{H}_2\text{O} + 4 \times 1\text{e}^- \longrightarrow 2\text{H}_2 + 4\text{OH}^-$  (или  $4\text{H}^+ + 4 \times 1\text{e}^- \rightarrow 2\text{H}_2$ )

Анодна реакция:  $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow \text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 2 \times 2\text{e}^-$   
(или  $4\text{OH}^- \rightarrow \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} + 2 \times 2\text{e}^-$ )

Обща реакция:  $2\text{H}_2\text{O} \longrightarrow 2\text{H}_2 + \text{O}_2$

5) Сумарно уравнение на редокс процеса при електролиза на разтвора на двете соли:

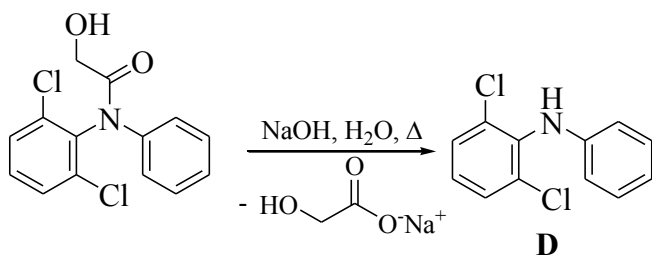
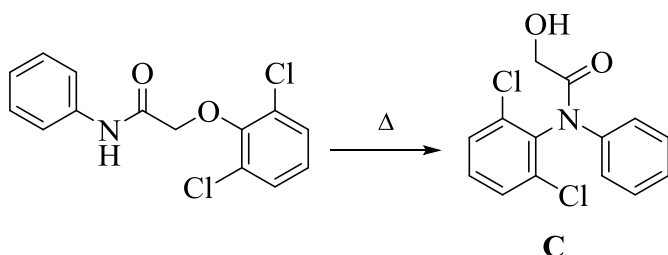
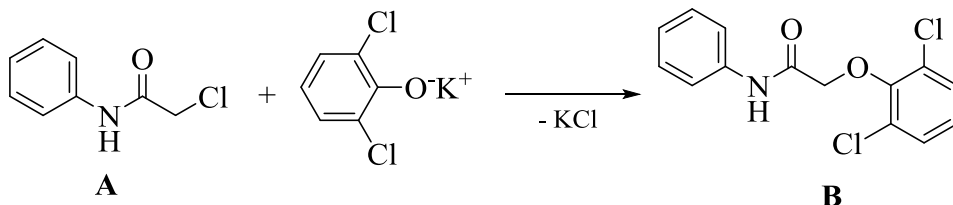
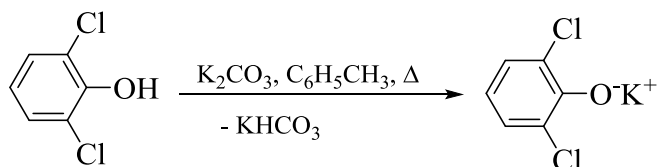
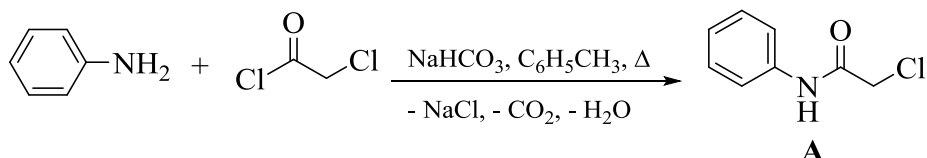


След електролиза в разтвора отсъства KCl, а количеството на MgSO<sub>4</sub> намалява 2 пъти.

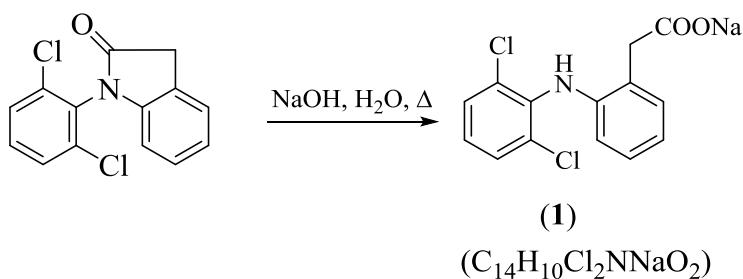
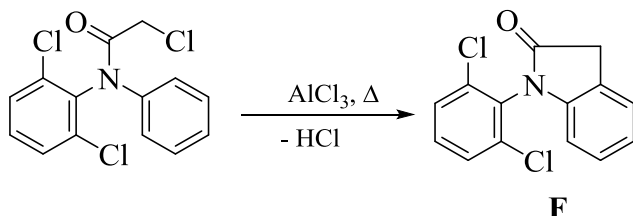
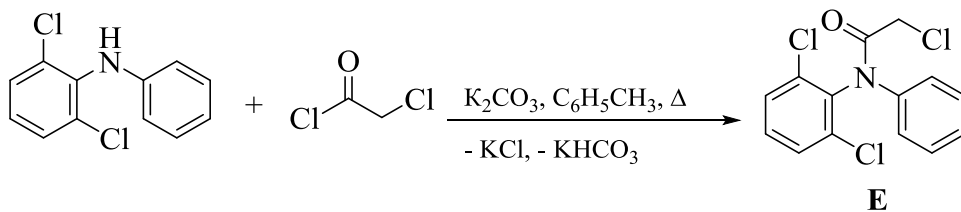
6) Ако вместо MgSO<sub>4</sub> се използва K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, след проведената електролиза количеството на K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> няма да се промени.

## Задача 2

1)

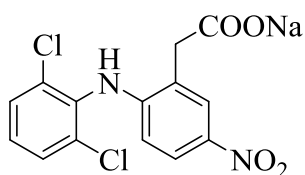






Съединението **F** е цикличен амид (лактам).

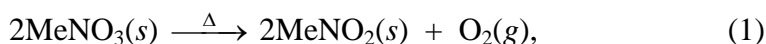
2) Продукт на мононитриране на **(1)**:



### Задача 3

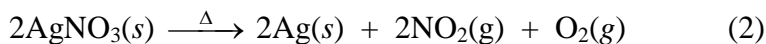
1) Термичното разлагане на нитрати на еднозарядни метали протича по две схеми:

а) за алкални нитрати:



$$n(\text{MeNO}_3) = 2n_{(1)}(\text{O}_2)$$

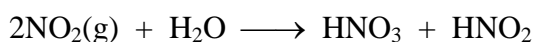
б) за сребърен нитрат (и за живак(II) нитрат, но той не е еднозаряден):



$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{Ag}) = n_{(2)}(\text{NO}_2) = 2n_{(2)}(\text{O}_2)$$

Газовата смес от наляването се състои от азотен диоксид NO<sub>2</sub> и кислород O<sub>2</sub>.

При пропускане през вода O<sub>2</sub> преминава без промени, а NO<sub>2</sub> взаимодейства с водата:



Във вода се разтваря само твърдият продукт от реакция (1) – алкалният нитрит:



Неразтворимият във вода продукт от реакцията (2) е сребро, което се разтваря в конц.  $\text{HNO}_3$ :



$$n(\text{Ag}) = n_{(4)}(\text{NO}_2)$$

и се отделя същият газ от газовата смес, от термичното разлагане, който се поглъща във водния разтвор – азотен диоксид.

2) Тъй като при взаимодействието на  $\text{NO}_2$  с вода се получават киселини ( $\text{HNO}_3$  и  $\text{HNO}_2$ ), рН на водния разтвор след поглъщане на газа от термичното разлагане ще се понижи.

$$3) \text{ От: } V_{(4)}(\text{NO}_2) = 4,54 \text{ L}, n_{(4)}(\text{NO}_2) = \frac{4,54 \text{ L}}{22,71 \text{ L/mole}} = 0,20 \text{ mol}$$

$$n(\text{Ag}) = n_{(4)}(\text{NO}_2) = 0,20 \text{ mol}; \quad n(\text{AgNO}_3) = 0,20 \text{ mol}$$

$$m(\text{AgNO}_3) = 0,20 \text{ mol} \times 169,874 \text{ g/mol} = 33,97 \text{ g}$$

$$m(\text{MeNO}_3) = 54,19 - 33,97 = 20,22 \text{ g}$$

От това, че при пропускане на газовата смес от термичното разлагане през вода, тя намалява два пъти и като обем, и като състав, и от възможния ѝ състав следва, че обемът на кислород от разлагането на алкалния нитрат е равен на обема му от разлагането на сребърния нитрат:

$$n_{(1)}(\text{O}_2) = n_{(2)}(\text{O}_2) = \frac{1}{2} n(\text{Ag}) = 0,10 \text{ mol}$$

$$n(\text{MeNO}_3) = 2n_{(1)}(\text{O}_2) = 0,20 \text{ mol}$$

$$m(\text{MeNO}_3) = 0,20 \text{ mol} \times (M(\text{Me}) + 62,004 \text{ g/mol}) = 20,22 \text{ g}$$

$$M(\text{Me}) = 39,10 \text{ g/mol}, \quad \Rightarrow \text{Me} - \text{K}; \quad \text{MeNO}_3 - \text{KNO}_3$$

#### Задача 4

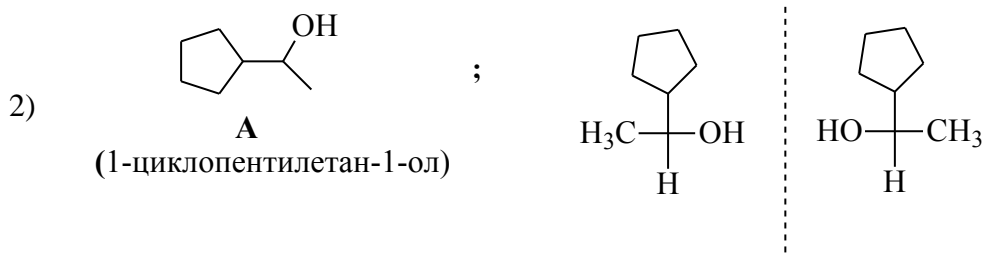
$$1) \quad w(\text{C}) = \frac{0,0674 \text{ g} \times 12,011 \text{ g/mol}}{44,009 \text{ g/mol} \times 0,0250 \text{ g}} \times 100 = 73,6\%;$$

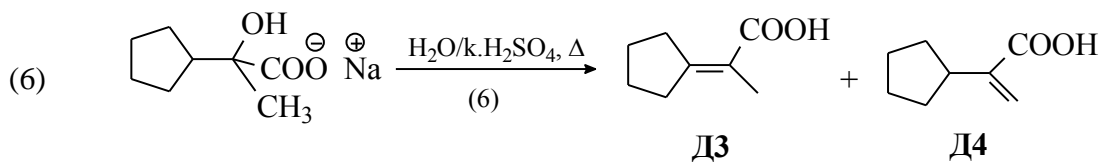
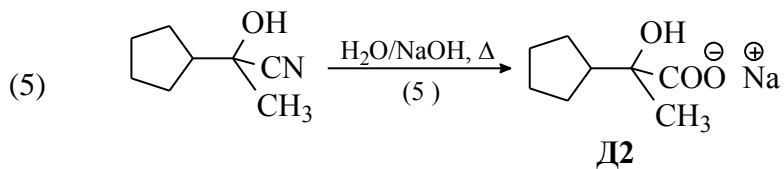
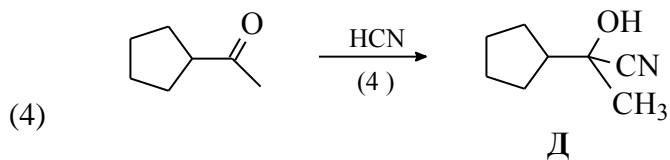
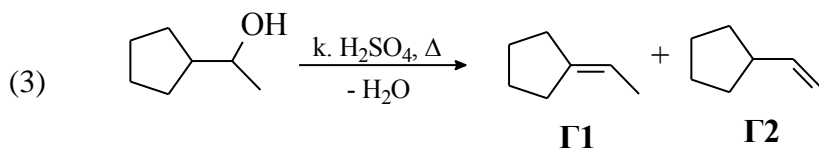
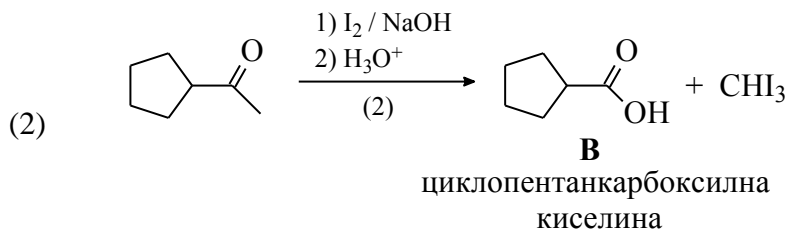
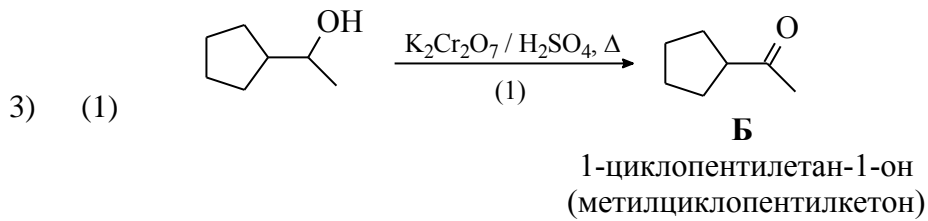
$$w(\text{H}) = \frac{0,0276 \text{ g} \times 2 \times 1,008 \text{ g/mol}}{18,015 \text{ g/mol} \times 0,0250 \text{ g}} \times 100 = 12,4\%$$

$$n(\text{C}) : n(\text{H}) : n(\text{O}) = \frac{73,6}{12,011} : \frac{12,4}{1,008} : \frac{14,0}{15,999} = 6,13 : 12,3 : 0,875 = 7,01 : 14,1 : 1 = 7 : 14 : 1$$

Молекулна формула на **A**:  $\text{C}_7\text{H}_{14}\text{O}$  и отговаря на зададената молна маса.

$$M(\text{A}) = 7 \times 12,011 + 14 \times 1,008 + 1 \times 15,999 = 114,19 \text{ g/mol}$$





основен продукт – **Д3**