

LVIII НАЦИОНАЛНА ОЛИМПИАДА
ПО ХИМИЯ И ОПАЗВАНЕ НА ОКОЛНАТА СРЕДА

Областен кръг, 13 февруари 2021 год.

Група V

ВЪПРОСИ И ЗАДАЧИ

V Група

Задача 1

В изолиран съд с обем 400 mL са смесени два газа: единият, получен при термично разлагане на бертолетова сол и другият, получен от взаимодействието на метален калций с вода.

Твърдият остатък от разлагането на бертолетовата сол е разтворен във вода и към половината от разтвора е добавен разтвор на сребърен нитрат – получава се утайка. Утайката е отделена, изсушена и претеглена – масата ѝ е 0,287 g.

За титруване на една трета от течната смес, получена след взаимодействието на калция с вода, са изразходвани 14,6 mL солна киселина с концентрация 0,685 mol/L.

В съда с газовата смес е възпламенена електрическа искра и протича бурен процес.

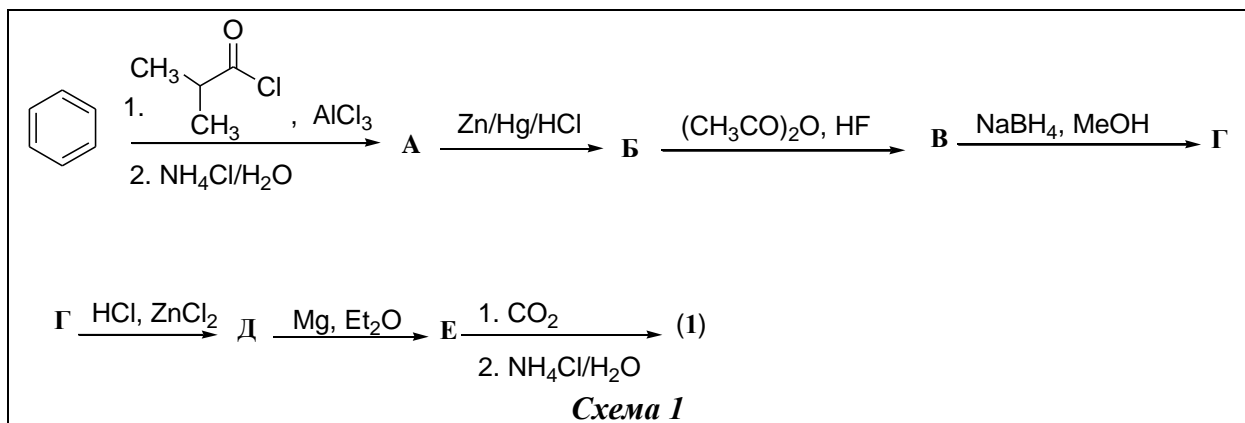
- 1 Изразете с химични уравнения всички химични процеси, които протичат при описаните действия.
- 2 Определете: а) масовата част на всеки от компонентите в газовата смес и б) налягането в съда с газовете при 18 °C (i) преди и (ii) след възпламеняването на искрата.
- 3 Кой от параметрите на газовата система трябва да се промени след възпламеняването на електрическата искра (Как да се промени и колко пъти?), така че налягането в съда с газовете да е толкова, колкото е било преди възпламеняването на искрата?

$$R = 0,08314 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}; 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

Задача 2

Съединението (1) се използва на противовъзпалително средство.

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

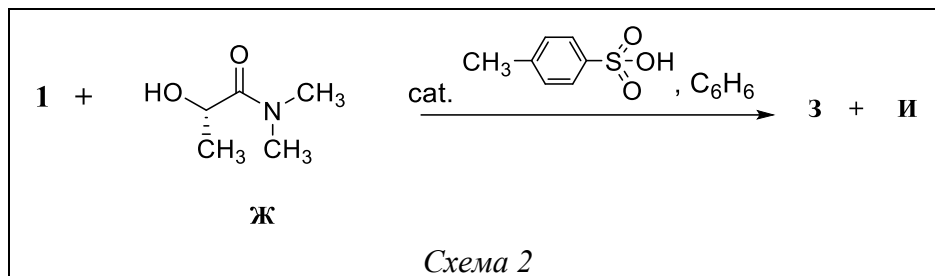


За реагентите и реакциите от схемата е известно:

- ✓ Съединенията А – Е и продуктът (1) са органични.
- ✓ Съединението А е продукт на монозаместване.
- ✓ В прехода (Б) → (В) се получава само най-малко запрещеният продукт.
- ✓ Съединението (1) се получава като смес от стереоизомери.

- 1 Напишете химичните уравнения от *Схема 1*.
- 2 Напишете стереоизомерите на (**1**), като използвате клиновидни формули.

От двата стереоизомера на (**1**) по-висока противовъзпалителна активност проявява изомерът с (*S*)-конфигурация на стереогенния център. За изолиране на изомера (*S*)-(**1**) е използвана реакцията, при която рацематът **1** реагира с (*S*)-2-хидрокси-*N,N*-диметилпропанамид **Ж** (*Схема 2*):



Съединенията **3** и **И** са стереоизомери, които се разделят посредством колонна хроматография. След взаимодействие на **3** с 1М КОН в среда от тетраhydroфуран (THF) при 0°C и следващо подкиселяване на реакционната смес, се получава (*S*)-(**1**).

- 3 Като използвате клиновидни формули, напишете уравнението от *Схема 2*.
- 4 Какъв вид стереоизомери са съединенията **3** и **И**? Обосновете отговора си. Като използвате номенклатурата на Кан-Инголд-Прелог, означете с тикче в таблицата конфигурацията на стереоцентровете в съединенията **3** и **И**.

	(<i>R,R</i>)	(<i>S,R</i>)	(<i>S,S</i>)
3			
И			

Задача 3

Елементът **Е** образува два оксида – **Y** и **Z**. Във всеки оксид елементът е в една единствена степен на окисление (различна за двата оксида). Разполагате със следните експериментални данни за оксидите:

- I. При термично разлагане на 100 g оксид **Y** се образува оксида **Z** и се отделят 16,8 L кислород, измерени при температура 0 °C и налягане 1 atm.
 - II. При взаимодействие на 100 g оксид **Y** с простото вещество **Е** се образуват 152 g оксид **Z**.
- 1 Изчислете масата на отделения при експеримент **I** газ. Запишете химичните уравнения на описаните взаимодействия в експериментите **I** (ур. 1) и **II** (ур. 2), като означите веществата със съответните символи от условието.
 - 2 Като направите масов баланс по уравненията (**1**) и (**2**), както и подходящо алгебрично преобразуване на уравненията, запишете с химично уравнение изгарянето на **Е** в кислородна среда. Изчислете масата на получения оксид.
 - 3 Определете кой е елементът **Е**. Запишете химичните формули на оксидите **Y** и **Z**.
 - 4 Според вида на елемента **Е** (s, p, d, f) и степените му на окисление в оксидите **Y** и **Z** (нисша, междинна, висша), направете предположение за химичната природа на тези оксиди (основен, амфотерен, киселинен).

- 5 Изразете с изравнени химични уравнения взаимодействията на оксидите **Y** и **Z** с излишък на алкална основа във воден разтвор. Координационното число в комплексите на **E** е 6.

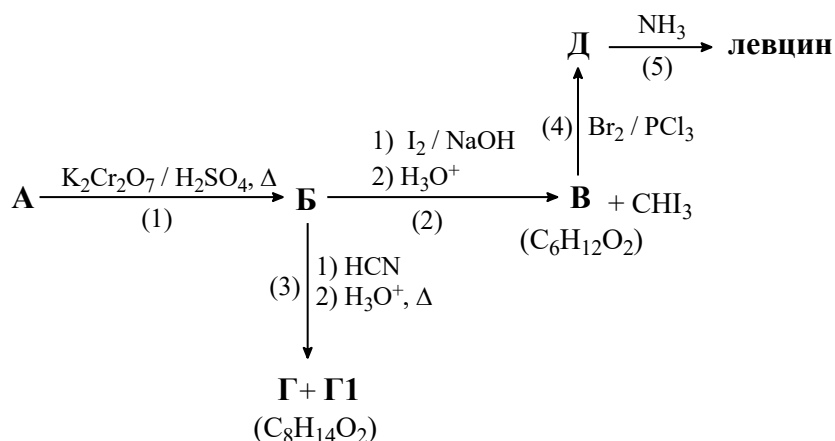
$$R = 0,0821 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}; 0 \text{ }^\circ\text{C} = 273 \text{ K}$$

Задача 4

При взаимодействие на 697,2 mg наситен едновалентен алкохол **A** с излишък на метален Na количествено са събрани 67,2 cm³ водород (при н.у.).

- 1 Определете молната маса на алкохола. Напишете формулата на хомолжния ред на наситените алкохоли Напишете молекулната формула на **A**.

Структурната формула на **A** може да се определи, като се вземат предвид взаимодействията от схемата:



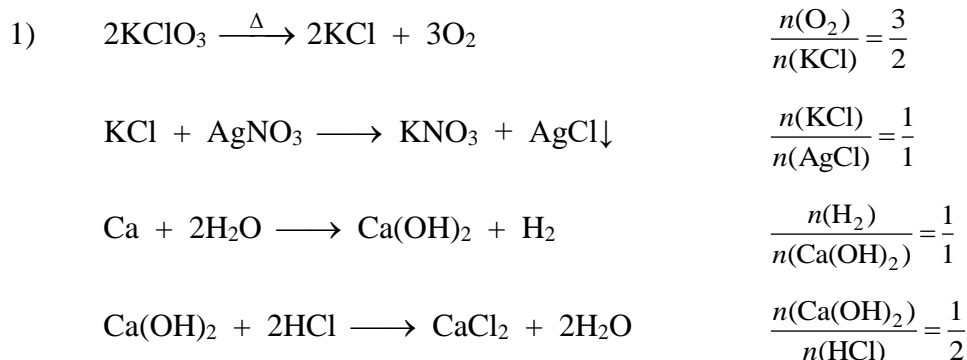
и да се отчетат следните факти:

- ✓ алкохолът **A** има един асиметричен въглероден атом;
 - ✓ Съединенията **B** и **B**, не са хирални (в структурите им няма асиметрични въглеродни атоми);
 - ✓ NMR спектъра за C-13 на съединението **B** показва наличие на един третичен въглероден атом в структурата му;
 - ✓ Процес (2) е йодоформна реакция. **Г** и **Г1** са изомери, като главният продукт на взаимодействие (3) е **Г**.
- 2 Напишете уравненията на процесите от схемата (1). Наименувайте **B**, **B** и **Г** по IUPAC.
- 3 Напишете структурната формула на **A** и го наименувайте по IUPAC. Означете асиметричния въглероден атом, в структурата на **A** със звездичка. С помощта на клиновидни формули напишете формулите на двата пространствени изомери на **A**.
- 4 Напишете структурната формула на **левцин** и означете хиралния център на киселината. С помощта на Фишерови проекционни формули напишете структурите на D- и L-пространствените изомери на **левцин**. Природните, протеиногенни α-аминокиселини се срещат в една от двете конфигурации. Коя е тя?
- 5 С подходящи формули напишете структурите на **Г** и **Г1**. Какъв вид изомери са те?

ПРИМЕРНИ ОТГОВОРИ И РЕШЕНИЯ НА ЗАДАЧИТЕ

V Група

Задача 1



2) (i) Преди пропускането на ел. ток през газовата смес

$$\text{а) } n(\text{O}_2) = 2 \times 1,5n(\text{AgNO}_3) = 3 \times \left(\frac{m}{M} \right)_{\text{AgCl}} = 3 \times \frac{0,287 \text{ g}}{143,311 \text{ g/mol}} = 0,006 \text{ mol}$$

$$m(\text{O}_2) = 0,006 \text{ mol} \times 31,998 \text{ g/mol} = 0,192 \text{ g}$$

$$n(\text{H}_2) = 3 \times 0,5n(\text{HCl}) = 1,5 \times 0,685 \text{ mol/L} \times 0,0146 \text{ L} = 0,015 \text{ mol}$$

$$m(\text{H}_2) = 0,015 \text{ mol} \times 2,016 \text{ g/mol} = 0,030 \text{ g}$$

$$n(\text{gas}) = n(\text{O}_2) + n(\text{H}_2) = 0,006 + 0,015 = 0,021 \text{ mol}$$

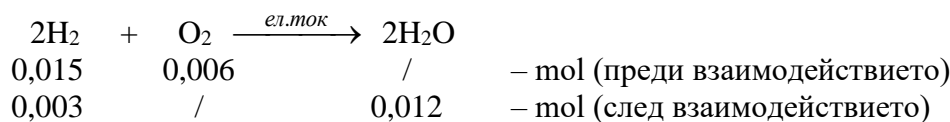
$$m(\text{gas}) = m(\text{O}_2) + m(\text{H}_2) = 0,192 + 0,030 = 0,222 \text{ g}$$

$$w(\text{O}_2) = \frac{m(\text{O}_2)}{m(\text{gas})} = \frac{0,192 \text{ g}}{0,222 \text{ g}} = 0,865 \text{ (86,5\%)}$$

$$w(\text{H}_2) = \frac{m(\text{H}_2)}{m(\text{gas})} = \frac{0,030 \text{ g}}{0,222 \text{ g}} = 0,135 \text{ (13,5\%)}$$

$$\text{б) } p(\text{gas}) = \frac{n(\text{gas})RT}{V} = \frac{0,021 \text{ mol} \times 0,08314 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 291 \text{ K}}{0,400 \text{ L}} = 1,27 \text{ bar}$$

(ii) След пропускането на ел. ток



а) При 18 °C в газовата фаза са само 0,003 mol H₂: $w(\text{H}_2) = 1,000 \text{ (100,0\%)}$

$$\text{б) } p(\text{gas}) = \frac{0,003 \text{ mol} \times 0,08314 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 291 \text{ K}}{0,400 \text{ L}} = 0,18 \text{ bar}$$

3) Налягането на газа (1,27 bar) ще се запази, ако: а) се повиши температурата; или б) се намали обема.

$$a) T_2' = \frac{1,27 \text{ bar} \times 0,400 \text{ L}}{0,003 \text{ mol} \times 0,08314 \text{ Lbar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 2037 \text{ K}$$

– Ако $T > 373 \text{ K}$ и водата ($0,012 \text{ mol}$) е газ: $n(\text{gas}) = 0,015 \text{ mol}$

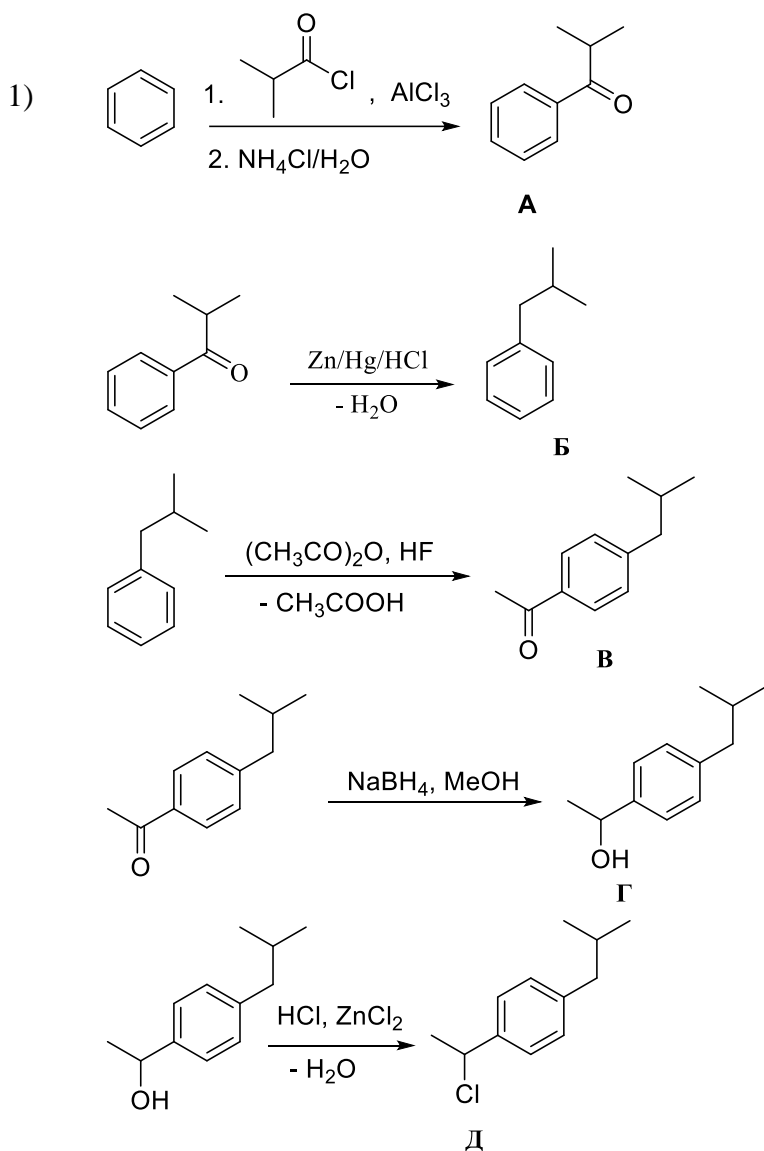
$$T_2 = \frac{1,27 \text{ bar} \times 0,400 \text{ L}}{0,015 \text{ mol} \times 0,08314 \text{ Lbar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}} = 407 \text{ K}$$

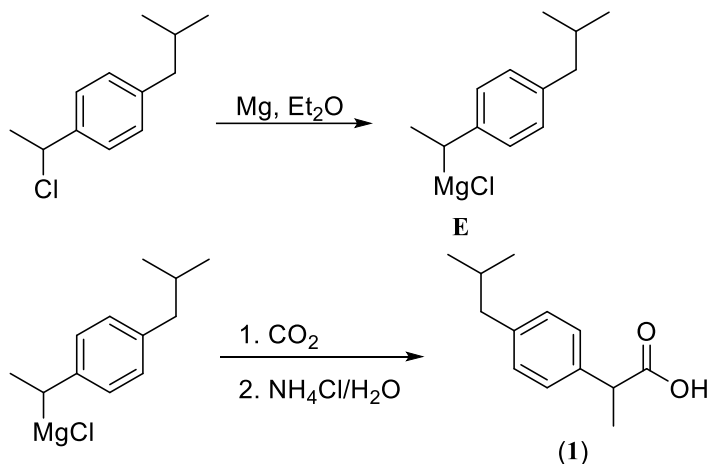
$$\frac{407 \text{ K}}{291 \text{ K}} = 1,4 \text{ пъти (трябва да се повиши температурата)}$$

$$b) V_2 = \frac{0,003 \text{ mol} \times 0,08314 \text{ Lbar K}^{-1} \text{ mol}^{-1} \times 291 \text{ K}}{1,27 \text{ bar}} = 0,057 \text{ L}$$

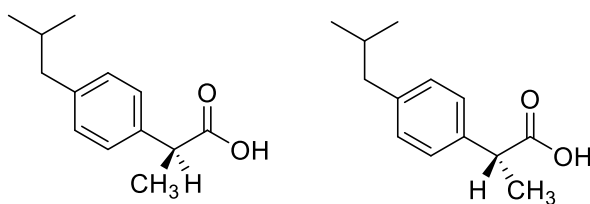
$$\frac{0,400 \text{ L}}{0,057 \text{ L}} = 7,0 \text{ пъти (трябва да се намали обема).}$$

Задача 2

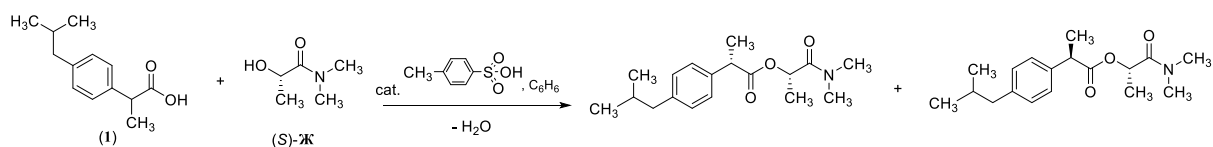




2) Стереизомери на (1):



3)

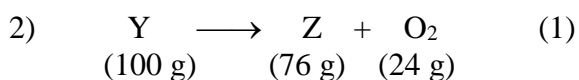


4) Съединенията **3** и **И** са σ -диастереомери, тъй като имат два стереоцентра и се различават по конфигурацията на един от тях.

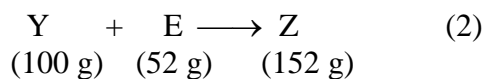
	(R,R)	(S,R)	(S,S)
3			√
И		√	

Задача 3

$$1) \quad m(\text{O}_2) = \frac{V(\text{O}_2)}{V_m} \times M(\text{O}_2) = \frac{16,8 \text{ L}}{22,4 \text{ L/mol}} \times 31,998 \text{ g/mol} = 24 \text{ g}$$

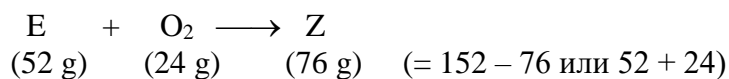


От масовия баланс на ур. 1: $m(\text{Z}) = 100 - 24 = 76 \text{ g}$

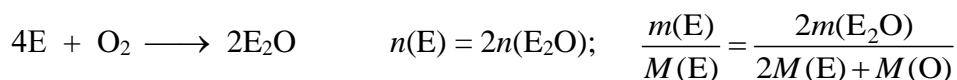


От масовия баланс на ур. 2: $m(\text{E}) = 152 - 100 = 52 \text{ g}$

От разликата: (2) – (1) и като се имат предвид масите на участващите вещества, следва:

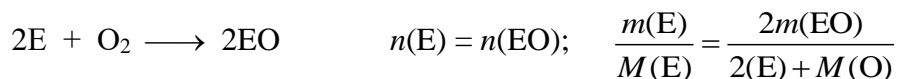


- 3) • Ако елементът **E** в оксида **Z** е в степен на окисление **+1**:



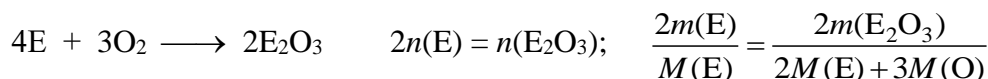
$$\frac{52 \text{ g}}{M(E)} = \frac{2 \times 76 \text{ g}}{2M(E) + 15,999 \text{ g/mol}}; \quad \Rightarrow M(E) = 17,3 \text{ g/mol} - \text{няма такъв елемент}$$

- Ако елементът **E** в оксида **Z** е в степен на окисление **+2**:



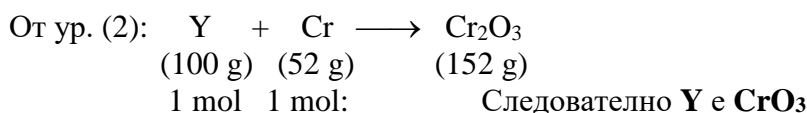
$$\frac{52 \text{ g}}{M(E)} = \frac{76 \text{ g}}{M(E) + 15,999 \text{ g/mol}}; \quad \Rightarrow M(E) = 34,7 \text{ g/mol} - \text{няма такъв елемент}$$

- Ако предположим, че елементът **E** в оксида **Z** е в степен на окисление **+3**:

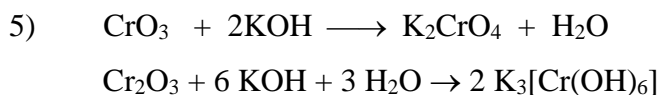


$$\frac{2 \times 52 \text{ g}}{M(E)} = \frac{76 \text{ g}}{2M(E) + 3 \times 15,999 \text{ g/mol}}; \quad \Rightarrow M(E) = 52,0 \text{ g/mol} - \text{това е } M(\text{Cr})$$

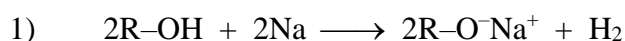
Оксидът **Z** е **Cr₂O₃**



- 4) Cr – d-елемент; Cr₂O₃ – амфотерен оксид; CrO₃ – киселинен оксид



Задача 4

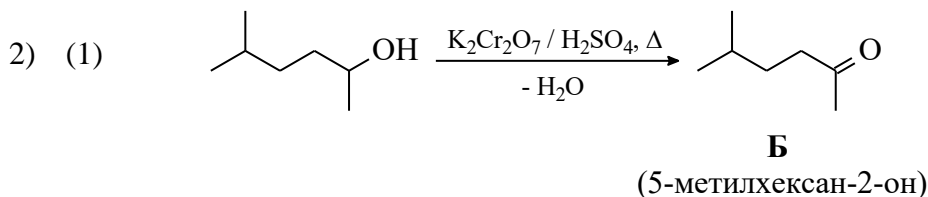


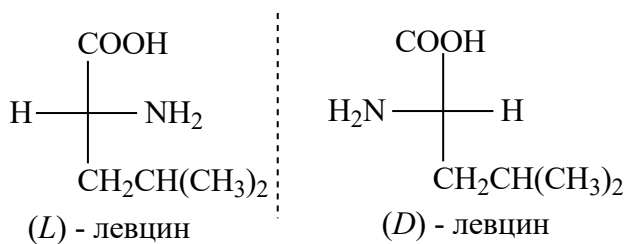
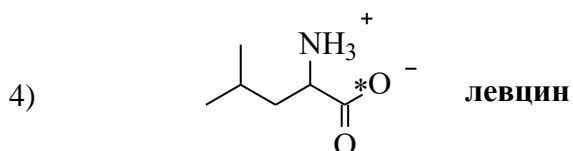
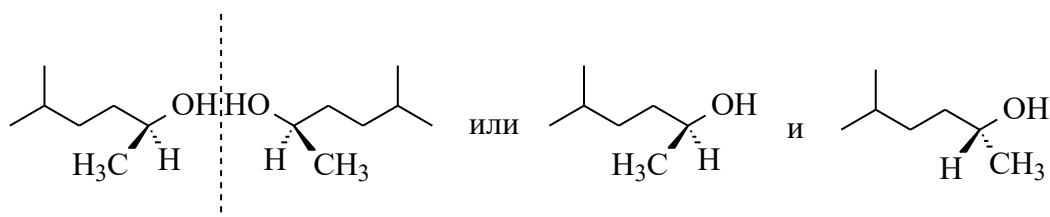
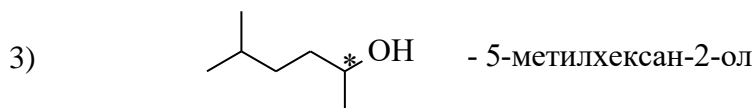
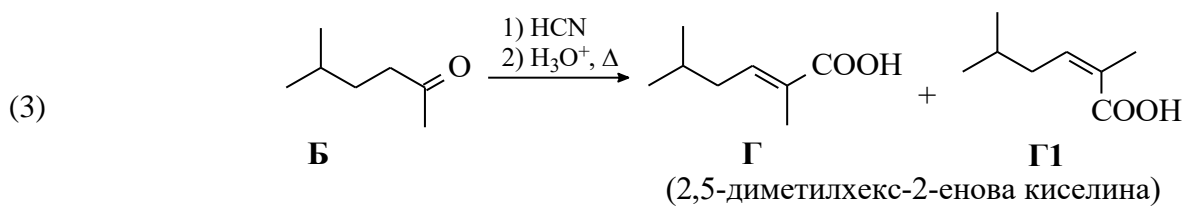
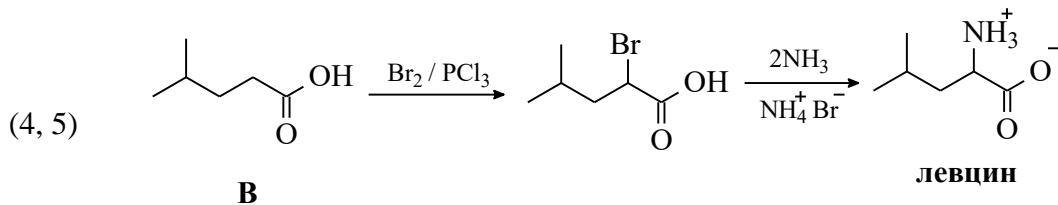
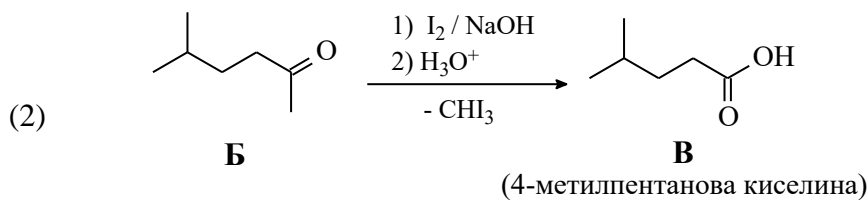
$$n(\text{H}_2) = \frac{67,2 \text{ cm}^3}{22400 \text{ cm}^3/\text{mol}} = 0,003 \text{ mol}; \quad M(\text{R-OH}) = \frac{0,6972 \text{ g}}{2 \times 0,003 \text{ mol}} = 116,2 \text{ g/mol}$$

От формулата на хомолжния ред на наситените алкохоли **C_nH_{(2n+2)O}**:

$$\begin{array}{l} M = nA(\text{C}) + 2nA(\text{H}) + 2A(\text{H}) + A(\text{O}) \\ 116,2 = n \times 12,011 \text{ g/mol} + 2n \times 1,008 \text{ g/mol} + 2 \times 1,008 \text{ g/mol} + 15,999 \text{ g/mol}; \quad \mathbf{n = 7} \end{array}$$

Молекулната формула на **A** е **C₇H₁₆O**





Природните, протеиногенни α-аминокиселини са в L-конфигурация

