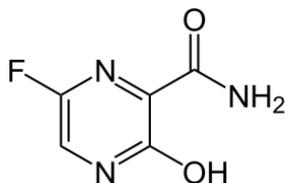


ОЛИМПИАДА 11 КЛАСС

ЗАДАНИЕ 1. (максимальный балл 6)

1.1 Фавипиравир — нуклеозидный аналог, разработанный и лицензированный в Японии для лечения гриппа в условиях новых пандемий.



ИЮПАК 6-фторо-3-гидроксипиразин-2-карбоксамид

До получения международного непатентованного названия фавипиравир обозначался индексом разработчика Т-705. Первые публикации о препарате появились в 2002 году.

Фавипиравир для лечения гриппа зарегистрирован только в Японии, в других странах его применимость против гриппа и других заболеваний исследуется.

Фавипиравир исследовался как возможное средство против SARS-CoV-2, попал в руководства по лечению некоторых стран. В 2020 году он зарегистрирован в России и включен в список жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов Минздрава России.

Ареплевир (Фавипиравир) используют инъекционно в концентрации 40 мг/мл.

Рассчитайте сколько атомов кислорода приходится на 1 атом F в 1 литре такого раствора ($\rho=1,035$ г/мл). Ответ округлите до целых.

$$m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 1035 \text{ гр}$$

$$m(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 40 \text{ гр}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 995 \text{ гр}$$

$$\nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = m/M = 40/157 = 0,255$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 995/18 = 55,28$$

$$\left. \begin{array}{l} \nu(\text{O})_1 = 2 \nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 0,51 \\ \nu(\text{O})_2 = 55,28 \end{array} \right\} 55,79 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{F}) = \nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 0,255$$

$$55,79 N_A \text{ атомов [O]} - 0,255 N_A \text{ атомов [F]}$$

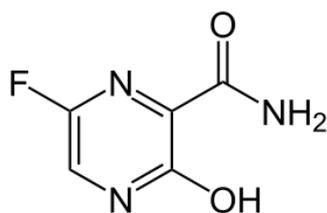
$$X - 1 \text{ атом}$$

$$218,784 = 219 \text{ атомов [O]}$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $m(\text{р-ра}) = V \cdot \rho = 1035 \text{ гр}$ $m(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 40 \text{ гр}$ $\nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = m/M =$ | 2 |

| | | |
|--|----------------------|---|
| $40/157=0,255$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 995 \text{ гр}$ $v(\text{H}_2\text{O})= 995/18=55,28$ $v(\text{O})_1=2 v(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2)= 0,51$ $v(\text{O})_2=55,28$ | $55,79 \text{ моль}$ | 2 |
| $v(\text{F}) = v(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2)= 0,255$ | | 2 |
| $55,79 N_{\text{А атомов [O]}} - 0,255 N_{\text{А атомов [F]}}$ $X - 1 \text{ атом}$ | | |
| $218,784 = 219 \text{ атомов [O]}$ | | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | | 6 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | | 4 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | | 2 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | | 0 |
| Максимальный балл | | 6 |

1.2. Фавипиравир — нуклеозидный аналог, разработанный и лицензированный в Японии для лечения гриппа в условиях новых пандемий.



ИЮПАК 6-фторо-3-гидроксипирозин-2-карбоксамид

До получения международного непатентованного названия фавипиравир обозначался индексом разработчика Т-705. Первые публикации о препарате появились в 2002 году.

Фавипиравир для лечения гриппа зарегистрирован только в Японии, в других странах его применимость против гриппа и других заболеваний исследуется.

Фавипиравир исследовался как возможное средство против SARS-CoV-2, попал в руководства по лечению некоторых стран. В 2020 году он зарегистрирован в России и включен в список жизненно необходимых и важнейших лекарственных препаратов Минздрава России.

Ареплевир (Фавипиравир) используют инъекционно в концентрации 40 мг/мл.

Рассчитайте сколько атомов водорода приходится на 1 атом N в 1 литре такого раствора ($\rho=1,035$ г/мл). Ответ округлите до целых.

$$m(\text{p-ра}) = V \cdot \rho = 1035 \text{ гр}$$

$$m(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 40 \text{ гр}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 995 \text{ гр}$$

$$\nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = m/M = 40/157 = 0,255$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 995/18 = 55,28$$

$$\left. \begin{array}{l} \nu(\text{H})_1 = 4 \nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 1,02 \\ \nu(\text{H})_2 = 2 \nu(\text{H}_2\text{O}) = 110,56 \text{ моль} \end{array} \right\} 111,58$$

$$\nu(\text{N}) = 3 \nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 0,765$$

$$111,58 N_{\text{А атомов [H]}} - 0,765 N_{\text{А атомов [N]}}$$

$$X - 1 \text{ атом}$$

$$145,856 = 146 \text{ атомов [H]}$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $m(\text{p-ра}) = V \cdot \rho = 1035 \text{ гр}$ $m(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 40 \text{ гр}$ $40/157 = 0,255$ $m(\text{H}_2\text{O}) = 995 \text{ гр}$ $\nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = m/M =$ $\nu(\text{H}_2\text{O}) = 995/18 = 55,28$ | 2 |
| $\left. \begin{array}{l} \nu(\text{H})_1 = 4 \nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 1,02 \\ \nu(\text{H})_2 = 2 \nu(\text{H}_2\text{O}) = 110,56 \text{ моль} \end{array} \right\} 111,58$ | 2 |
| $\nu(\text{N}) = 3 \nu(\text{C}_5\text{H}_4\text{FN}_3\text{O}_2) = 0,765$ | 2 |
| $111,58 N_{\text{А атомов [H]}} - 0,765 N_{\text{А атомов [N]}}$ $X - 1 \text{ атом}$ | |
| $145,856 = 146 \text{ атомов [H]}$ | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 6 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 4 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 2 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 6 |

]

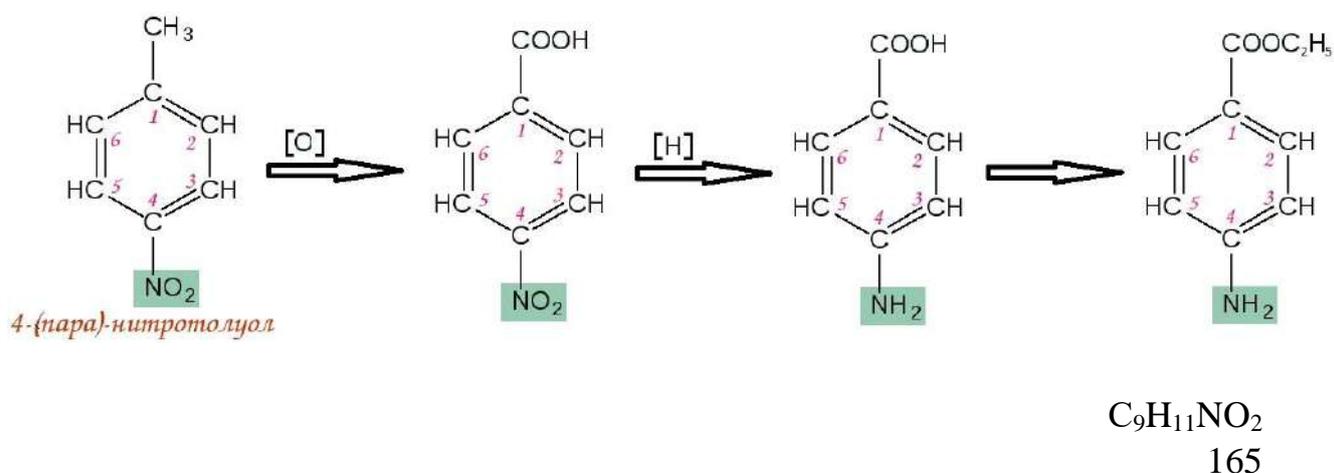
ЗАДАНИЕ 2. (максимальный балл 6)

2.1 Препарат Бензокаин используют для местной анестезии в виде 10% масляного раствора.

Действующее вещество, анестезин ($C_9H_{11}NO_2$) может быть получен последовательно из *p*-нитротолуола окислением метильной группы, восстановлением нитрогруппы и последующей этерификацией.

Составьте схему синтеза и предложите условия проведения реакций на каждом этапе.

Рассчитайте массу *p*-нитротолуола, содержащий 5% примесь, которая потребуется для получения 200 флаконов, содержащих 100 г -10% раствора анестезина



$$m_{\text{в 1 флаконе}} = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ грамм}$$

$$m_{\text{в 200 флаконах}} = 10 \cdot 200 = 2000 \text{ грамм}$$

$$\nu(C_9H_{11}NO_2) = m/M = 2000/165 = 12,12 \text{ моль}$$

$$\nu(C_7H_7NO_2) = 12,12$$

$$m(C_7H_7NO_2)_{\text{чистый}} = 137 \cdot 12,12 = 1660,44$$

$$m(\text{технический образец}) = (1660,44 \cdot 100) / 95 = 1747,8 = 1,75 \text{ кг}$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| <p style="text-align: right;">$C_9H_{11}NO_2$ 165</p> | 2 |
| $m_{\text{в 1 флаконе}} = 100 \cdot 0,1 = 10 \text{ грамм}$ $m_{\text{в 200 флаконах}} = 10 \cdot 200 = 2000 \text{ грамм}$ | 2 |

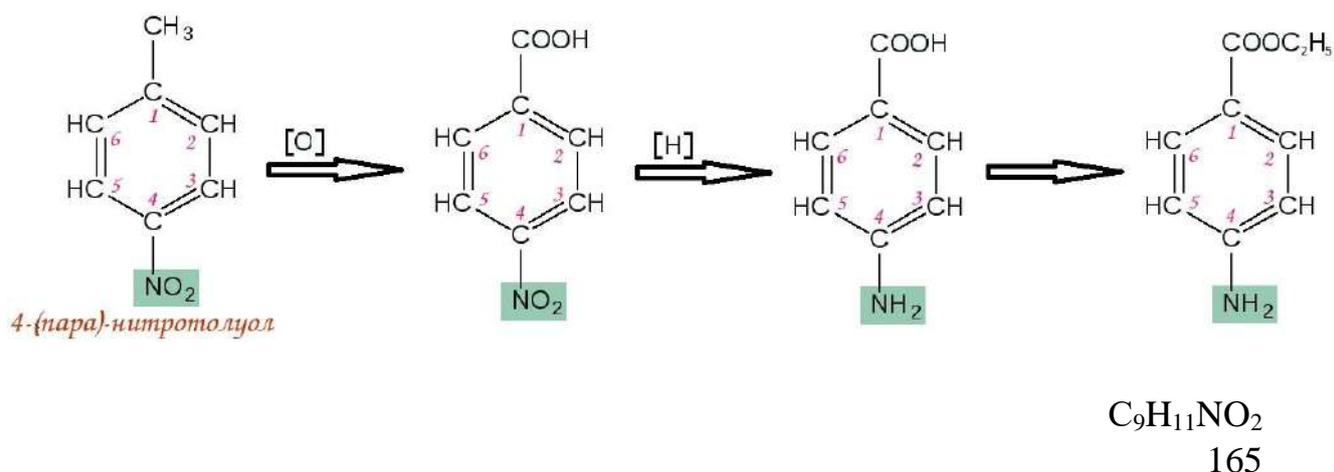
| | |
|--|---|
| $\nu(\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2) = m/M = 2000/165 = 12,12$ моль $\nu(\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2) = 12,12$ $m(\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2)_{\text{чистый}} = 137 * 12,12 = 1660,44$ $m(\text{технический образец}) = (1660,44 * 100) / 95 = 1747,8 = 1,75$ кг | 2 |
| <hr/> | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 6 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 4 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 2 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 6 |

2.2 Препарат Бензокаин используют для местной анестезии в виде 10% масляного раствора.

Действующее вещество, анестезин ($\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2$) может быть получен последовательно из п-нитротолуола окислением метильной группы, восстановлением нитрогруппы и последующей этерификацией.

Составьте схему синтеза и предложите условия проведения реакций на каждом этапе.

Рассчитайте массу п-нитротолуола, содержащий 1,5% примесей, которая потребуется для получения 500 флаконов содержащих 200 г 10% раствора анестезина



$$m_{\text{в 1 флаконе}} = 200 * 0,1 = 20 \text{ грамм}$$

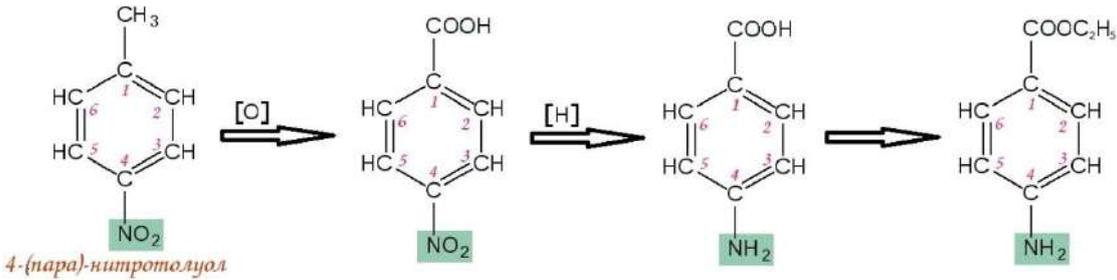
$$m_{\text{в 500 флаконах}} = 20 * 500 = 10000 \text{ грамм}$$

$$\nu(\text{C}_9\text{H}_{11}\text{NO}_2) = m/M = 10000/165 = 60,61 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2) = 60,61$$

$$m(C_7H_7NO_2)_{\text{чистый}} = 137 * 60,61 = 8303,57$$

$$m(\text{технический образец}) = (8303,57 * 100) / 98,5 = 8430,02 = 8,43$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|----------------------------|
|  <p>4-(пара)-нитротолуол</p> <p> $m_{\text{в 1 флаконе}} = 200 * 0,1 = 20 \text{ грамм}$ $m_{\text{в 500 флаконах}} = 20 * 500 = 10000 \text{ грамм}$ $\nu(C_9H_{11}NO_2) = m/M = 10000/165 = 60,61 \text{ моль}$ $\nu(C_7H_7NO_2) = 60,61$ $m(C_7H_7NO_2)_{\text{чистый}} = 137 * 60,61 = 8303,57$ $m(\text{технический образец}) = (8303,57 * 100) / 98,5 = 8430,02 = 8,43$ </p> | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> |
| <p>Ответ правильный и полный, включает все названные элементы</p> | <p>6</p> |
| <p>В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения</p> | <p>4</p> |
| <p>В ответе допущены ошибки в двух элементах</p> | <p>2</p> |
| <p>В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах</p> | <p>1</p> |
| <p>Все элементы ответа записаны неверно</p> | <p>0</p> |
| <p>Максимальный балл</p> | <p>6</p> |

ЗАДАНИЕ 3.(максимальный балл 6)

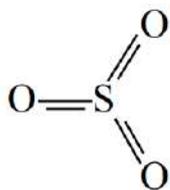
3.1 Серный ангидрид является весьма эффективным сульфорирующим агентом, который можно использовать для сульфирования малоактивных соединений. Он находит широкое применение в фармацевтической синтезе.

В процессе синтеза серного ангидрида из сернистого газа и кислорода давление в замкнутом реакционном сосуде снизилось на четверть (при $T = \text{const}$).

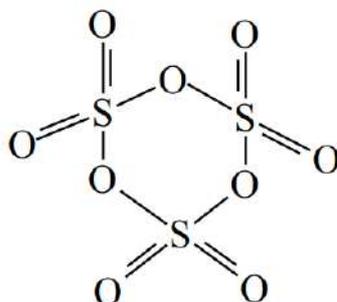
Рассчитайте состав (объемные доли) полученной газовой смеси, приняв, что в исходной смеси реагенты присутствовали в стехиометрическом

соотношения и все вещества в заданных условиях в газообразном состоянии. Также приведите структурные формулы серного ангидрида: мономера, тримера и полимера.

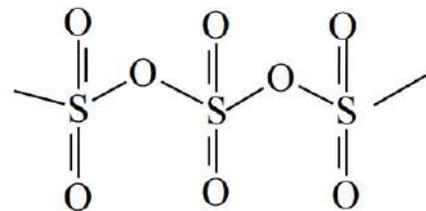
РЕШЕНИЕ



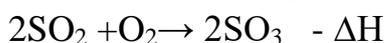
SO₃ мономер



(SO₃)₃ тример



(SO₃)_n полимер



Пусть

$$\nu(\text{SO}_2) = 2 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 1 \text{ моль}$$

Если реакция протекает до конца, давление в реакторе снижается на 33,333% (из 3 моль реагентов получено 2 моль серного ангидрида)

Тогда

$$\text{Если } p \downarrow \text{ на } 33,333\% - \eta = 100\%$$

$$\text{Если } p \downarrow \text{ на } 25\% - \eta = X\%$$

$$X = (25 \cdot 100) / 33,333 = 75\%$$

Значит в предлагаемых условиях выход составляет 75%

$$\nu(\text{SO}_2) \text{ вступившего в реакцию} = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) \text{ вступившего в реакцию} = 1 \cdot 0,75 = 0,75 \text{ моль}$$

В реакционном сосуде осталось

$$\nu(\text{SO}_2) = 2 - 1,5 = 0,5 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 1 - 0,75 = 0,25 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{SO}_3) = 2\nu(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,75 = 1,5 \text{ моль}$$

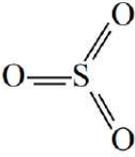
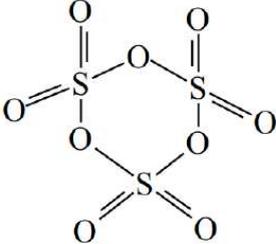
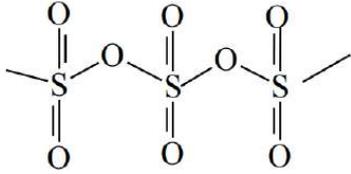
$$\Sigma \nu_{\text{(газов после реакции)}} = 0,5 + 0,25 + 1,5 = 2,25 \text{ моль}$$

В предлагаемых условиях

$$\varphi(\text{SO}_2) = 0,5 / 2,25 = 22,2\%$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,25 / 2,25 = 11,1\%$$

$$\varphi(\text{SO}_3) = 1,5 / 2,25 = 66,7\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>SO₃ мономер</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(SO₃)₃ тример</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>(SO₃)_n полимер</p> </div> </div> | 2 |
| <p style="text-align: center;">$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3 - \Delta H$</p> <p>Пусть $\nu(\text{SO}_2) = 2$ моль $\nu(\text{O}_2) = 1$ моль Если реакция протекает до конца, давление в реакторе снижается на 33,333% (из 3 моль реагентов получено 2 моль серного ангидрида) Тогда Если $\rho \downarrow$ на 33,333% - $\eta = 100\%$ Если $\rho \downarrow$ на 25% - $\eta = X\%$</p> <p>$X = (25 \cdot 100) / 33,333 = 75\%$</p> <p>Значит в предлагаемых условиях выход составляет 75%</p> <p>$\nu(\text{SO}_2)$ вступившего в реакцию = $2 \cdot 0,75 = 1,5$ моль $\nu(\text{O}_2)$ вступившего в реакцию = $1 \cdot 0,75 = 0,75$ моль</p> <p>В реакционном сосуде осталось $\nu(\text{SO}_2) = 2 - 1,5 = 0,5$ моль $\nu(\text{O}_2) = 1 - 0,75 = 0,25$ моль</p> <p>$\nu(\text{SO}_3) = 2\nu(\text{O}_2) = 2 \cdot 0,75 = 1,5$ моль</p> <p>$\Sigma \nu_{\text{(газов после реакции)}} = 0,5 + 0,25 + 1,5 = 2,25$ моль</p> <p>В предлагаемых условиях</p> <p>$\varphi(\text{SO}_2) = 0,5 / 2,25 = 22,2\%$ $\varphi(\text{O}_2) = 0,25 / 2,25 = 11,1\%$ $\varphi(\text{SO}_3) = 1,5 / 2,25 = 66,7\%$</p> | 2 |
| <p>Ответ правильный и полный, включает все названные элементы</p> | 6 |
| <p>В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения</p> | 4 |
| <p>В ответе допущены ошибки в двух элементах</p> | 2 |

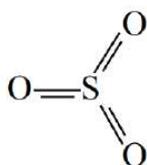
| | |
|---|---|
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 1 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 6 |

3.2 Серный ангидрид является весьма эффективным сульфорирующим агентом, который можно использовать для сульфирования малоактивных соединений. Он находит широкое применение в фармацевтическом синтезе.

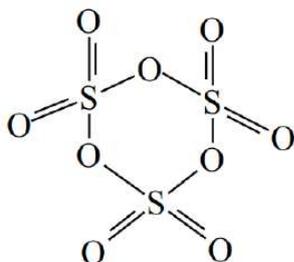
В процессе синтеза серного ангидрида из сернистого газа и кислорода давление в замкнутом реакционном сосуде уменьшилось $1/5$ (при $T = \text{const}$).

Рассчитайте состав (объемные доли) полученной газовой смеси, приняв, что в исходной смеси реагенты присутствовали в стехиометрическом соотношения и все вещества в заданных условиях в газообразном состоянии. Также приведите структурные формулы серного ангидрида: мономера, тримера и полимера.

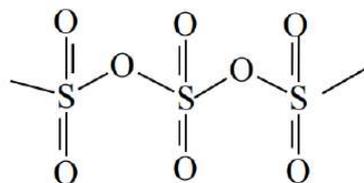
РЕШЕНИЕ



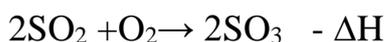
SO_3 мономер



$(\text{SO}_3)_3$ тример

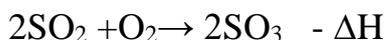


$(\text{SO}_3)_n$ полимер



Пусть

Снизилось в 5 раз



Пусть

$\nu(\text{SO}_2) = 2$ моль

$\nu(\text{O}_2) = 1$ моль

Если $\rho \downarrow$ на 33,333% - $\eta = 100\%$

Если $\rho \downarrow$ на 20%% - $\eta = X\%$

$$X = (20 * 100) / 33,333 = 60\%$$

Значит в предлагаемых условиях выход составляет 60%

$\nu(\text{SO}_2)$ вступившего в реакцию = $2 * 0,6 = 1,2$ моль

$\nu(\text{O}_2)$ вступившего в реакцию = $1 * 0,6 = 0,6$ моль

В реакционном сосуде осталось

$$\nu(\text{SO}_2) = 2 - 1,2 = 0,8 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 1 - 0,6 = 0,4 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{SO}_3) = 2\nu(\text{O}_2) = 2 * 0,6 = 1,2 \text{ моль}$$

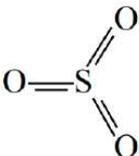
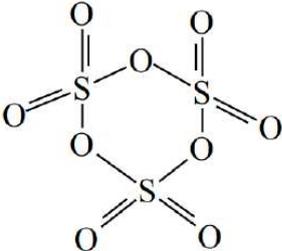
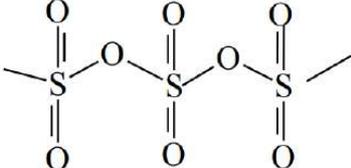
$$\Sigma \nu_{\text{(газов после реакции)}} = 0,8 + 0,4 + 1,2 = 2,4 \text{ моль}$$

В предлагаемых условиях

$$\varphi(\text{SO}_2) = 0,8 / 2,4 = 0,3333 = 33,3\%$$

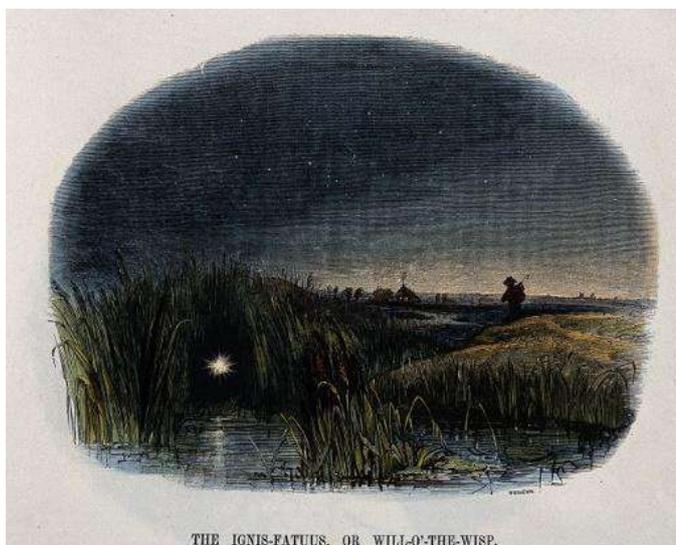
$$\varphi(\text{O}_2) = 0,4 / 2,4 = 0,166 = 16,6\%$$

$$\varphi(\text{SO}_3) = 1,2 / 2,4 = 0,5 = 50\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>SO_3 мономер</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>$(\text{SO}_3)_3$ тример</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>$(\text{SO}_3)_n$ полимер</p> </div> </div> <p style="text-align: center;">$2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{SO}_3 - \Delta H$</p> | 2 |
| <p>Пусть</p> <p>Снизилось в 5 раз</p> <p>Пусть</p> $\nu(\text{SO}_2) = 2 \text{ моль}$ $\nu(\text{O}_2) = 1 \text{ моль}$ <p>Если $\rho \downarrow$ на 33,333% - $\eta = 100\%$ Если $\rho \downarrow$ на 20%% - $\eta = X\%$</p> $X = (20 * 100) / 33,333 = 60\%$ <p>Значит в предлагаемых условиях выход составляет 60%</p> $\nu(\text{SO}_2)_{\text{вступившего в реакцию}} = 2 * 0,6 = 1,2 \text{ моль}$ $\nu(\text{O}_2)_{\text{вступившего в реакцию}} = 1 - 0,6 = 0,6 \text{ моль}$ <p>В реакционном сосуде осталось</p> | 2 |

| | | | |
|---|---|-------|--|
| $v(\text{SO}_2) = 2 - 1,2 = 0,8$ моль $v(\text{O}_2) = 1 - 0,6 = 0,4$ моль $v(\text{SO}_3) = 2v(\text{O}_2) = 2 * 0,6 = 1,2$ моль $\Sigma v(\text{газов после реакции}) = 0,8 + 0,4 + 1,2 = 2,4$ моль В предлагаемых условиях $\varphi(\text{SO}_2) = 0,8 / 2,4 = 0,3333 = 33,3\%$ $\varphi(\text{O}_2) = 0,4 / 2,4 = 0,166 = 16,6\%$ $\varphi(\text{SO}_3) = 1,2 / 2,4 = 0,5 = 50\%$ | 2 | | |
| <table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 70%;">Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла)</td> <td style="width: 30%; text-align: center;">Баллы</td> </tr> </table> | Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы | |
| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы | | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 6 | | |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 4 | | |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 2 | | |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 1 | | |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 | | |
| Максимальный балл | 6 | | |

ЗАДАНИЕ 4. (максимальный балл 8)



4.1

THE IGNIS-FATUUS, OR WILL-O'-THE-WISP.

Это гравюра XIX века английского художника Чарльза Вампера (*Charles Wimper*) изображает редкое природное явление — **блуждающий болотный огонек**. Упоминание о таких огоньках встречается в фольклоре многих культур, при этом большинство преданий говорит, что встреча с таким огоньком опасна для человека. Девонширцы, как и

другие жители Англии и Уэльса, которым не посчастливилось жить неподалеку от болот, старались не покидать своих домов в темное время суток: предметом их страха были блуждающие болотные огоньки — белое или бледно-зеленое свечение шарообразной формы, не дающее дыма. В английском фольклоре блуждающие огоньки считались духами, предвещающими несчастье тому, кто их увидел. Если же кому из обитателей Девоншира и других болотистых областей Англии доводилось краем глаза заметить блуждающий огонек, незадачливый путник бросался на землю лицом вниз, закрывал глаза и лежал так, ожидая, что огонь не тронет и не заметит его.

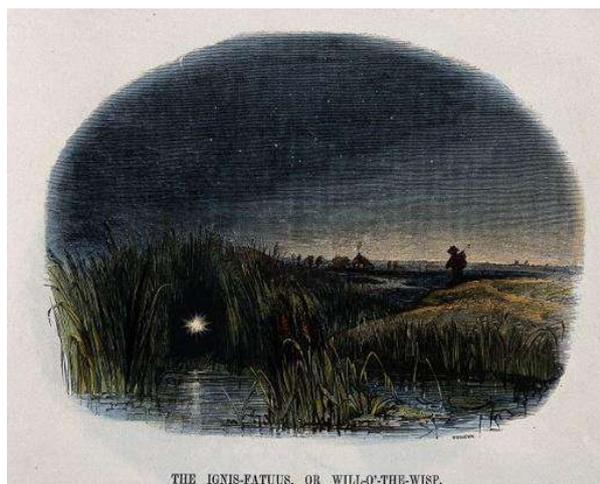
Болотных огней боялись не только англичане. Славяне считали, что эти огни — блудички — души утопленников, появляющиеся над своими могилами. В Бангладеш блуждающие огоньки называли «алейя», а в Японии — «хитодама», в народных преданиях обеих стран эти огни считались душами погибших в море рыбаков.

Основу болотного газа составляет вещество **ЭхНу**, массовая доля водорода в котором составляет 8,834%. Рассчитайте массу раствора 15% КОН в котором надо растворить вещество **Э**, чтобы выделившегося газа **ЭхНу** было достаточно для взаимодействия с 150 мл 0,1 М раствора AgNO_3 .

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| <p>Узнать формулу Если $m(\text{ЭхНу}) = 100$ $m(\text{H}) = 8,834$ $m(\text{Э}) = 91,166$</p> <p>$8,834x = 91,166y/\text{Э}$</p> <p>Если $x=1$ $y=2$ Если $x=1$ $y=3$ $\text{Э}=31$ PH_3</p> | 2 |
| <p>Уравнение реакции $4\text{P} + 3\text{KOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{PH}_3\uparrow + 3\text{KH}_2\text{PO}_2$</p> | 2 |
| <p>Уравнение реакции $\text{PH}_3 + 8\text{AgNO}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{Ag} + \text{H}_3\text{PO}_4 + 8\text{HNO}_3$</p> | 2 |

| | |
|--|---|
| <p>Расчет</p> $\nu(\text{AgNO}_3) = CV = 0,1 * 0,15 = 0,015$ $\nu(\text{PH}_3) = 1/8 \nu(\text{AgNO}_3) = 0,001875$ $\nu(\text{KOH}) = 3\nu(\text{PH}_3) = 0,005625$ $m(\text{KOH}) = \nu * M = 0,315$ $m(\text{p-ра}) = 2,1 \text{ гр}$ | 2 |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 8 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 6 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 4 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 8 |

1



Это гравюра XIX века английского художника Чарльза Вампера (*Charles Wimper*) изображает редкое природное явление — **блуждающий болотный огонек**. Упоминание о таких огоньках встречается в фольклоре многих культур, при этом большинство преданий говорит, что встреча с таким огоньком опасна для человека. Девонширцы, как и другие жители Англии и Уэльса, которым не посчастливилось жить неподалеку от болот, старались не покидать своих домов в темное время суток: предметом их страха были блуждающие болотные огоньки — белое или бледно-зеленое свечение шарообразной формы, не дающее дыма. В английском фольклоре блуждающие огоньки считались духами, предвещающими несчастье тому, кто их увидел. Если же кому из

обитателей Девоншира и других болотистых областей Англии доводилось краем глаза заметить блуждающий огонек, незадачливый путник бросался на землю лицом вниз, закрывал глаза и лежал так, ожидая, что огонь не тронет и не заметит его.

Болотных огней боялись не только англичане. Славяне считали, что эти огни — блудички — души утопленников, появляющиеся над своими могилами. В Бангладеш блуждающие огоньки называли «алейя», а в Японии — «хитодама», в народных преданиях обеих стран эти огни считались душами погибших в море рыбаков.

Основу болотного газа составляет вещество **ЭхНу**, массовая доля водорода в котором составляет 8,834%. Рассчитайте массу раствора 25% КОН в котором надо растворить вещество Э, чтобы при взаимодействии полученного продукта **ЭхНу** с Cl₂ в присутствии воды было получено 39г смеси кислот

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------------------------------------|
| <p>Узнать формулу Если $m(\text{ЭхНу}) = 100$ $m(\text{H}) = 8,834$ $m(\text{Э}) = 91,166$</p> <p>$8,834x = 91,166y/\text{Э}$</p> <p>Если $x=1$ $y=2$ Если $x=1$ $y=3$ $\text{Э}=31$ РН_3</p> <p>Уравнение реакции $4\text{P} + 3\text{KOH} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{РН}_3\uparrow + 3\text{KN}_2\text{PO}_2$</p> <p>Уравнение реакции $4\text{Cl}_2 + \text{РН}_3 + 4\text{H}_2\text{O} \rightarrow 8\text{HCl} + \text{H}_3\text{PO}_4$ $\qquad\qquad\qquad 8x \qquad\quad x$</p> <p>$8x \cdot 36,5 + x \cdot 98 = 39$ $390x = 39$ $x = 0,1$</p> <p>Расчет</p> | <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> <p>2</p> |

| | |
|--|---|
| $\nu(\text{PH}_3) = 0,1$ $\nu(\text{KOH}) = 3\nu(\text{PH}_3) = 0,3$ $m(\text{KOH}) = \nu * M = 0,3 * 56 = 16,8$ $m(\text{p-ра}) = 67,2 \text{ гр}$ | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 8 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 6 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 4 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 8 |

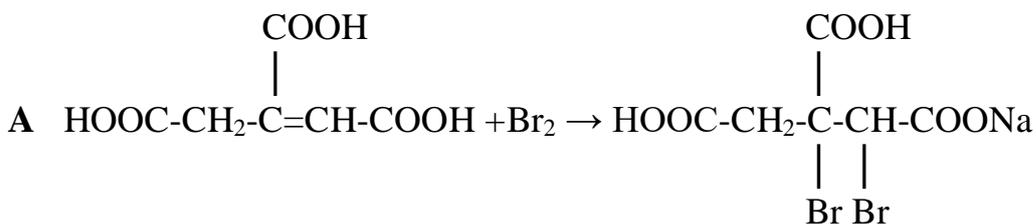
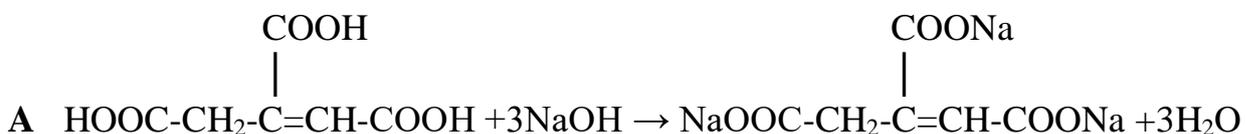
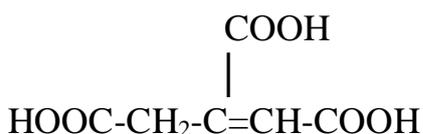
ЗАДАНИЕ 5. (максимальный балл 10)

5.1 Смесь с суммарной массой 4,1, состоящая из аконитовой (пропен-1,2,3 трикарбоновой) и предельной монокарбоновой гидроксикислоты способна прореагировать с 0,2 л 0,25 М р-ром NaOH.

Эта же смесь может прореагировать с 32 г 5% р-ра Br_2 в углерода тетрахлориде.

Установите формулу гидроксикислоты и рассчитайте массу продукта, который может быть получен при ее нагревании, учитывая, что гидроксильная группа в молекуле находится в максимальном удалении от карбоксильной.

Решение



$$v(\text{Br}_2) = (m \cdot \omega) / M = (32 \cdot 0,05) / 160 = 0,01$$

$$v(\text{аконитовой}) = v(\text{Br}_2) = 0,01$$

$$m(\text{аконитовой}) = v \cdot M = 174 \cdot 0,01 = 1,74$$

$$v(\text{NaOH}) = CV = 0,25 \cdot 0,2 = 0,05$$

$$v(\text{NaOH})_A = 0,03$$

$$v(\text{NaOH})_B = 0,02 \quad \blacktriangleright \quad (\text{HO-CH}_2\text{-X-COOH}) = v(\text{NaOH}) = 0,02$$

$$m(\text{HO-CH}_2\text{-X-COOH}) = \Sigma m - m(\text{аконитовой}) = 4,1 - 1,74 = 2,36$$

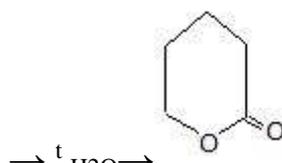
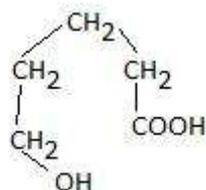
$$M(\text{HO-CH}_2\text{-X-COOH}) = 2,36 / 0,02 = 118 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{X}) = 42 \quad 3x(14)$$



σ-оксипентановая кислота

Реакция



1,5 пентанолид

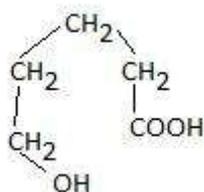
$$m(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2) = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ гр}$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| Решение | |
| $\begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HOOC-CH}_2\text{-C=CH-COOH} \end{array}$ | 2 |
| $\text{A} \quad \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HOOC-CH}_2\text{-C-CH-COOH} \end{array} + 3\text{NaOH} \rightarrow \begin{array}{c} \text{COONa} \\ \\ \text{NaOOC-CH}_2\text{-C=CH-COONa} \end{array} + 3\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| $\text{B} \quad \text{HO-CH}_2\text{-X-COOH} + \text{NaOH} \rightarrow \text{HO-CH}_2\text{-X-COONa} + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| $\text{A} \quad \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HOOC-CH}_2\text{-C=CH-COOH} \end{array} + \text{Br}_2 \rightarrow \begin{array}{c} \text{COOH} \\ \\ \text{HOOC-CH}_2\text{-C-CH-COONa} \\ \quad \\ \text{Br} \quad \text{Br} \end{array}$ | 2 |
| $v(\text{Br}_2) = (m \cdot \omega) / M = (32 \cdot 0,05) / 160 = 0,01$ | |

$\nu(\text{аконитовой}) = \nu(\text{Br}_2) = 0,01$
 $m(\text{аконитовой}) = \nu * M = 174 * 0,01 = 1,74$
 $\nu(\text{NaOH}) = CV = 0,25 * 0,2 = 0,05$
 $\nu(\text{NaOH})_A = 0,03$
 $\nu(\text{NaOH})_B = 0,02 \quad \blacktriangleright \quad (\text{HO}-\text{CH}_2-\text{X}-\text{COOH}) = \nu(\text{NaOH}) = 0,02$
 $m(\text{HO}-\text{CH}_2-\text{X}-\text{COOH}) = \Sigma m - m(\text{аконитовой}) = 4,1 - 1,74 = 2,36$
 $M(\text{HO}-\text{CH}_2-\text{X}-\text{COOH}) = 2,36 / 0,02 = 118 \text{ г/моль}$
 $M(\text{X}) = 42 \quad 3x(14)$

$\text{HO}-\text{CH}_2-\text{X}-\text{COOH} = \text{HO}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$
 $\sigma\text{-оксипентановая кислота}$

Реакция

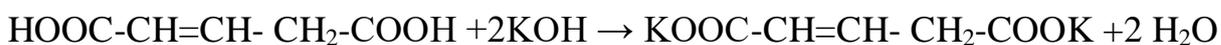


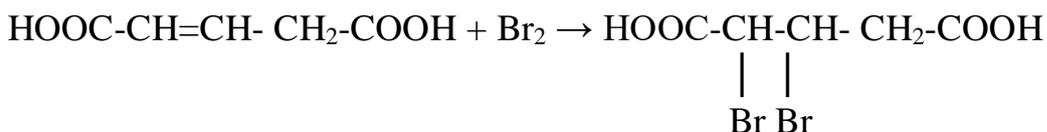
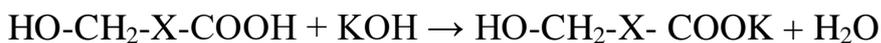
$m(\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2) = 0,02 * 100 = 2 \text{ гр}$

| | |
|--|----|
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 10 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 8 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 5 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 10 |

5.2 Смесь с суммарной массой 4.42, состоящая из глутаконовой (2-пентендиовой) и предельной монокарбоновой гидроксикислоты способна прореагировать с 125 мл 0,4М р-ра КОН. Эта же смесь может прореагировать с 3,2% 50г р-ра Br_2 в гексане.

Установите формулу гидроксикислоты и рассчитайте массу продукта, который может быть получен при ее нагревании, учитывая, что гидроксильная группа в молекуле находится в максимальном удалении от карбоксильной.





$$\nu(\text{Br}_2) = (m \cdot \omega) / M = (0,032 \cdot 50) / 160 = 0,01$$

$$\nu(\text{KOH на глутаконовую}) = 0,02$$

$$\nu(\text{KOH общая}) = 0,125 \cdot 0,4 = 0,05$$

$$\nu(\text{KOH для кислоты}) = 0,05 - 0,02 = 0,03$$

$$\nu \text{ кислоты} = 0,03$$

$$m(\text{глутаконовой}) = \nu \cdot M = 130 \cdot 0,01 = 1,3$$

$$m \text{ кислоты} = 4,42 - 1,3 = 3,12$$

$$M = 3,12 / 0,03 = 104$$

$$\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_3 = 104$$

$$n = 4$$

Вещество HO-CH₂-CH₂-CH₂-COOH

C₄H₈O₃ 4-окси-бутановая кислота

1,4 бутанолид

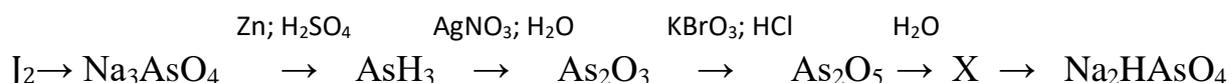
$$m(\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_2) = 3,12 - (0,03 \cdot 18) = 2,58$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $\text{HOOC-CH=CH-CH}_2\text{-COOH} + 2\text{KOH} \rightarrow \text{KOOC-CH=CH-CH}_2\text{-COOK} + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| $\text{HO-CH}_2\text{-X-COOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{HO-CH}_2\text{-X-COOK} + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| $\text{HOOC-CH=CH-CH}_2\text{-COOH} + \text{Br}_2 \rightarrow \text{HOOC-CH(Br)-CH(Br)-CH}_2\text{-COOH}$ | 2 |
| $\nu(\text{Br}_2) = (m \cdot \omega) / M = (0,032 \cdot 50) / 160 = 0,01$ $\nu(\text{KOH глутаконовую}) = 0,02$ $\nu(\text{KOH общая}) = 0,125 \cdot 0,4 = 0,05$ $\nu(\text{KOH для кислоты}) = 0,05 - 0,02 = 0,03$ $\nu \text{ кислоты} = 0,03$ $m(\text{глутаконовой}) = \nu \cdot M = 130 \cdot 0,02 = 2,6$ $m \text{ кислоты} = 5,72 - 2,6 = 3,12$ $M = 3,12 / 0,03 = 104$ $\text{C}_n\text{H}_{2n}\text{O}_3 = 104$ $n = 4$ | 2 |

| | |
|--|----|
| Вещество HO-CH ₂ - CH ₂ -CH ₂ -COOH C ₄ H ₈ O ₃ 4-окси-бутановая кислота 1,4 бутанолид $m(C_4H_6O_2)=3,12-(0,03*18)=2,58$ | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 10 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 8 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 5 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 10 |

ЗАДАНИЕ 6.(максимальный балл 12)

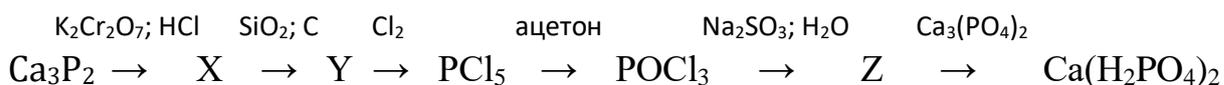
6.1 Напишите уравнение реакции, соответствующих цепочке превращения.



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| 1) $I_2 + Na_3AsO_3 + H_2O \rightarrow Na_3AsO_4 + 2HI$ | 2 |
| 2) $2 Na_3AsO_4 + 8Zn + 11H_2SO_4 \rightarrow 2AsH_3 + 8H_2O + 8ZnSO_4 + 3Na_2SO_4$ | 2 |
| 3) $2AsH_3 + 12AgNO_3 + 3H_2O \rightarrow 12Ag \downarrow + As_2O_3 + 12HNO_3$ | 2 |
| 4) $3As_2O_3 + 2KBrO_3 + 2HCl \rightarrow 3As_2O_5 + 2HBr + 2KCl$ | 2 |
| 5) $As_2O_5 + 3H_2O \rightarrow 2H_3AsO_4$ | 2 |
| 6) $H_3AsO_4 + 2NaOH \xrightarrow{t} Na_2HAsO_4 + 2H_2O$ | 2 |
| Правильно записаны все уравнения реакций, составлены электронные балансы и указаны условия проведения (там ,где необходимо) | 12 |
| Правильно записаны 5 уравнений реакций | 10 |
| Правильно записаны 4 уравнения | 8 |
| Правильно записаны 3 уравнения | 6 |
| Правильно записаны 2 уравнения | 4 |

| | |
|----------------------------------|----|
| Правильно записано 1 уравнение 2 | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

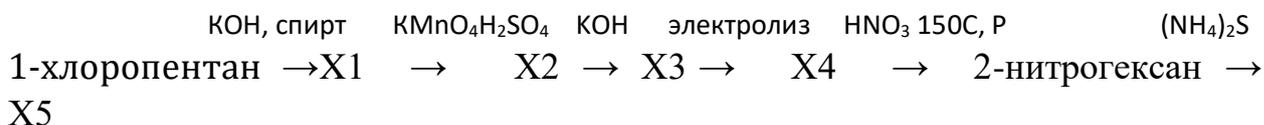
6.2 Напишите уравнение реакции, соответствующих цепочке превращения.



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| 1) $3\text{Ca}_3\text{P}_2 + 8\text{K}_2\text{CrO}_7 + 64\text{HCl} \rightarrow 3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 16\text{CrCl}_3 + 16\text{KCl} + 32\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 2) $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 + 3\text{SiO}_2 + 5\text{C} \rightarrow 2\text{P} + 5\text{CO} + 3\text{CaSiO}_3$ | 2 |
| 3) $2\text{P} + 5\text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{PCl}_5$ | 2 |
| 4) $\text{CH}_3 - \underset{\text{O}}{\underset{\parallel}{\text{C}}} - \text{CH}_3 + \text{PCl}_5 \rightarrow \text{CH}_3 - \underset{\text{Cl}}{\overset{\text{Cl}}{\text{C}}} - \text{CH}_3 + \text{POCl}_3$ | 2 |
| 5) $2\text{POCl}_3 + 3\text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow 6\text{NaCl} + 2\text{H}_3\text{PO}_4 + 3\text{SO}_2$ | 2 |
| 6) $4\text{H}_3\text{PO}_4 + \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2 \rightarrow 3\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ | 2 |
| Правильно записаны все уравнения реакций, составлены электронные балансы и указаны условия проведения (там, где необходимо) | 12 |
| Правильно записаны 5 уравнений реакций 10 | 10 |
| Правильно записаны 4 уравнения 8 | 8 |
| Правильно записаны 3 уравнения 6 | 6 |
| Правильно записаны 2 уравнения 4 | 4 |
| Правильно записано 1 уравнение 2 | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

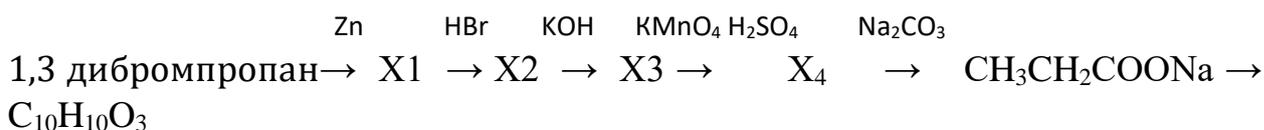
ЗАДАНИЕ 7(максимальный балл 12)

7.1 Напишите уравнение реакции, соответствующих цепочке превращения.



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| 1) $\text{CH}_3(\text{CH}_2)_3\text{CH}_2\text{Cl} + \text{KOH}_{(\text{спирт})} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + \text{KCl} + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 2) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}=\text{CH}_2 + 2 \text{KMnO}_4 + 3\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{CO}_2 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 4\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 3) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOK} + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 4) $2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOK} + \text{H}_2\text{O} \xrightarrow{t} \text{H}_2\uparrow + \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + 2\text{CO}_2 + 2\text{KOH}$ | 2 |
| 5) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3 + \text{HO-NO}_2 \xrightarrow{150\text{C}; \text{P}} \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NO}_2)\text{CH}_3 + \text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 6) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NO}_2)\text{CH}_3 + 3(\text{NH}_4)_2\text{S} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}(\text{NH}_2)\text{CH}_3 + 3\text{S} + 6\text{NH}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| Правильно записаны все уравнения реакций, составлены электронные балансы и указаны условия проведения (там ,где необходимо) | 12 |
| Правильно записаны 5 уравнений реакций 10 | 10 |
| Правильно записаны 4 уравнения 8 | 8 |
| Правильно записаны 3 уравнения 6 | 6 |
| Правильно записаны 2 уравнения 4 | 4 |
| Правильно записано 1 уравнение 2 | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

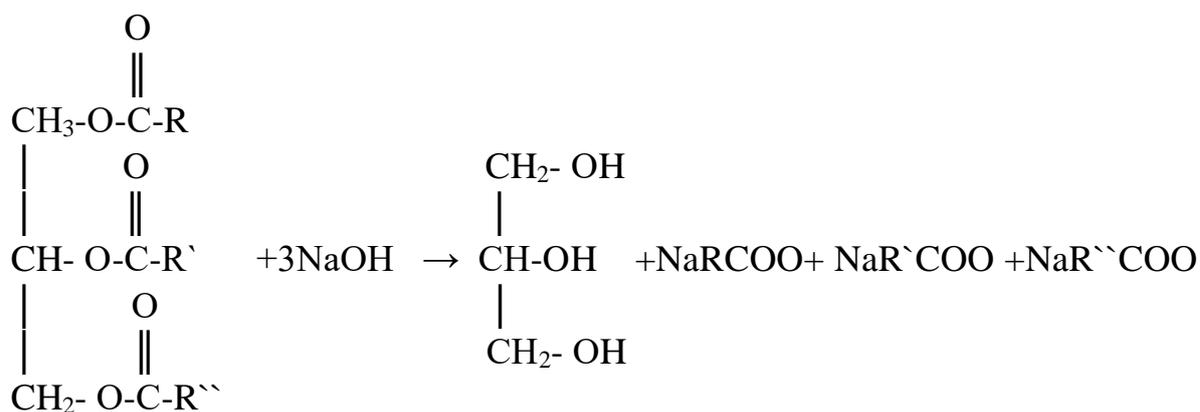
7.2 Напишите уравнение реакции, соответствующих цепочке превращения.



| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| 1) $\text{Br-CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{-Br} + \text{Zn} \rightarrow \Delta + \text{ZnBr}_2$ | 2 |
| 2) $\Delta + \text{HBr} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br}$ | 2 |
| 3) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{Br} + \text{KOH} \rightarrow \text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + \text{KBr}$ | 2 |
| 4) $5\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH} + 4\text{KMnO}_4 + 6\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + 2\text{K}_2\text{SO}_4 + 4\text{MnSO}_4 + 11\text{H}_2\text{O}$ | 2 |
| 5) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COOH} + \text{Na}_2\text{CO}_3 \rightarrow 2\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa} + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2\uparrow$ | 2 |
| 6) $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{COONa} + \text{Cl-CO-C}_6\text{H}_5 \rightarrow \text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-C(=O)-O-C}_6\text{H}_5 + \text{NaCl}$ | 2 |
| Правильно записаны все уравнения реакций, составлены электронные балансы и указаны условия проведения (там, где необходимо) | 12 |
| Правильно записаны 5 уравнений реакций 10 | 10 |
| Правильно записаны 4 уравнения 8 | 8 |
| Правильно записаны 3 уравнения 6 | 6 |
| Правильно записаны 2 уравнения 4 | 4 |
| Правильно записано 1 уравнение 2 | 2 |
| Максимальный балл | 12 |

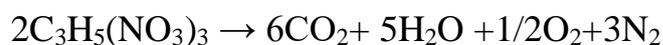
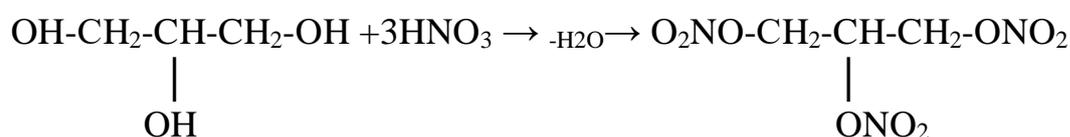
ЗАДАНИЕ 8. (максимальный балл 12)

8.1 При полном щелочном гидролизе жира была получена смесь солей суммарной массой 90,8 гр, в которой массовая доля атомарного Na составляет 7,59912%. Рассчитайте объемную долю углекислого газа в газовой смеси, приведенной к н.у., которая может образовываться при взрыве нитроглицерина количественно полученного из глицерина, который образовался в ходе гидролиза жира



$$v(\text{Na}) = \Sigma m(\text{солей}) \cdot \omega(\text{Na}) / M(\text{Na}) = 0,3 \text{ моль}$$

$$v(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 1/3 v(\text{Na}) = 0,1 \text{ моль}$$



$$v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = v(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 0,1$$

$$v(\text{CO}_2) = 12/4 v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,3$$

$$v(\text{O}_2) = 1/4 v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,025$$

$$v(\text{N}_2) = 6/4 v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,15$$

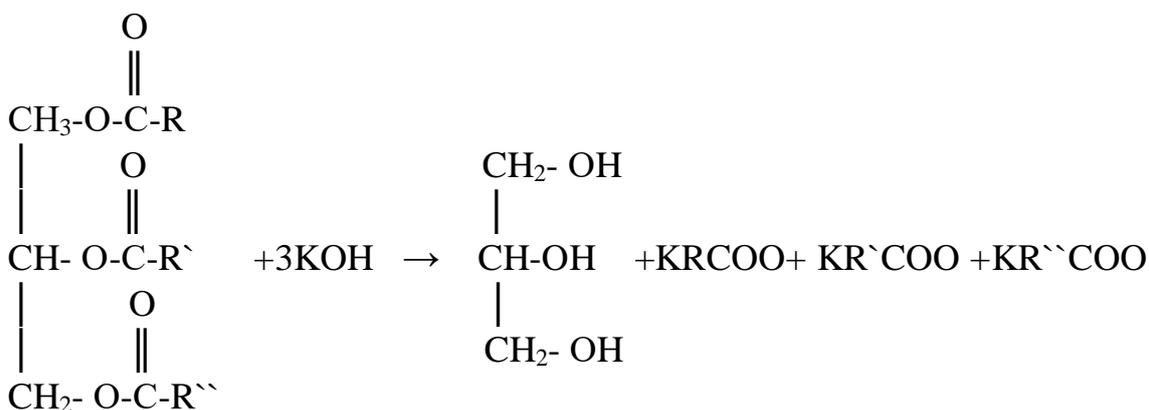
$$\Sigma v = 0,475$$

$$\varphi(\text{CO}_2) = 0,3/0,475 = 63,2\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2\text{-O-C-R} \\ \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH-O-C-R}' \\ \\ \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2\text{-O-C-R}'' \end{array} + 3\text{NaOH} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-OH} \\ \\ \text{CH-OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array} + \text{NaRCOO} + \text{NaR}'\text{COO} + \text{NaR}''\text{COO} $ | 2 |
| | 2 |
| | 2 |

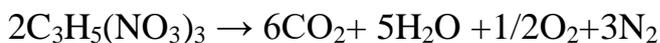
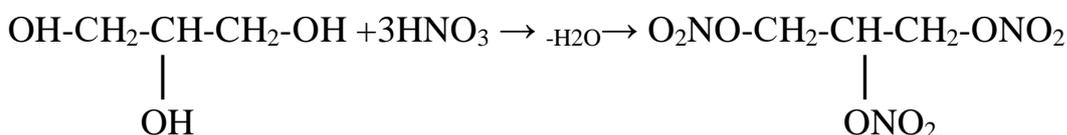
| | |
|--|----|
| $v(\text{Na}) = \Sigma m(\text{солей}) \cdot \omega(\text{Na}) / M(\text{Na}) = 0,3 \text{ моль}$ $v(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 1/3 v(\text{Na}) = 0,1 \text{ моль}$ $\text{OH}-\text{CH}_2-\underset{\text{OH}}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{OH} + 3\text{HNO}_3 \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \text{O}_2\text{NO}-\text{CH}_2-\underset{\text{ONO}_2}{\text{CH}}-\text{CH}_2-\text{ONO}_2$ | 2 |
| $4\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 12\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 6\text{N}_2$ $2\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 3\text{N}_2$ $v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = v(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 0,1$ $v(\text{CO}_2) = 12/4 v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,3$ $v(\text{O}_2) = 1/4 v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,025$ $v(\text{N}_2) = 6/4 v(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,15$ $\Sigma v = 0,475$ $\varphi(\text{CO}_2) = 0,3/0,475 = 63,2\%$ | 2 |
| <p>Ответ правильный и полный, включает все названные элементы</p> | 12 |
| <p>В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения</p> | 8 |
| <p>В ответе допущены ошибки в двух элементах</p> | 4 |
| <p>В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах</p> | 2 |
| <p>Все элементы ответа записаны неверно</p> | 0 |
| <p>Максимальный балл</p> | 12 |

8.2 При полном щелочном гидролизе жира была получена смесь солей суммарной массой 93 гр, в которой массовая доля атомарного К составляет 12,5806%. Рассчитайте объемную долю кислорода в газовой смеси, приведенной к н.у., которая может образовываться при взрыве нитроглицерина количественно полученного из глицерина, который образовался в ходе гидролиза жира



$$\nu(\text{K}) = \Sigma m(\text{солей}) \cdot \omega(\text{K}) / M(\text{K}) = 0,3 \text{ моль}$$

$$\nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 1/3 \nu(\text{K}) = 0,1 \text{ моль}$$



$$\nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = \nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 0,1$$

$$\nu(\text{CO}_2) = 12/4 \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,3$$

$$\nu(\text{O}_2) = 1/4 \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,025$$

$$\nu(\text{N}_2) = 6/4 \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,15$$

$$\Sigma \nu = 0,475$$

$$\varphi(\text{O}_2) = 0,025 / 0,475 = 5,3\%$$

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|--|-------|
| $ \begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{CH}_2\text{-O-C-R} \\ \\ \text{CH-O-C-R}' \\ \\ \text{CH}_2\text{-O-C-R}'' \\ \parallel \\ \text{O} \end{array} + 3\text{KOH} \rightarrow \begin{array}{c} \text{CH}_2\text{-OH} \\ \\ \text{CH-OH} \\ \\ \text{CH}_2\text{-OH} \end{array} + \text{KRCOO} + \text{KR}'\text{COO} + \text{KR}''\text{COO} $ | 2 |
| $ \nu(\text{K}) = \Sigma m(\text{солей}) \cdot \omega(\text{K}) / M(\text{K}) = 0,3 \text{ моль} $ | 2 |
| $ \nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 1/3 \nu(\text{K}) = 0,1 \text{ моль} $ | 2 |
| $ \begin{array}{c} \text{OH-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-OH} \\ \\ \text{OH} \end{array} + 3\text{HNO}_3 \xrightarrow{-\text{H}_2\text{O}} \begin{array}{c} \text{O}_2\text{NO-CH}_2\text{-CH-CH}_2\text{-ONO}_2 \\ \\ \text{ONO}_2 \end{array} $ | 2 |
| $ 4\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 12\text{CO}_2 + 10\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2 + 6\text{N}_2 $ | 2 |
| $ 2\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3 \rightarrow 6\text{CO}_2 + 5\text{H}_2\text{O} + 1/2\text{O}_2 + 3\text{N}_2 $ | 2 |
| $ \begin{aligned} \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) &= \nu(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3) = 0,1 \\ \nu(\text{CO}_2) &= 12/4 \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,3 \\ \nu(\text{O}_2) &= 1/4 \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,025 \\ \nu(\text{N}_2) &= 6/4 \nu(\text{C}_3\text{H}_5(\text{NO}_3)_3) = 0,15 \end{aligned} $ | 2 |
| $ \Sigma \nu = 0,475 $ | 2 |
| $ \varphi(\text{O}_2) = 0,025 / 0,475 = 5,3\% $ | 2 |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 12 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 8 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 4 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 12, |

ЗАДАНИЕ 9. (максимальный балл 12)

9.1 АЗОТИСТЫЕ ОСНОВАНИЯ, группа природных соединений, производные ароматических азотистых гетероциклических оснований – пурина и пиримидина. Важнейшие компоненты нуклеиновых кислот, нуклеозидов и нуклеотидов; в свободном состоянии встречаются в малых количествах как продукты метаболизма этих соединений. Производные А. о. играют важную роль в биоэнергетике клетки (АТФ), в механизме гормональной регуляции (циклические аденозинмонофосфат и гуанозинмонофосфат), являются составной частью коферментов, витаминов, антибиотиков и др. биологически активных веществ.

При прокаливании достаточного количества порошка сурика в запаянной ампуле со смесью Тимина и комплементарного ему нуклеинового основания нуклеинового основания, суммарная масса 26,1 гр., получен такой же объем газов (Н.У), как при обработке 924,75 г сурика концентрированной хлороводородной кислотой. Найти массовую долю нуклеиновых оснований в смеси

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| $A \quad 11Pb_3O_4 + C_5H_6N_2O_2 \leftrightarrow 5CO_2\uparrow + 3H_2O + 33PbO + N_2$ | 2 |
| $B \quad 25Pb_3O_4 + 2C_5H_5N_5 \leftrightarrow 10CO_2 + 5H_2O + 5N_2 + 75PbO$ | 2 |
| $C \quad Pb_3O_4 + 8HCl \leftrightarrow Cl_2\uparrow + 3 PbCl_2 + 4H_2O$ | 2 |
| $\nu(Pb_3O_4) = m/M = 924,75/685 = 1,35$ $\nu(Cl_2) = \nu(Pb_3O_4) = 1,35$ $\nu(C_5H_6N_2O_2) = X \quad m(C_5H_6N_2O_2) = 126X$ $\nu(C_5H_5N_5) = Y \quad m(C_5H_5N_5) = 135Y$ | 2 |
| $5x + x + 5y + 2,5y = 1,35$ $\begin{cases} 6x + 7,5y = 1,35 \\ 126x + 135y = 26,1 \end{cases}$ $y = 0,1$ $x = 0,1$ $\omega(C_5H_6N_2O_2) = 12,6/26,1 = 0,48 \quad 48\%$ $\omega(C_5H_5N_5) = 13,5/26,1 = 0,52 \quad 52\%$ | 2 |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 8 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 6 |

| | |
|---|----|
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 4 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 12 |

9.2 АЗОТИСТЫЕ ОСНОВАНИЯ, группа природных соединений, производные ароматических азотистых гетероциклических оснований – пурина и пиримидина. Важнейшие компоненты нуклеиновых кислот, нуклеозидов и нуклеотидов; в свободном состоянии встречаются в малых количествах как продукты метаболизма этих соединений. Производные А. о. играют важную роль в биоэнергетике клетки (АТФ), в механизме гормональной регуляции (циклические аденозинмонофосфат и гуанозинмонофосфат), являются составной частью коферментов, витаминов, антибиотиков и др. биологически активных веществ.

При прокаливании достаточного количества порошка сурика в запаянной ампуле с смесью аденина и комплементарного ему нуклеинового основания получен твердый остаток массой 24,084, объем выделившихся в ходе реакций газов равен объему газа, который может быть получен при взаимодействии сурика массой 14,385 с калия хлоридом в присутствии азотной кислоты.

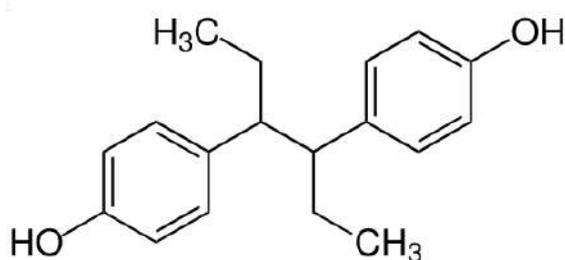
Найти массовую долю нуклеиновых оснований в смеси

| Содержание верного ответа и указания по оцениванию (допускаются иные формулировки ответа, не искажающие его смысла) | Баллы |
|---|-------|
| <p>X</p> $A \quad 11Pb_3O_4 + C_5H_6N_2O_2 \leftrightarrow 5CO_2\uparrow + 3H_2O + 33PbO + N_2$ | 2 |
| <p>Y</p> $B \quad 25Pb_3O_4 + 2C_5H_5N_5 \leftrightarrow 10CO_2 + 5H_2O + 5N_2 + 75PbO$ | 2 |
| <p>C</p> $Pb_3O_4 + 2KCl + 8HNO_3 \leftrightarrow Cl_2\uparrow + 3Pb(NO_3)_2 + 4H_2O + 2KNO_3$ | 2 |
| $v(PbO) = m/M = 24,084/223 = 0,108$ $v(Pb_3O_4) = m/M = 14,385/685 = 0,021$ $v(Cl_2) = 0,021 \rightarrow \Sigma(\text{газов}) 0,021$ | 2 |
| $v(C_5H_6N_2O_2) = X \quad v(PbO)_1 = 33 \quad v(C_5H_6N_2O_2) = 33x$ $v(C_5H_5N_5) = Y \quad v(PbO)_2 = 75/2 \quad v(C_5H_5N_5) = 37,5y$ | |
| $\begin{cases} 33x + 37,5y = 0,108 \\ 6x + 7,5y = 0,021 \end{cases}$ | 2 |
| $y = 0,001$ | |

| | |
|--|---------|
| $x=0,002$ $m(C_5H_6N_2O_2)=126*0,001= 0,126$ $m(C_5H_5N_5)=135*0,002= 0,27$ | } 0,396 |
| $\omega (C_5H_6N_2O_2)= 32\%$ $\omega (C_5H_5N_5)= 68\%$ | |
| Ответ правильный и полный, включает все названные элементы | 8 |
| В ответе допущены только в одном элементе решения, не оказывающие принципиального влияния на ход решения | 6 |
| В ответе допущены ошибки в двух элементах | 4 |
| В ответе допущена ошибка в первом элементе, которая повлекла ошибки в последующих элементах | 2 |
| Все элементы ответа записаны неверно | 0 |
| Максимальный балл | 12 |

ЗАДАНИЕ 10 (максимальный балл 16)

10.1 Вещества, обладающие эстрогенной активностью, были обнаружены не только среди стероидных, но и в ряду ароматических соединений, в частности, производных дифенилэтана, к которым относится гексэстрол (синэстрол) – мезо-3,4-бис-(*n*-оксифенил)-гексан:

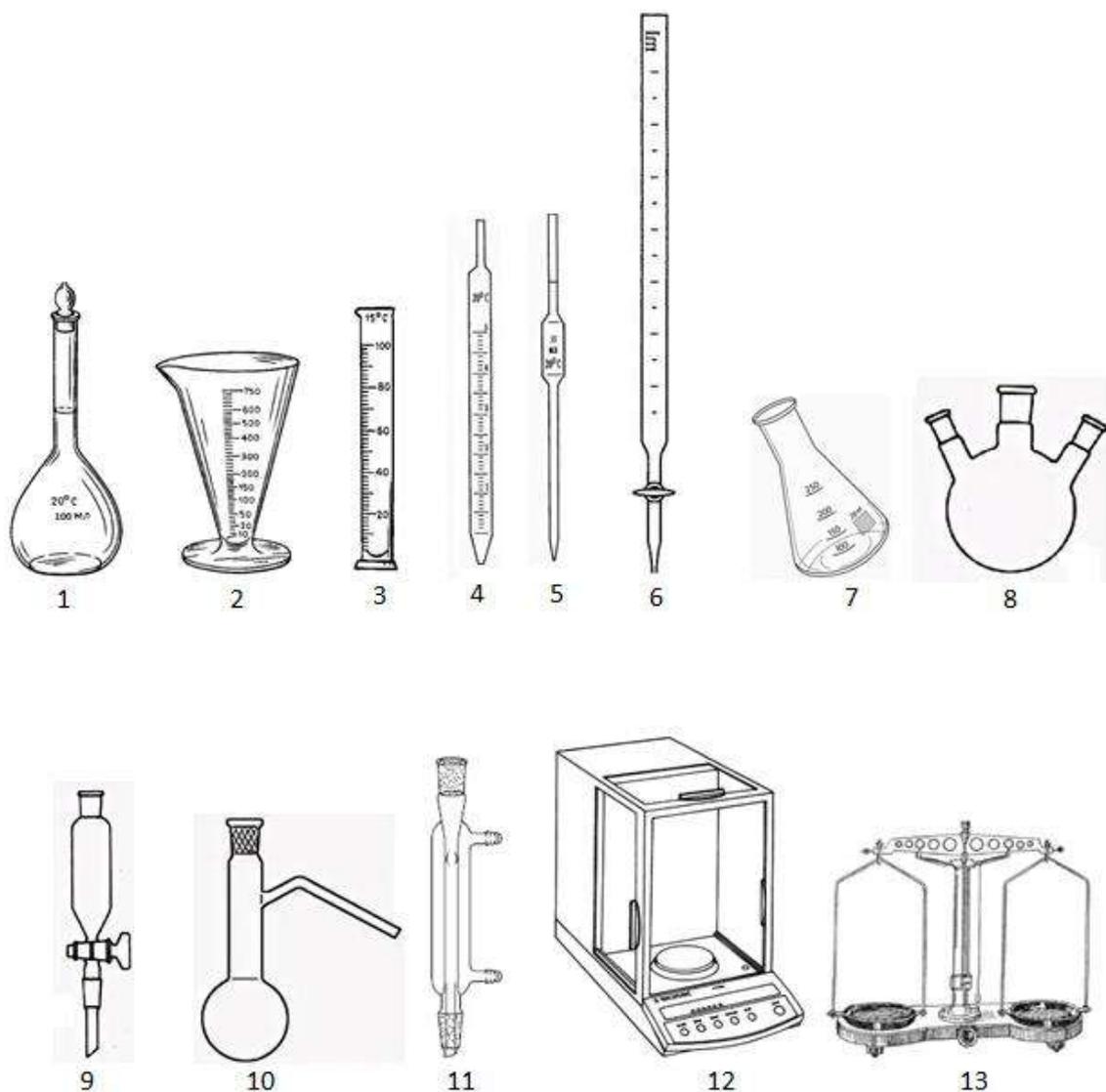


Лекарственные препараты гексэстрола применяются в медицине для лечения гипоэстрогенных расстройств.

Для количественного определения гексэстрола используют метод косвенного неводного алкалиметрического титрования. Сделайте заключение о качестве лекарственной субстанции гексэстрола (М.м. = 270,37 г/моль) по количественному содержанию с учётом требований нормативной документации (должно быть гексэстрола в субстанции не менее 98,5 % по

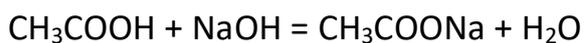
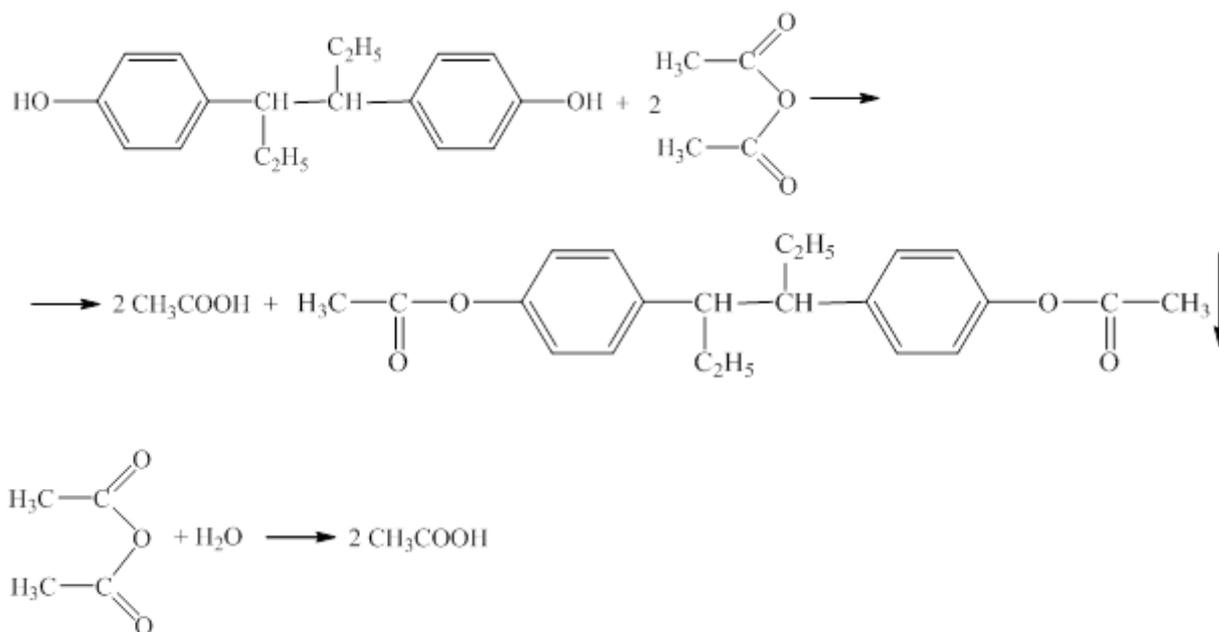
массе). На навеску массой 0,4988 г для ацетилирования взято 5,0 мл раствора уксусного ангидрида в безводном пиридине, а на титрование избытка уксусного ангидрида и выделившийся уксусной кислоты израсходовано 17,60 мл 0,5М раствора гидроксида натрия (индикатор – фенолфталеин). Параллельно проводят контрольный опыт. На контрольный опыт израсходовано 24,80 мл раствора титранта. Определите массовую долю гексэстрола в субстанции. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода.

Выберите необходимую для проведения анализа аналитическую посуду и оборудование, назовите их и укажите, для чего данная посуда и оборудование используются.



РЕШЕНИЕ

Химизм реакций:



$v(\text{NaOH}) = (24,80 - 17,60) \cdot 0,5 = 3,60$ ммоль – на титрование CH_3COOH в реакции 1;

$$v(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_2) = 3,60/2 = 1,80 \text{ ммоль}$$

$$m(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_2) = 1,80 \cdot 270,37/1000 = 0,4867 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_2) = 0,4867 \cdot 100/0,4988 = 97,57\%$$

Вывод: субстанция по количественному содержанию гексаэстрола не соответствует требованию НД.

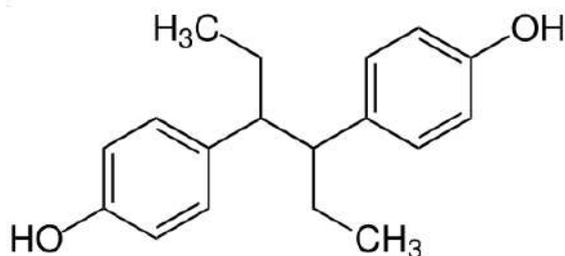
1 – мерная колба – для приготовления точного объема раствора анализируемого вещества;

5 – пипетка Мора – для добавления раствора уксусного ангидрида;

6 – бюретка – для определения объема титранта;

12 – аналитические весы – для взятия точной навески анализируемого вещества.

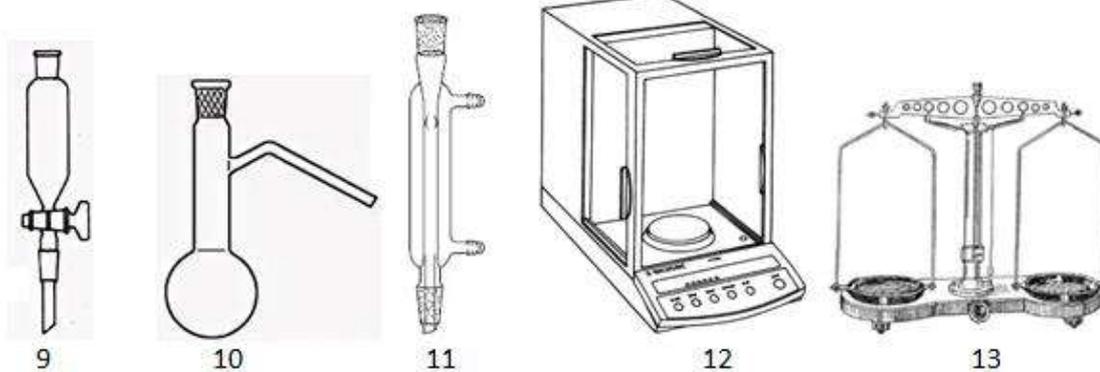
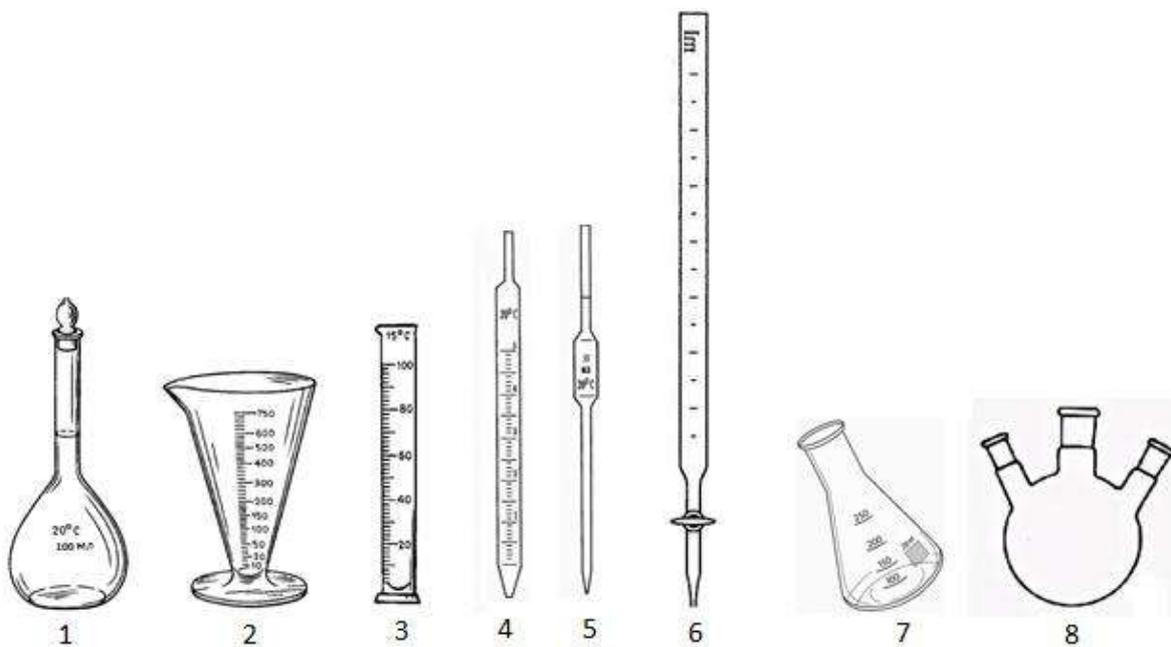
10-2. Вещества, обладающие эстрогенной активностью, были обнаружены не только среди стероидных, но и в ряду ароматических соединений, в частности, производных дифенилэтана, к которым относится гексэстрол (синэстрол) – мезо-3,4-бис-(*n*-оксифенил)-гексан:



Лекарственные препараты гексэстрола применяются в медицине для лечения гипоэстрогенных расстройств.

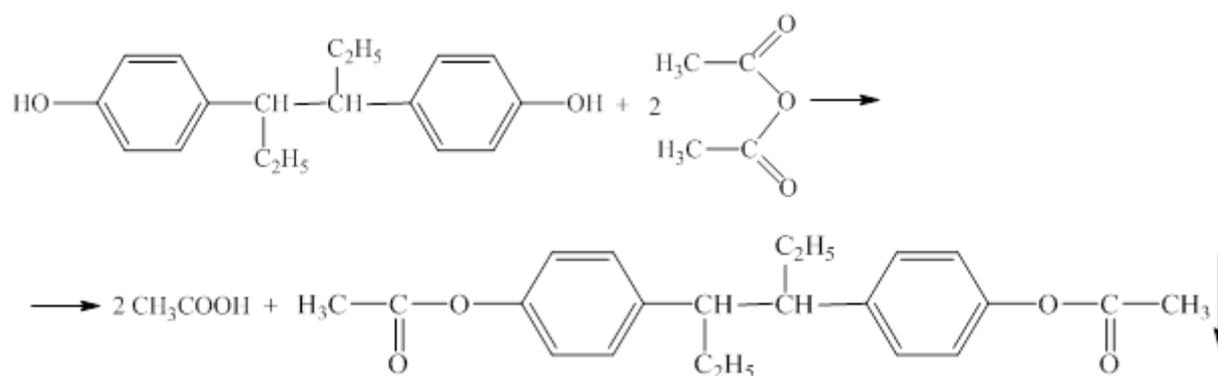
Для количественного определения гексэстрола используют метод косвенного неводного алкалиметрического титрования. Сделайте заключение о качестве лекарственной субстанции гексэстрола (М.м. = 270,37 г/моль) по количественному содержанию с учётом требований нормативной документации (должно быть гексэстрола в субстанции не менее 98,5 % по массе). На навеску массой 0,5058 г для ацелирования взято 10,0 мл раствора уксусного ангидрида в безводном пиридине, а на титрование избытка уксусного ангидрида и выделившийся уксусной кислоты израсходовано 17,75 мл 0,5М раствора гидроксида натрия (индикатор – фенолфталеин). Параллельно проводят контрольный опыт. На контрольный опыт израсходовано 25,13 мл раствора титранта. Определите массовую долю гексэстрола в субстанции. Напишите уравнения реакций, лежащих в основе данного метода.

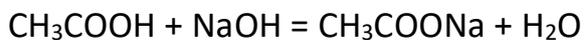
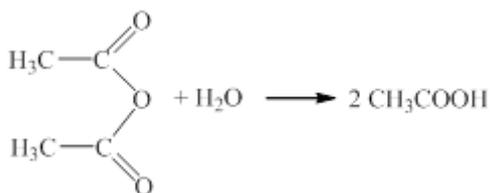
Выберите необходимую для проведения анализа аналитическую посуду и оборудование, назовите их и укажите, для чего данная посуда и оборудование используются.



РЕШЕНИЕ

Химизм реакций:





$v(\text{NaOH}) = (25,13 - 17,75) \cdot 0,5 = 3,69$ ммоль – на титрование CH_3COOH в реакции 1;

$$v(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_2) = 3,69/2 = 1,845 \text{ ммоль}$$

$$m(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_2) = 1,845 \cdot 270,37/1000 = 0,4988 \text{ г}$$

$$\omega(\text{C}_{18}\text{H}_{22}\text{O}_2) = 0,4988 \cdot 100/0,5058 = 98,62\%$$

Вывод: субстанция по количественному содержанию гексэстроласоответствует требованию НД.

- 1 – мерная колба – для приготовления точного объема раствора анализируемого вещества;
- 5 – пипетка Мора – для добавления раствора уксусного ангидрида;
- 6 – бюретка – для определения объема титранта;
- 12 – аналитические весы – для взятия точной навески анализируемого вещества.