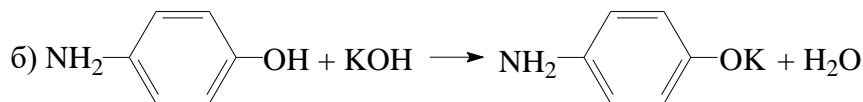
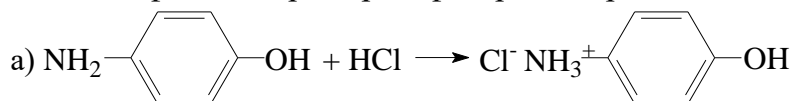


# Решения заданий пробных экзаменов по химии

## Вариант 1-2018

1. Аминофенол – пример амфотерного органического соединения:



2. Рассчитаем количества газов и суммарное количество вещества смеси:

$$\nu(\text{N}_2) = 20 / 28 = 0.714 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{Ar}) = 20 / 40 = 0.50 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{O}_2) = 20 / 32 = 0.625 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{смеси}) = 0.714 + 0.5 + 0.625 = 1.839 \text{ моль.}$$

С использованием уравнения Клапейрона-Менделеева рассчитаем давление в баллоне:

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{1.839 \cdot 8.314 \cdot 308}{5} = 941.83 \text{ кПа.}$$

Ответ: 941.83 кПа.

3. Слабая фтороводородная кислота обратимо диссоциирует в растворе:



Исх. конц., моль/л	0.01	0	0
--------------------	------	---	---

Равновесн. конц.	0.01-x	x	x
------------------	--------	---	---

Константа диссоциации кислоты имеет вид

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = \frac{x \cdot x}{0.01 - x} = 6.8 \cdot 10^{-4}.$$

Мы получили квадратное уравнение:

$$x^2 + 6.8 \cdot 10^{-4} x - 6.8 \cdot 10^{-6} = 0.$$

Из двух его корней выбираем положительный:

$$x = 2.97 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л).}$$

Мы нашли равновесную концентрацию ионов H<sup>+</sup> в растворе. По определению pH = -lg[H<sup>+</sup>] = -lg(2.97 · 10<sup>-3</sup>) = 2.53.

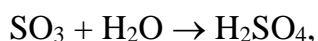
Ответ: 2.53.

4. Рассчитаем массу и количество SO<sub>3</sub> в составе исходного олеума:

$$m(\text{SO}_3) = m \cdot \omega = 150 \cdot 0.6 = 90 \text{ г;}$$

$$\nu(\text{SO}_3) = 90 / 80 = 1.125 \text{ моль.}$$

Реакция ангидрида с водой протекает по уравнению:



следовательно, при добавлении олеума к воде образуется 1.125 моль серной кислоты, масса которой составляет

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 98 \cdot 1.125 = 110.25 \text{ г.}$$

Масса полученного раствора серной кислоты

$$m(\text{р-ра}) = 150 + 100 = 250 \text{ г.}$$

Суммарная масса серной кислоты в нем

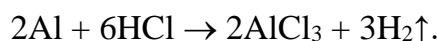
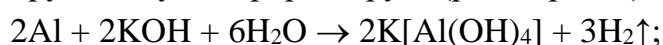
$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 60 + 110.25 = 170.25 \text{ г.}$$

Рассчитаем концентрацию (массовую долю) серной кислоты

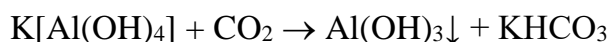
$$\omega(\text{H}_2\text{SO}_4) = m(\text{H}_2\text{SO}_4) / m(\text{р-ра}) = 170.25 / 250 = 0.681 \text{ (или 68.1\%)}$$

*Ответ:* 68.1%.

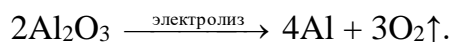
**5.** Сначала можно поместить смесь опилок или в раствор щелочи, или в соляную кислоту. И в том, и в другом случае прореагирует (растворится) только алюминий:



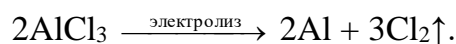
В случае реакции со щелочью (после отделения фильтрованием не растворившихся Cu и Au) алюминий можно выделить из раствора в результате следующих реакций:



(осаждение гидроксида алюминия при пропускании углекислого газа в раствор);



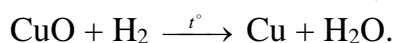
В случае реакции с соляной кислотой (также после отделения не растворившихся Cu и Au) раствор выпариваем, и далее выделяем алюминий электролизом расплава  $\text{AlCl}_3$ :



Оставшуюся смесь опилок золота и меди обрабатываем азотной кислотой, в результате чего медь растворится:



Опилки золота отделяем фильтрованием, раствор упариваем, и выделяем медь из твердой соли следующим образом:



**6.** Скорость данной элементарной реакции равна

$$w = k[\text{NO}]^2[\text{Cl}_2].$$

Считая объем системы равным  $V$ , выразим начальную скорость реакции:

$$w_0 = k \left( \frac{0.1}{V} \right)^2 \cdot \frac{0.2}{V}.$$

Прореагировало 20%, или  $0.2 \cdot 0.2 = 0.04$  моль  $\text{Cl}_2$ , следовательно, в соответствии с уравнением реакции прореагировало 0.08 моль  $\text{NO}$ . Осталось хлора

$$0.2 - 0.04 = 0.16 \text{ моль}$$

и  $0.1 - 0.08 = 0.02$  моль NO. Скорость реакции к этому моменту времени составит:

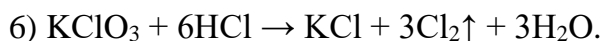
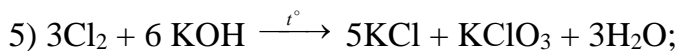
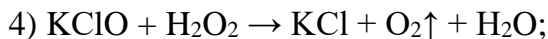
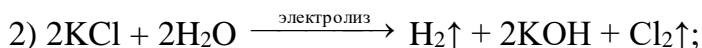
$$w = k \left( \frac{0.02}{V} \right)^2 \cdot \frac{0.16}{V},$$

следовательно, она уменьшилась в

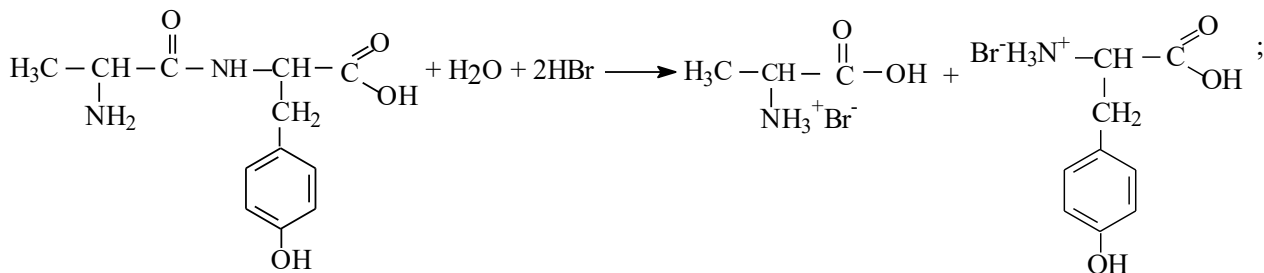
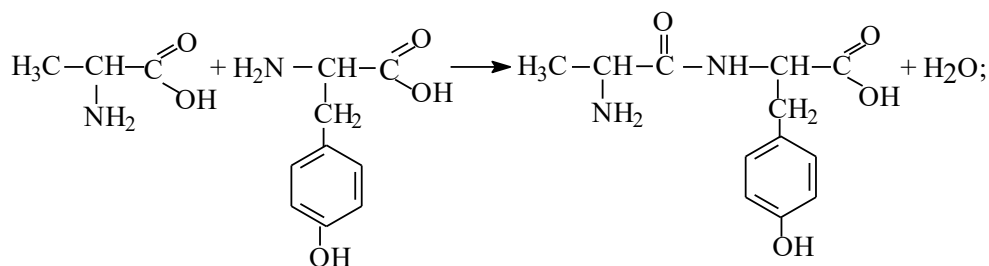
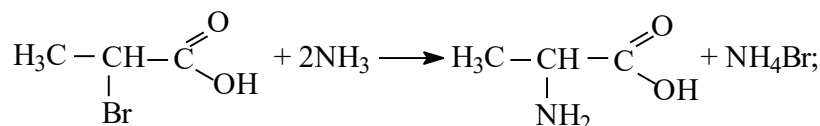
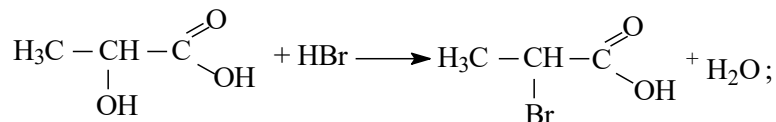
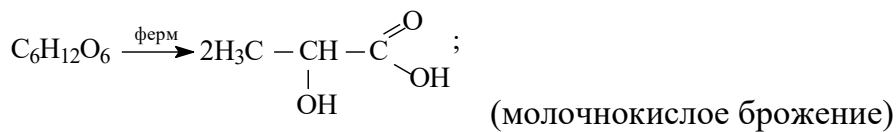
$$\frac{w_0}{w} = \frac{0.1^2 \cdot 0.2}{0.02^2 \cdot 0.16} = 31.25 \text{ раз.}$$

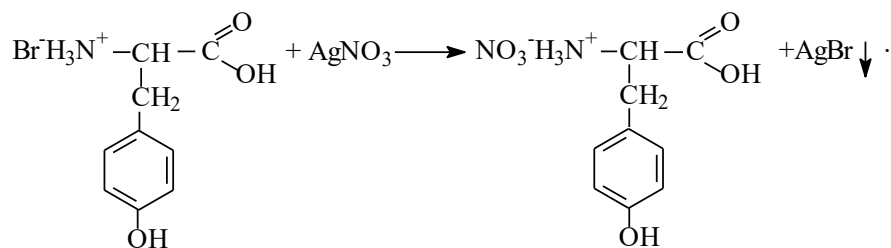
*Ответ:* скорость уменьшилась в 31.25 раза.

7. Приведем один из возможных вариантов решения:

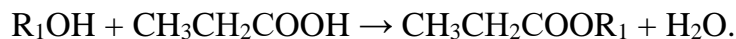
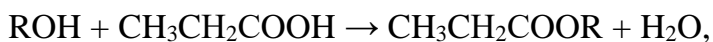


8.





9. Обозначим неизвестные спирты как ROH и R<sub>1</sub>OH (молярные массы изомерных радикалов R и R<sub>1</sub> равны между собой). Уравнения реакций этерификации:



Поскольку по условию задачи массы эфиров относятся как 5 : 1, примем количество CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOR за 5x моль, а количество CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>COOR<sub>1</sub> за x моль. Тогда массу смеси эфиров можно выразить как

$$m(\text{смеси эфиров}) = 5x(\text{R} + 73) + x(\text{R} + 73) = 25.056 \text{ г},$$

откуда  $x = 4.176 / (\text{R} + 73)$ .

С учетом процента выхода реакций этерификации в исходной смеси было  $5x / 0.75 = 6.67x$  моль первого спирта и  $x / 0.6 = 1.67x$  моль второго; их массу выразим как

$$m(\text{смеси спиртов}) = 6.67x(\text{R} + 17) + 1.67x(\text{R} + 17) = 18.0 \text{ г},$$

откуда  $x = 2.16 / (\text{R} + 17)$ .

Приравнивая значения x друг к другу, получаем:

$$2.16 / (\text{R} + 17) = 4.176 / (\text{R} + 73),$$

откуда  $\text{R} = 43$ .

Поскольку радикал R – это алкил C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>, можно составить уравнение  $14n + 1 = 43$ , из которого  $n = 3$ . Следовательно, неизвестные спирты – это пропанол-1 и пропанол-2.

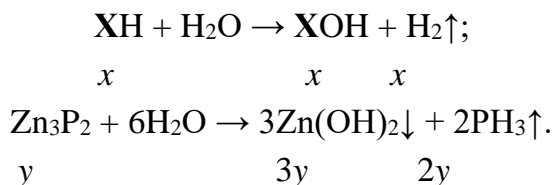
*Ответ:* пропанол-1 CH<sub>3</sub>–CH<sub>2</sub>–CH<sub>2</sub>OH и пропанол-2 CH<sub>3</sub>–CH(OH)–CH<sub>3</sub>.

10. Пусть исходная смесь состояла из x моль гидроксида XH (молярная масса металла M г/моль) и y моль Zn<sub>3</sub>P<sub>2</sub>, тогда массу смеси можно выразить следующим образом:

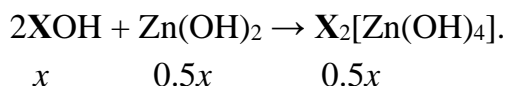
$$m(\text{смеси}) = (M + 1)x + 257y = 42.9 \text{ г}, \text{ или}$$

$$Mx + x + 257y = 42.9 \text{ г}. \tag{1}$$

Запишем уравнения реакций компонентов смеси с водой:



Образовавшаяся щелочь и амфотерный гидроксид взаимодействуют, образуя растворимую комплексную соль – тетрагидроксицинкат щелочного металла:



Уменьшение массы полученного раствора по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделившихся газов и осадка гидроксида цинка:

$$\begin{aligned} \Delta m(\text{раствора}) &= 2x + 68y + (3y - 0.5x) \cdot 99 = 27 \text{ г, или} \\ 365y - 47.5x &= 27 \text{ г.} \end{aligned} \quad (2)$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 42.9 + 134.1 - 27 = 150 \text{ г.}$$

Массовая доля соли по условию равна

$$\begin{aligned} \omega(\text{X}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]) &= 0.202 = \frac{0.5x(M + 133)}{150}, \text{ или} \\ Mx + 66.5x &= 30.3. \end{aligned} \quad (3)$$

Мы получили систему из трех уравнений (1–3) с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} Mx + x + 257y = 42.9; \\ 365y - 47.5x = 27; \\ Mx + 66.5x = 30.3. \end{cases}$$

Уравнения нелинейные, они содержат произведение  $Mx$ . Решить такую систему можно, выразив  $Mx$  из третьего уравнения и подставив полученное выражение в первое.

Решение системы:  $x = 0.2$  моль,  $y = 0.1$  моль,  $M = 85$  г/моль. Неизвестный металл **X** – рубидий. Масса его гидрида в исходной смеси равна

$$m(\text{RbH}) = 86 \cdot 0.2 = 17.2 \text{ г,}$$

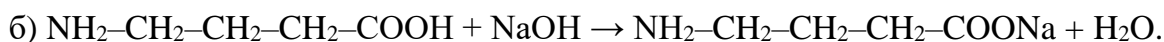
его массовая доля составляет

$$\begin{aligned} \omega(\text{RbH}) &= 17.2 / 42.9 = 0.40 \text{ (или 40\%),} \\ \omega(\text{Zn}_3\text{P}_2) &= 60\%. \end{aligned}$$

*Ответ:* Rb; 40% RbH, 60%  $\text{Zn}_3\text{P}_2$ .

## Вариант 2-2018

1. Аминокислоты – амфотерные органические соединения.



2. Рассчитаем количества газов и суммарное количество вещества смеси:

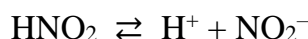
$$\begin{aligned} \nu(\text{CO}_2) &= 10 / 44 = 0.227 \text{ моль,} \\ \nu(\text{Ne}) &= 20 / 20 = 1.0 \text{ моль,} \\ \nu(\text{C}_3\text{H}_8) &= 30 / 44 = 0.682 \text{ моль,} \\ \nu(\text{смеси}) &= 0.227 + 1.0 + 0.682 = 1.909 \text{ моль.} \end{aligned}$$

С использованием уравнения Клапейрона-Менделеева рассчитаем давление в баллоне:

$$p = \frac{\nu RT}{V} = \frac{1.909 \cdot 8.314 \cdot 313}{8} = 620.97 \text{ кПа.}$$

Ответ: 620.97 кПа.

3. Слабая азотистая кислота обратимо диссоциирует в растворе:



Исх. конц., моль/л            0.005    0    0

Равновесн. конц.            0.005-x    x    x

Константа диссоциации кислоты имеет вид

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]} = \frac{x \cdot x}{0.005 - x} = 4.6 \cdot 10^{-4}.$$

Мы получили квадратное уравнение:

$$x^2 + 4.6 \cdot 10^{-4}x - 2.3 \cdot 10^{-6} = 0.$$

Из двух его корней выбираем положительный:

$$x = 1.30 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л.}$$

Мы нашли равновесную концентрацию ионов  $\text{H}^+$  в растворе. По определению

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = -\lg(1.30 \cdot 10^{-3}) = 2.89.$$

Ответ: 2.89.

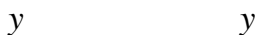
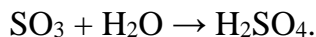
4. Найдем массу полученного раствора, массу и количество  $\text{H}_2\text{SO}_4$  в нем:

$$m(\text{р-ра}) = 100 + 80 = 180 \text{ г,}$$

$$m(\text{H}_2\text{SO}_4) = 180 \cdot 0.6 = 108 \text{ г,}$$

$$\nu(\text{H}_2\text{SO}_4) = 108 / 98 = 1.102 \text{ моль.}$$

Пусть исходно в составе олеума было  $x$  моль  $\text{H}_2\text{SO}_4$  и  $y$  моль  $\text{SO}_3$ . Серный ангидрид провзаимодействовал с водой:



Можно составить и решить систему из двух уравнений с двумя неизвестными:

$$\begin{cases} x + y = 1.102 \\ 98x + 80y = 100 \end{cases}$$

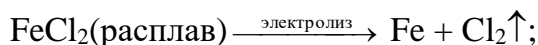
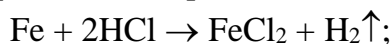
Решение системы:  $x = 0.658$ ,  $y = 0.442$  (моль).

Массовая доля серного ангидрида в олеуме:

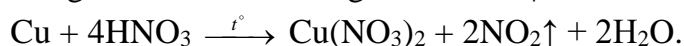
$$\omega(\text{SO}_3) = 0.442 \cdot 80 / 100 = 0.355 \text{ (или 35.5\%).}$$

Ответ: 35.5%.

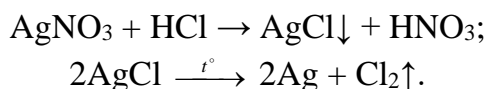
5. Поместим смесь в соляную кислоту. Железо растворится, а смесь серебра и меди можно отделить от раствора фильтрованием. Раствор выпариваем, чистое железо выделяем электролизом расплава хлорида.



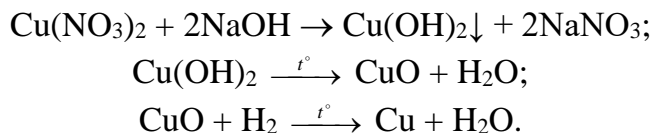
Далее смесь опилок меди и серебра растворяем в азотной кислоте:



Серебро осаждаем в виде хлорида, отфильтровываем его и выделяем чистое серебро:



Из оставшегося раствора медь осаждаем в виде гидроксида и выделяем из него чистый металл:



6. Скорость данной элементарной реакции равна

$$w = k[\text{CO}]^2[\text{O}_2].$$

Считая объем системы равным  $V$ , выразим начальную скорость реакции:

$$w_0 = k\left(\frac{0.5}{V}\right)^2 \cdot \frac{0.4}{V}.$$

Прореагировало 40%, или  $0.4 \cdot 0.4 = 0.16$  моль  $\text{O}_2$ , следовательно, в соответствии с уравнением реакции прореагировало 0.32 моль  $\text{CO}$ . Осталось  $0.4 - 0.16 = 0.24$  моль  $\text{O}_2$  и  $0.5 - 0.32 = 0.18$  моль  $\text{CO}$ . Скорость реакции к этому моменту времени составит:

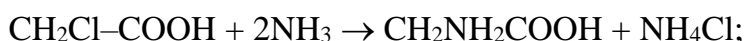
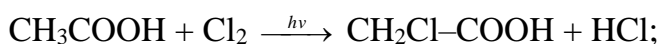
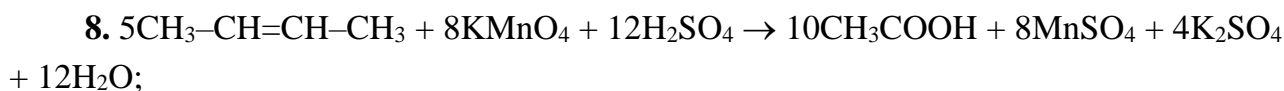
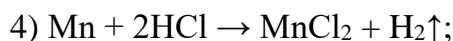
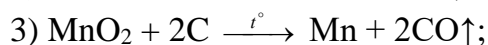
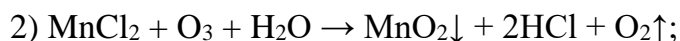
$$w = k\left(\frac{0.18}{V}\right)^2 \cdot \frac{0.24}{V},$$

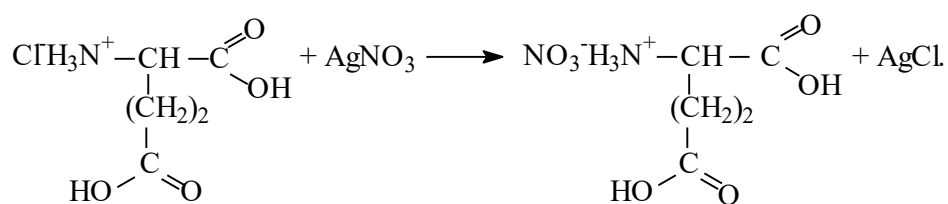
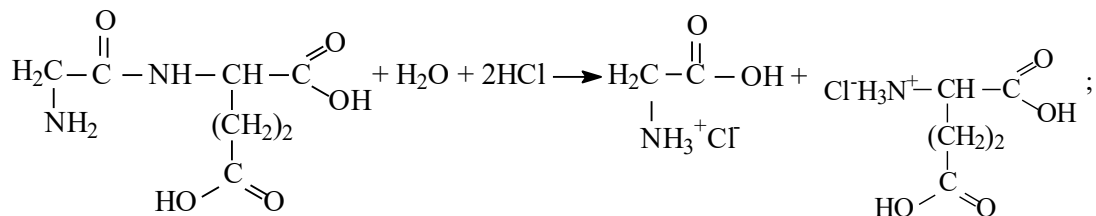
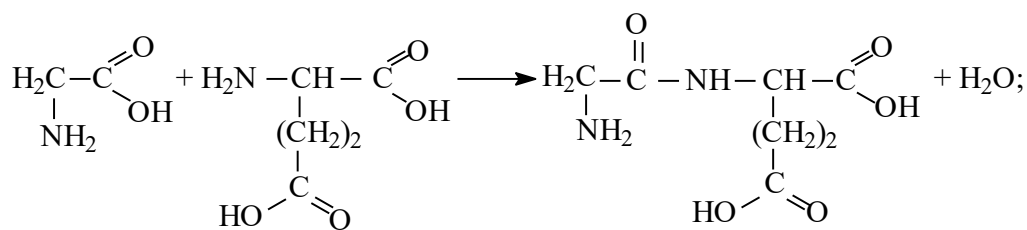
следовательно, она уменьшилась в

$$\frac{w_0}{w} = \frac{0.5^2 \cdot 0.4}{0.18^2 \cdot 0.24} = 12.86 \text{ раза.}$$

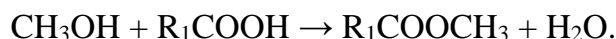
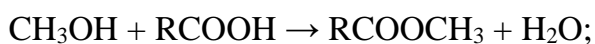
*Ответ:* скорость уменьшилась в 12.86 раза.

7. Приведем один из возможных вариантов решения:





9. Обозначим неизвестные изомерные кислоты как RCOOH и R<sub>1</sub>COOH (молярные массы изомерных радикалов R и R<sub>1</sub> равны между собой). Уравнения реакций этерификации:



Поскольку по условию задачи массы кислот относятся как 5 : 1, примем количества кислот за 5x и x моль соответственно. Тогда массу смеси кислот можно выразить как

$$m(\text{смеси кислот}) = 5x(\text{R} + 45) + x(\text{R} + 45) = 52.8,$$

откуда  $x = 8.8 / (\text{R} + 45)$ .

С учетом процента выхода реакций этерификации количества эфиров составляли  $0.8 \cdot 5x = 4x$  моль RCOOCH<sub>3</sub> и  $0.5x$  моль R<sub>1</sub>COOCH<sub>3</sub>; их масса равна:

$$m(\text{смеси эфиров}) = 4x(\text{R} + 59) + 0.5x(\text{R} + 59) = 45.9 \text{ г},$$

отсюда  $x = 10.2 / (\text{R} + 59)$ .

Приравнивая значения x друг к другу, получаем:

$$8.8 / (\text{R} + 45) = 10.2 / (\text{R} + 59),$$

откуда R = 43.

Поскольку радикал R – это алкил C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>, можно составить уравнение

$$14n + 1 = 43,$$

из которого n = 3. Следовательно, неизвестные кислоты – это бутановая и метилпропановая.

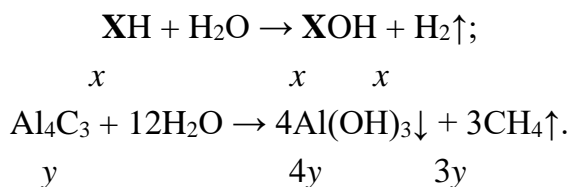
Ответ. Бутановая CH<sub>3</sub>-CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>-COOH и метилпропановая CH<sub>3</sub>-CH(CH<sub>3</sub>)-COOH кислоты.



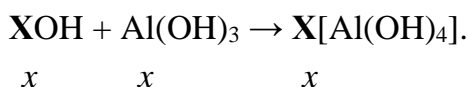
10. Пусть исходная смесь состояла из  $x$  моль гидроксида  $\text{XH}$  (молярная масса металла равна  $M$  г/моль) и  $y$  моль  $\text{Al}_4\text{C}_3$ , тогда массу смеси можно выразить следующим образом:

$$\begin{aligned} m(\text{смеси}) &= (M + 1)x + 144y = 16.8 \text{ г, или} \\ Mx + x + 144y &= 16.8 \text{ г.} \end{aligned} \quad (1)$$

Запишем уравнения реакций компонентов смеси с водой:



Образовавшаяся щелочь и амфотерный гидроксид взаимодействуют, образуя растворимую комплексную соль – тетрагидроксоалюминат щелочного металла:



Уменьшение массы полученного раствора по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделившихся газов и осадка гидроксида алюминия:

$$\begin{aligned} \Delta m(\text{раствора}) &= 2x + 48y + (4y - x) \cdot 78 = 28.4 \text{ г, или} \\ 90y - 19x &= 7.1 \text{ г.} \end{aligned} \quad (2)$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$$m(\text{раствора}) = 16.8 + 111.6 - 28.4 = 100 \text{ г;}$$

Массовая доля соли по условию равна

$$\begin{aligned} \omega(\text{X}[\text{Al}(\text{OH})_4]) &= 0.118 = \frac{x(M + 95)}{100}, \text{ или} \\ Mx + 95x &= 11.8. \end{aligned} \quad (3)$$

Мы получили систему из трех уравнений (1–3) с тремя неизвестными:

$$\begin{cases} Mx + x + 144y = 16.8; \\ 90y - 19x = 7.1; \\ Mx + 95x = 11.8. \end{cases}$$

Уравнения нелинейные (содержат произведение  $Mx$ ). Решить такую систему можно, выразив произведение  $Mx$  из третьего уравнения и подставив полученное выражение в первое.

Решение системы:  $x = y = 0.1$  моль,  $M(\text{металла}) = 23$  г/моль. Неизвестный металл – натрий. Массовые доли веществ в исходной смеси:

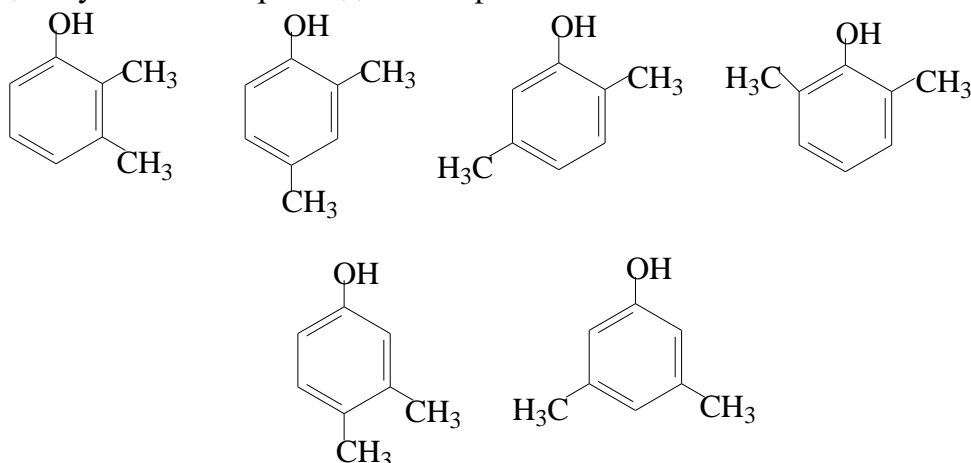
$$\begin{aligned} \omega(\text{NaH}) &= 0.1 \cdot 23 / 16.8 = 0.1369 \text{ (или 13.69\%),} \\ \omega(\text{Al}_4\text{C}_3) &= 100 - 13.69 = 86.31\%. \end{aligned}$$

Ответ: Na; 13.69% NaH, 86.31%  $\text{Al}_4\text{C}_3$ .

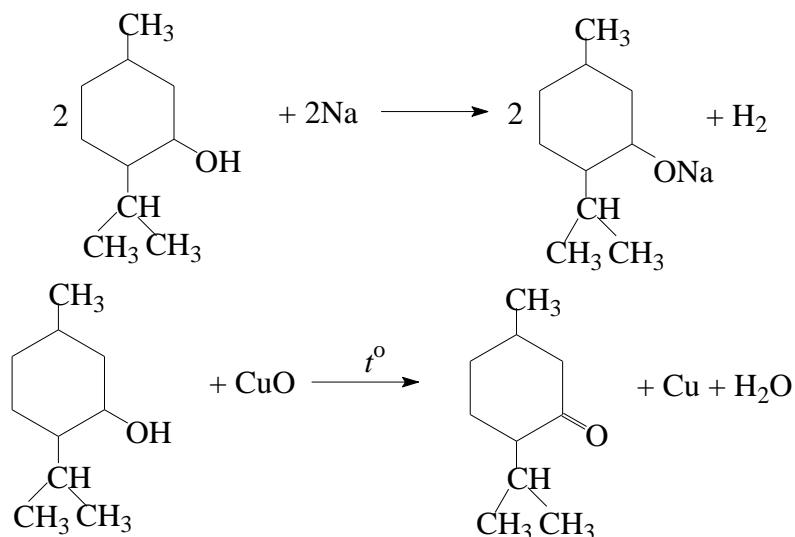
## Вариант Октябрь-1-2019

1. Ион  $S^{2-}$  имеет электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

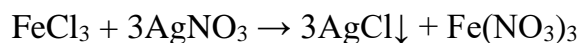
2. Существуют 6 изомерных диметилфенолов:



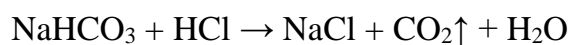
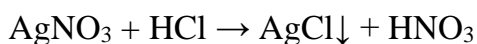
3. Реакции с участием ментола:



4. Из трех растворов лишь раствор  $\text{FeCl}_3$  окрашен (фиолетовый). Для подтверждения добавим к порции этого раствора раствор нитрата серебра:

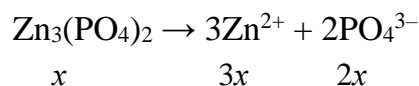


Наблюдаем образование белого творожистого осадка. К двум оставшимся растворам добавим соляную кислоту:



В пробирке с нитратом серебра выпадает белый творожистый осадок, а в пробирке с гидрокарбонатом натрия происходит образование пузырьков газа.

5. Растворение фосфата цинка:



Найдем молярную концентрацию аниона  $\text{PO}_4^{3-}$  в растворе:

$$c(\text{PO}_4^{3-}) = \nu / V = 2.47 \cdot 10^{-7} / 0.5 = 4.94 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л} = 2x$$

$$x = 4.94 \cdot 10^{-7} / 2 = 2.47 \cdot 10^{-7} \text{ моль/л.}$$

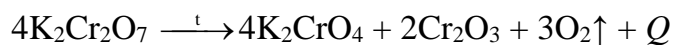
Мы получили молярную концентрацию насыщенного раствора фосфата цинка (растворимость в единицах моль/л). Рассчитаем произведение растворимости:

$$\text{ПР}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = c(\text{Zn}^{2+})^3 \cdot c(\text{PO}_4^{3-})^2 = (3x)^3 \cdot (2x)^2 = 108 x^5$$

$$\text{ПР}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = 108 (2.47 \cdot 10^{-7})^5 = 9.93 \cdot 10^{-32}$$

*Ответ:*  $9.93 \cdot 10^{-32}$ ;  $2.47 \cdot 10^{-7}$  моль/л.

**6.** Разложение дихромата калия:



По закону Гесса:

$$Q = 4 \cdot 1398 - 2 \cdot 1141 - 4 \cdot 2068 = -398 \text{ кДж.}$$

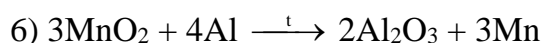
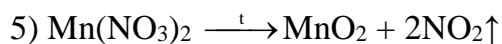
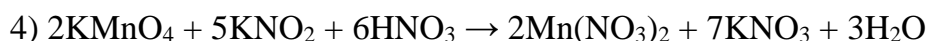
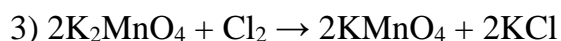
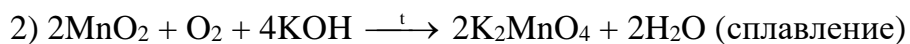
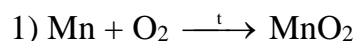
Для образования 3 моль  $\text{O}_2$  потребуется 398 кДж тепла, а для образования  $x$  моль  $\text{O}_2$  потребовалось 99.5 кДж. Отсюда

$$x = 3 \cdot 99.5 / 398 = 0.75 \text{ моль.}$$

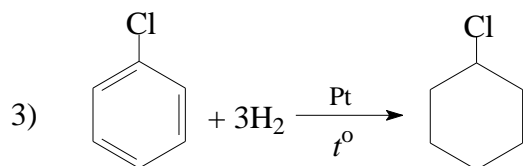
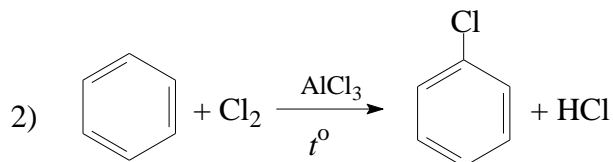
$$m(\text{O}_2) = 0.75 \cdot 32 = 24 \text{ г.}$$

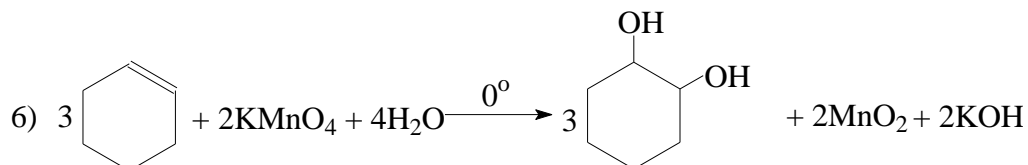
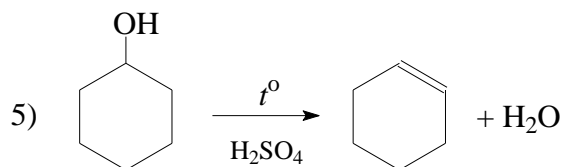
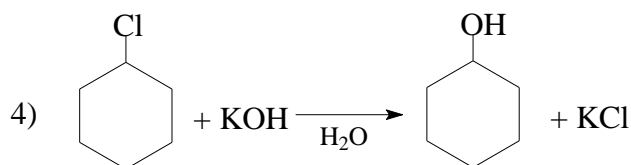
*Ответ:* 24 г  $\text{O}_2$ .

**7.** Один из возможных вариантов решения:



*Ответ:* **X** –  $\text{MnO}_2$ ; **Y** –  $\text{KMnO}_4$ .



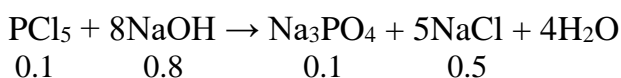
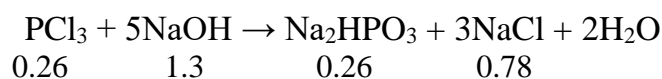
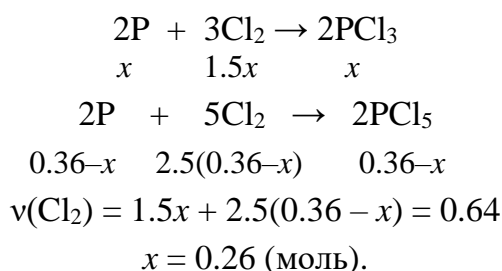


Ответ: **A** – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, **B** – C<sub>6</sub>H<sub>5</sub>Cl, **C** – циклогексанол, **D** – циклогексен.

9. Рассчитаем количества всех веществ:

$$\begin{aligned} v(\text{P}) &= 11.16 / 31 = 0.36 \text{ моль,} \\ v(\text{Cl}_2) &= \frac{101.3 \cdot 15.4}{8.314 \cdot 293} = 0.64 \text{ моль,} \\ v(\text{NaOH}) &= \frac{500 \cdot 0.18}{40} = 2.25 \text{ моль.} \end{aligned}$$

Из соотношения количеств фосфора и хлора ясно, что идет образование двух хлоридов:



Гидроксид натрия – в избытке, поэтому образуются средние соли. После окончания гидролиза в растворе находятся следующие вещества:

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_3) = 0.26 \text{ моль, } m(\text{Na}_2\text{HPO}_3) = 0.26 \cdot 126 = 32.76 \text{ г,}$$

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0.1 \text{ моль, } m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0.1 \cdot 164 = 16.4 \text{ г,}$$

$$v(\text{NaCl}) = 0.78 + 0.5 = 1.28 \text{ моль, } m(\text{NaCl}) = 1.28 \cdot 58.5 = 74.88 \text{ г,}$$

$$v(\text{NaOH}) = 2.25 - 1.3 - 0.8 = 0.15 \text{ моль, } m(\text{NaOH}) = 0.15 \cdot 40 = 6.0 \text{ г.}$$

Масса образовавшегося раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{P}) + m(\text{Cl}_2) + m(\text{р-ра NaOH}) = 11.16 + 0.64 \cdot 71 + 500 = 556.6 \text{ г.}$$

Массовые доли веществ в растворе:

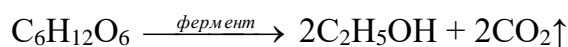
$$\begin{aligned} \omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) &= 16.4 / 556.6 = 0.0294 \text{ (2.94\%),} \\ \omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) &= 32.76 / 556.6 = 0.0589 \text{ (5.89\%),} \end{aligned}$$

$$\omega(\text{NaCl}) = 74.88 / 556.6 = 0.134 \text{ (13.4\%)},$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 6.0 / 556.6 = 0.0108 \text{ (1.08\%)}.$$

Ответ: 2.94%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , 5.89%  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 13.4%  $\text{NaCl}$ , 1.08%  $\text{NaOH}$ .

**10.** Спиртовое брожение глюкозы:



Получено спирта:

$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}) = 22.08 / 46 = 0.48 \text{ моль}.$$

Теоретически можно было получить

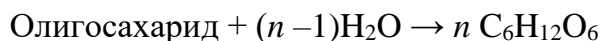
$$\nu(\text{C}_2\text{H}_5\text{OH})_{\text{теор}} = 0.48 / 0.8 = 0.6 \text{ моль}.$$

Значит, в реакцию брожения вступило глюкозы

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.6 / 2 = 0.3 \text{ моль},$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.3 \cdot 180 = 54.0 \text{ г}.$$

Пусть олигосахарид состоял из  $n$  остатков глюкозы. Уравнение реакции гидролиза:



Масса прореагировавшей воды равна разности

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - m(\text{олигосахарид}) = 54.0 - 49.5 = 4.5 \text{ г}.$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 4.5 / 18 = 0.25 \text{ моль}.$$

В соответствии с уравнением гидролиза

$$\frac{\nu(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{\nu(\text{H}_2\text{O})} = \frac{n}{n-1} = \frac{0.30}{0.25}$$

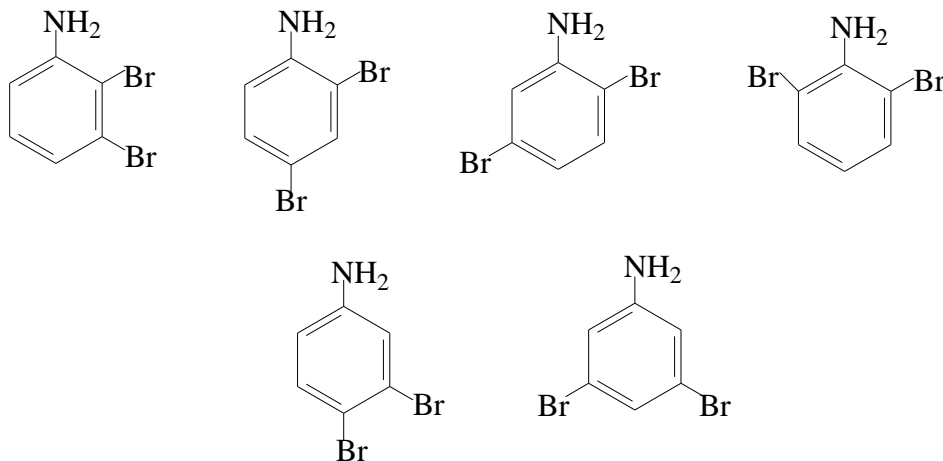
$$n = 6.$$

Ответ:  $n = 6$ ; 4.5 г воды.

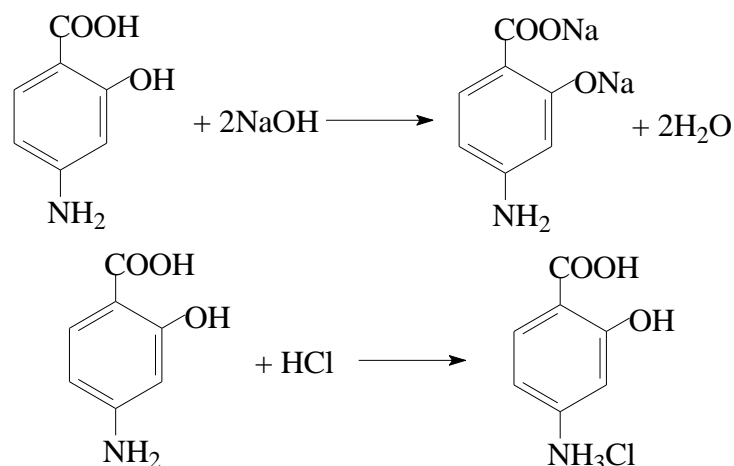
### Вариант Октябрь-2-2019

1. Ионы  $\text{Ca}^{2+}$  и  $\text{Sc}^{3+}$  имеют электронную конфигурацию  $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$ .

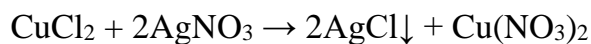
2. Существуют 6 изомерных диброманилинов:



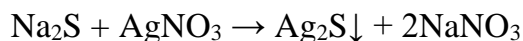
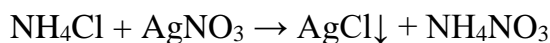
### 3. Реакции с участием *para*-аминосалициловой кислоты:



4. Из трех растворов лишь раствор  $\text{CuCl}_2$  окрашен (зеленовато-голубой). Для подтверждения добавим к порции этого раствора раствор нитрата серебра:

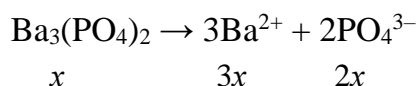


Наблюдаем образование белого творожистого осадка. К двум оставшимся растворам также добавим нитрат серебра:



В пробирке с хлоридом аммония выпадает белый творожистый осадок, а в пробирке с сульфидом натрия образуется черный осадок.

### 5. Растворение фосфата бария:



Найдем молярную концентрацию иона  $\text{Ba}^{3+}$  в растворе:

$$c(\text{Ba}^{3+}) = \nu / V = 2.1 \cdot 10^{-9} / 0.2 = 1.05 \cdot 10^{-8} \text{ моль/л} = 3x$$

$$x = 1.05 \cdot 10^{-8} / 3 = 3.50 \cdot 10^{-9} \text{ моль/л.}$$

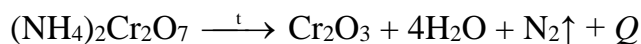
Мы получили молярную концентрацию насыщенного раствора фосфата бария (растворимость в единицах моль/л). Рассчитаем произведение растворимости:

$$\text{ПР}(\text{Ba}_3(\text{PO}_4)_2) = c(\text{Ba}^{2+})^3 \cdot c(\text{PO}_4^{3-})^2 = (3x)^3 \cdot (2x)^2 = 108 x^5$$

$$\text{ПР}(\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2) = 108 (3.50 \cdot 10^{-9})^5 = 5.67 \cdot 10^{-41}$$

Ответ:  $5.67 \cdot 10^{-41}$ ;  $3.50 \cdot 10^{-9}$  моль/л.

### 6. Разложение дихромата аммония:



По закону Гесса:  $Q = 4 \cdot 286 - 1141 - 1808 = 477 \text{ кДж.}$

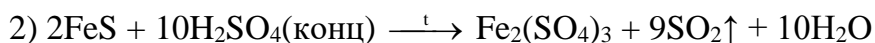
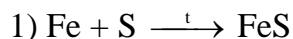
При образовании 1 моль  $\text{N}_2$  выделяется 477 кДж тепла, а при образовании  $x$  моль  $\text{N}_2$  выделилось 159 кДж. Отсюда

$$x = 159 / 477 = 0.333 \text{ моль.}$$

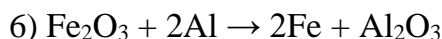
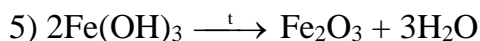
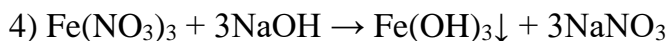
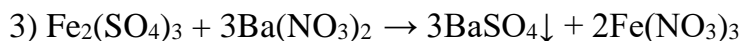
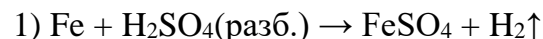
$$m(\text{N}_2) = 0.333 \cdot 28 = 9.33 \text{ г.}$$

Ответ: 9.33 г  $\text{N}_2$ .

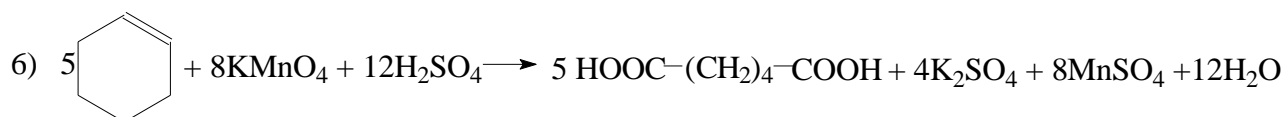
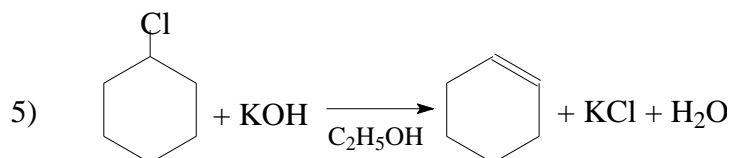
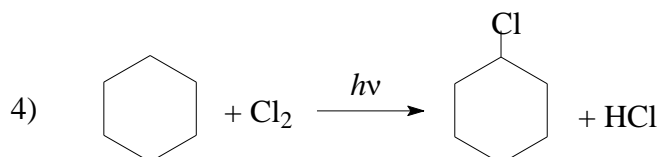
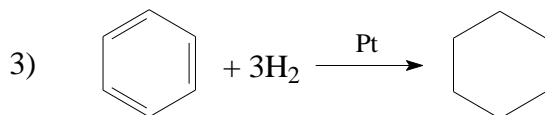
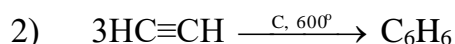
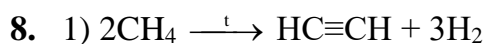
7. Один из возможных вариантов решения:



или



Ответ: **X** – FeS; **Y** – Fe(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub>; **Z** – Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



Ответ: **A** – C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>, **B** – C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, **C** – хлорциклогексан, **D** – циклогексен.

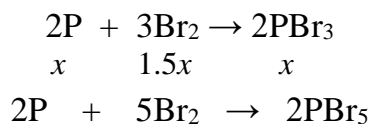
9. Рассчитаем количества всех веществ:

$$v(\text{P}) = 19.84 / 31 = 0.64 \text{ моль,}$$

$$v(\text{Br}_2) = \frac{57.8 \cdot 3.10}{160} = 1.12 \text{ моль,}$$

$$v(\text{NaOH}) = \frac{700 \cdot 0.24}{40} = 4.2 \text{ моль.}$$

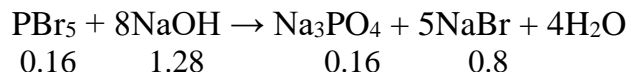
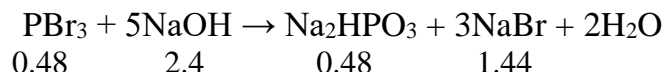
Из соотношения количеств фосфора и хлора ясно, что идет образование двух хлоридов:



$$0.64-x \quad 2.5(0.64-x) \quad 0.64-x$$

$$v(\text{Br}_2) = 1.5x + 2.5(0.64 - x) = 1.12$$

$$x = 0.48 \text{ (моль).}$$



Гидроксид натрия – в избытке, поэтому образуются средние соли. После окончания гидролиза в растворе находятся следующие вещества:

$$v(\text{Na}_2\text{HPO}_3) = 0.48 \text{ моль, } m(\text{Na}_2\text{HPO}_3) = 0.48 \cdot 126 = 60.48 \text{ г,}$$

$$v(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0.16 \text{ моль, } m(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 0.16 \cdot 164 = 26.24 \text{ г,}$$

$$v(\text{NaBr}) = 1.44 + 0.8 = 2.24 \text{ моль, } m(\text{NaBr}) = 2.24 \cdot 103 = 230.72 \text{ г,}$$

$$v(\text{NaOH}) = 4.2 - 2.4 - 1.28 = 0.52 \text{ моль, } m(\text{NaOH}) = 0.52 \cdot 40 = 20.8 \text{ г.}$$

Масса образовавшегося раствора:

$$m(\text{р-ра}) = m(\text{P}) + m(\text{Br}_2) + m(\text{р-ра NaOH}) = 12.84 + 179.18 + 700 = 899.0 \text{ г.}$$

Массовые доли веществ в растворе:

$$\omega(\text{Na}_3\text{PO}_4) = 26.24 / 899 = 0.0292 \text{ (2.92\%)},$$

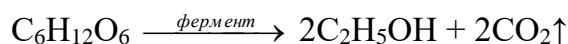
$$\omega(\text{Na}_2\text{HPO}_4) = 60.48 / 899 = 0.0673 \text{ (6.73\%)},$$

$$\omega(\text{NaBr}) = 230.72 / 899 = 0.257 \text{ (25.7\%)},$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 20.8 / 899 = 0.0231 \text{ (2.31\%)}.$$

*Ответ:* 2.94%  $\text{Na}_3\text{PO}_4$ , 6.73%  $\text{Na}_2\text{HPO}_4$ , 25.7%  $\text{NaBr}$ , 2.31%  $\text{NaOH}$ .

**10.** Спиртовое брожение глюкозы:



Выделилось углекислого газа:

$$v(\text{CO}_2) = 42.24 / 44 = 0.96 \text{ моль.}$$

Теоретически можно было получить

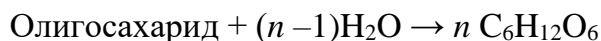
$$v(\text{CO}_2)_{\text{теор}} = 0.96 / 0.75 = 1.28 \text{ моль.}$$

Значит, в реакцию брожения вступило глюкозы

$$v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 1.28 / 2 = 0.64 \text{ моль,}$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) = 0.64 \cdot 180 = 115.2 \text{ г.}$$

Пусть олигосахарид состоял из  $n$  остатков глюкозы. Уравнение реакции гидролиза:



Масса прореагировавшей воды равна разности

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6) - m(\text{олигосахарид}) = 115.2 - 105.12 = 10.08 \text{ г.}$$

$$v(\text{H}_2\text{O}) = 10.08 / 18 = 0.56 \text{ моль.}$$

В соответствии с уравнением гидролиза

$$\frac{v(\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6)}{v(\text{H}_2\text{O})} = \frac{n-1}{n} = \frac{0.64}{0.56}$$

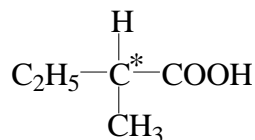
$$n = 8.$$



Ответ:  $n = 8$ ; 10.08 г воды.

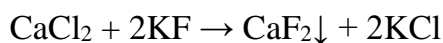
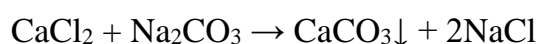
### Вариант Январь-1-2019

1. Простейшая карбоновая кислота, которая может существовать в виде двух оптических изомеров – 2-метилбутановая кислота:

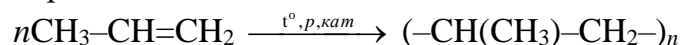


Звездочкой отмечен асимметрический атом углерода (оптический центр).

2. Например, хлорид кальция:



3. Реакция полимеризации:



$$M_r(\text{C}_3\text{H}_6) = 42,$$

$$M_r(\text{полимера}) = M_r(\text{C}_3\text{H}_6) \cdot n = 42 \cdot 5000 = 210000.$$

Ответ: 210000.

4. Найдем объем и массу кубика металла:

$$V = 1.32^3 = 2.30 \text{ см}^3,$$

$$m = V \cdot \rho = 2.30 \cdot 7.31 = 16.81 \text{ г.}$$

Количество вещества металла и количество вещества валентных электронов:

$$\nu(\text{Me}) = m / M = 16.81 / M \text{ (моль)},$$

$$\nu(\text{электронов}) = 2.64 \cdot 10^{23} / (6.02 \cdot 10^{23}) = 0.439 \text{ (моль)},$$

$$\nu(\text{электронов}) = \nu(\text{Me}) \cdot n,$$

где  $M$  – атомная масса металла,  $n$  – число валентных электронов в одном атоме. Тогда

$$0.439 = \frac{16.81}{M} \cdot n,$$

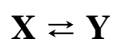
$$M = 38.29n.$$

Последовательно перебирая целочисленные значения  $n$ , при  $n = 3$  находим  $M = 114.87$  г/моль, это – индий In.

Ответ: индий.

5. Рассчитаем константу равновесия изомеризации как отношение констант скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2 = 2.14 \cdot 10^{-2} / (9.72 \cdot 10^{-3}) = 2.202.$$



Исх. кол-во (г)	80	0
Равновесн.	80-z	z

В выражение для константы равновесия можно вместо молярных концентраций подставить непосредственно массы веществ **X** и **Y**, так как по условию они – изомеры:

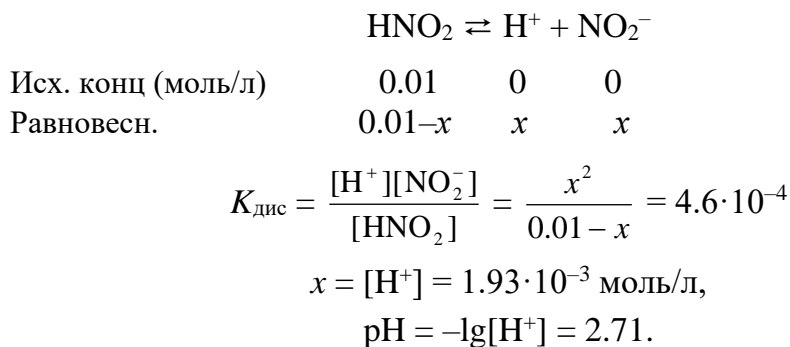
$$K = z / (80 - z) = 2.202,$$

$$z = 55.02 \text{ г, это масса вещества Y.}$$

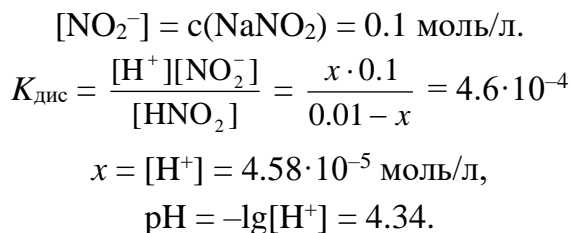
$$80 - z = 24.98 \text{ г – это масса X.}$$

*Ответ:* 24.98 г **X**, 55.02 г **Y**.

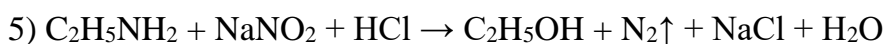
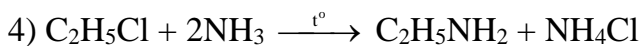
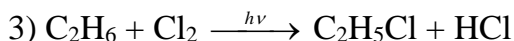
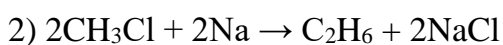
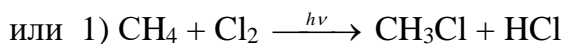
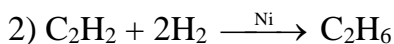
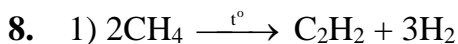
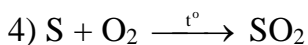
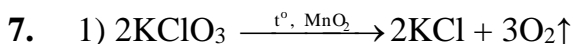
**6. 1)** Рассчитаем pH раствора кислоты. Для этого найдем равновесную концентрацию ионов  $\text{H}^+$ :

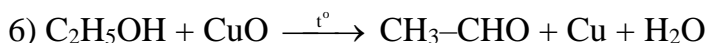


**2)** Определим pH раствора, содержащего соль и кислоту. Равновесная концентрация нитрит-иона в этом случае полностью определяется солью:



*Ответ:* 2.71; 4.34.

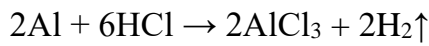




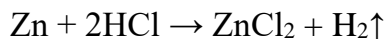
9. Обозначим количества вещества алюминия, цинка, кремния и серебра в навеске сплава через  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и  $k$  соответственно. Тогда масса сплава равна

$$m(\text{сплава}) = 27x + 65y + 28z + 108k = 12.6.$$

С соляной кислотой реагируют (растворяются) алюминий и цинк:



$$x \qquad \qquad \qquad 1.5x$$



$$y \qquad \qquad \qquad y$$

$$v(\text{H}_2) = 5.6 / 22.4 = 0.25 \text{ моль,}$$

$$1.5x + y = 0.25$$

В остатке – нерастворившиеся кремний и серебро. Значит, масса цинка и алюминия составляет

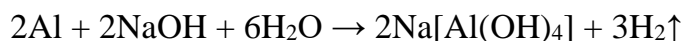
$$m = m(\text{сплава}) - m(\text{остатка}) = 12.6 - 3.4 = 9.2 \text{ (г).}$$

Получили систему уравнений:

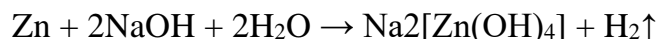
$$\begin{cases} 1.5x + y = 0.25 \\ 27x + 65y = 9.2 \end{cases}$$

Решение системы:  $x = y = 0.1$  моль.

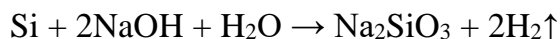
С раствором NaOH реагируют алюминий, цинк и кремний:



$$x \qquad \qquad \qquad 1.5x$$



$$y \qquad \qquad \qquad y$$



$$z \qquad \qquad \qquad 2z$$

$$v(\text{H}_2) = 6.72 / 22.4 = 0.3 \text{ (моль)}$$

$$1.5x + y + 2z = 0.3$$

Отсюда

$$2z = 0.3 - 0.25 = 0.05,$$

$$z = 0.025 \text{ моль}$$

Итак, массы и массовые доли компонентов смеси составляют:

$$m(\text{Al}) = 27 \cdot 0.1 = 2.7 \text{ г; } \omega(\text{Al}) = 2.7 / 12.6 = 0.2143 \text{ (или 21.43\%);}$$

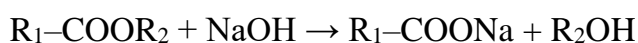
$$m(\text{Zn}) = 65 \cdot 0.1 = 6.5 \text{ г; } \omega(\text{Zn}) = 6.5 / 12.6 = 0.5159 \text{ (или 51.59\%);}$$

$$m(\text{Si}) = 28 \cdot 0.025 = 0.7 \text{ г; } \omega(\text{Si}) = 0.7 / 12.6 = 0.0556 \text{ (или 5.56\%);}$$

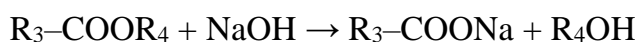
$$m(\text{Ag}) = 12.6 - 2.7 - 6.5 - 0.7 = 2.7 \text{ г; } \omega(\text{Ag}) = 0.2143 \text{ (или 21.43\%).}$$

Ответ: 21.43% Al; 51.59% Zn; 5.56% Si; 21.43% Ag.

10. Запишем уравнения щелочного гидролиза сложных эфиров в общем виде:



$$x \qquad \qquad \qquad x$$



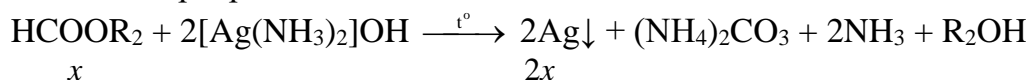
$$y \qquad \qquad \qquad y$$

$$v(\text{NaOH}) = 100 \cdot 0.08 / 40 = 0.2 \text{ моль,}$$

$$x + y = 0.2 \text{ моль.}$$

Осадок (серебро) может образоваться в двух случаях: если одна из кислот, входящих в состав сложных эфиров (или сразу обе) – муравьиная, или если один из спиртов (или оба) – виниловый спирт или его гомолог. Будем перебирать варианты.

Пусть первый из эфиров – формиат  $\text{HCOOR}_2$ , тогда реакция с аммиачным раствором оксида серебра:



$$v(\text{Ag}) = 6.48 / 108 = 0.06 \text{ моль,}$$

$$x = 0.03 \text{ моль,}$$

$$y = 0.2 - 0.03 = 0.17 \text{ моль.}$$

Запишем выражение для массы смеси эфиров, обозначив молярные массы радикалов через  $M$  с соответствующими индексами:

$$14.38 = (45 + M_2) \cdot 0.03 + (M_3 + M_4 + 44) \cdot 0.17,$$

$$5.55 = 0.03M_2 + 0.17(M_3 + M_4)$$

Попробуем подставить вместо всех трех неизвестных масс значение 15 – массу наименьшего возможного радикала  $\text{CH}_3$ :

$$0.03 \cdot 15 + 0.17 \cdot 30 = 5.55 \text{ – подходит.}$$

Значит, смесь состояла из 0.03 моль метилформиата  $\text{HCOOCH}_3$  и 0.17 моль метилацетата  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ . Мольные и массовые доли эфиров в смеси:

$$x(\text{HCOOCH}_3) = 0.03 / 0.2 = 0.15 \text{ (15\%),}$$

$$x(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 85\%,$$

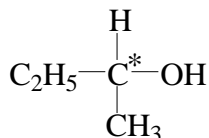
$$\omega(\text{HCOOCH}_3) = 0.03 \cdot 60 / 14.38 = 0.1252 \text{ (12.52\%),}$$

$$\omega(\text{CH}_3\text{COOCH}_3) = 87.48\%.$$

*Ответ:* по молям 15%  $\text{HCOOCH}_3$  и 85%  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ ; по массе 12.52%  $\text{HCOOCH}_3$  и 87.48%  $\text{CH}_3\text{COOCH}_3$ .

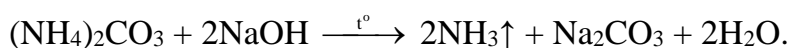
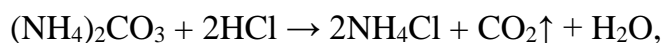
## Вариант Январь-2-2019

1. Простейший спирт, который может существовать в виде двух оптических изомеров – бутанол-2:

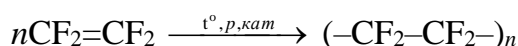


Звездочкой отмечен асимметрический атом углерода (оптический центр).

2. Например, карбонат аммония:



3. Реакция полимеризации:



$$M_r(\text{C}_2\text{F}_4) = 100,$$

$$n = 500000 / 100 = 5000.$$

Ответ: 5000.

4. Найдем объем и массу кубика металла:

$$V = 2.22^3 = 10.94 \text{ см}^3,$$

$$m = V \cdot \rho = 10.94 \cdot 7.13 = 78.0 \text{ г}.$$

Количество вещества металла и количество вещества валентных электронов:

$$\nu(\text{Me}) = m / M = 78.0 / M \text{ (моль)},$$

$$\nu(\text{электронов}) = 14.45 \cdot 10^{23} / (6.02 \cdot 10^{23}) = 2.4 \text{ (моль)},$$

$$\nu(\text{электронов}) = \nu(\text{Me}) \cdot n,$$

где  $M$  – атомная масса металла,  $n$  – число валентных электронов в одном атоме. Тогда

$$2.4 = \frac{78.0}{M} \cdot n,$$

$$M = 32.5n.$$

Последовательно перебирая целочисленные значения  $n$ , при  $n = 2$  находим  $M = 65.0$  г/моль, это – цинк Zn.

Ответ: цинк.

5. Рассчитаем константу равновесия изомеризации как отношение констант скорости прямой и обратной реакций:

$$K = k_1 / k_2 = 2.2 \cdot 10^{-2} / (8.3 \cdot 10^{-3}) = 2.65.$$

	$\mathbf{M} \rightleftharpoons \mathbf{N}$	
Исх. кол-во (г)	85	0
Равновесн.	85– $x$	$x$

В выражение для константы равновесия можно вместо молярных концентраций подставить непосредственно массы веществ  $\mathbf{M}$  и  $\mathbf{N}$ , так как по условию они – изомеры:

$$K = x / (85 - x) = 2.65,$$

$$x = 61.7 \text{ г, это масса вещества } \mathbf{N},$$

$$85 - x = 23.3 \text{ г – это масса } \mathbf{M}.$$

Ответ: 23.3 г  $\mathbf{M}$ , 61.7 г  $\mathbf{N}$ .

6. 1) Рассчитаем pH раствора кислоты. Для этого найдем равновесную концентрацию ионов  $\text{H}^+$ :

	$\text{HF} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{F}^-$		
Исх. конц (моль/л)	0.001	0	0
Равновесн.	0.001– $x$	$x$	$x$

$$K_{\text{дис}} = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = \frac{x^2}{0.001 - x} = 6.8 \cdot 10^{-4}$$

$$x = [\text{H}^+] = 5.515 \cdot 10^{-4} \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 3.26.$$

2) Определим pH раствора, содержащего соль и кислоту. Равновесная концентрация нитрит-иона в этом случае полностью определяется солью:

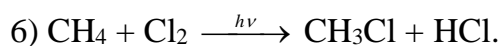
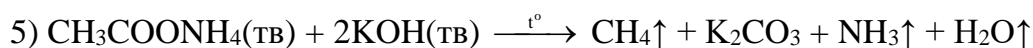
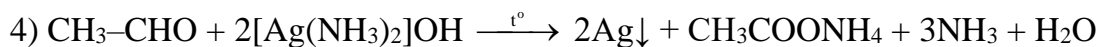
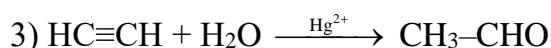
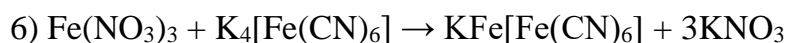
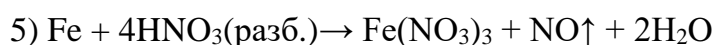
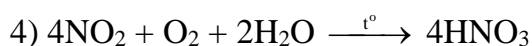
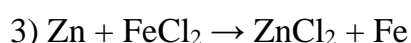
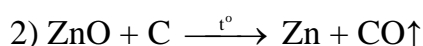
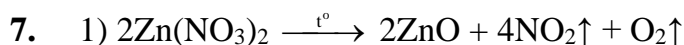
$$[F^-] = c(\text{NaF}) = 0.1 \text{ моль/л.}$$

$$K_{\text{дис}} = \frac{[H^+][F^-]}{[HF]} = \frac{x \cdot 0.1}{0.001 - x} = 6.8 \cdot 10^{-4}$$

$$x = [H^+] = 6.8 \cdot 10^{-6} \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = -\lg[H^+] = 5.17.$$

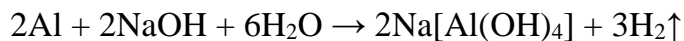
Ответ: 3.26; 5.17.



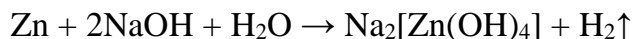
9. Обозначим количества вещества меди, алюминия, цинка и магния в навеске сплава через  $x$ ,  $y$ ,  $z$  и  $k$  соответственно. Тогда масса сплава равна

$$m(\text{сплава}) = 64x + 27y + 65z + 24k = 5.67.$$

С раствором щелочи реагируют (растворяются) алюминий и цинк:



$$y \qquad \qquad \qquad 1.5y$$



$$z \qquad \qquad \qquad z$$

$$v(\text{H}_2) = 1.232 / 22.4 = 0.055 \text{ моль,}$$

$$1.5y + z = 0.055$$

В остатке – нерастворившиеся медь и магний. Значит, масса цинка и алюминия

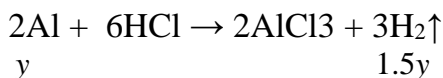
$$m = m(\text{сплава}) - m(\text{остатка}) = 5.67 - 2.8 = 2.87 \text{ (г).}$$

Получили систему уравнений:

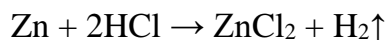
$$\begin{cases} 1.5y + z = 0.055 \\ 27y + 65z = 2.87 \end{cases}$$

Решение системы:  $y = 0.01$ ,  $z = 0.04$  моль.

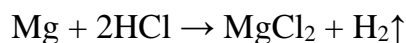
С соляной кислотой реагируют алюминий, цинк и магний:



$$y \qquad \qquad \qquad 1.5y$$



$$z \qquad \qquad \qquad z$$



$$k \qquad \qquad \qquad k$$

$$v(\text{H}_2) = 1.456 / 22.4 = 0.065 \text{ (моль)}$$

$$1.5y + z + k = 0.065.$$

Отсюда  $k = 0.065 - 0.055 = 0.01$  моль. Итак, массы и массовые доли компонентов смеси составляют:

$$m(\text{Al}) = 27 \cdot 0.01 = 0.27 \text{ г}; \quad \omega(\text{Al}) = 0.27 / 5.67 = 0.0476 \text{ (или 4.76\%);}$$

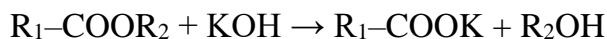
$$m(\text{Zn}) = 65 \cdot 0.04 = 2.6 \text{ г}; \quad \omega(\text{Zn}) = 2.6 / 5.67 = 0.4586 \text{ (или 45.86\%);}$$

$$m(\text{Mg}) = 24 \cdot 0.01 = 0.24 \text{ г}; \quad \omega(\text{Mg}) = 0.24 / 5.67 = 0.0423 \text{ (или 4.23\%);}$$

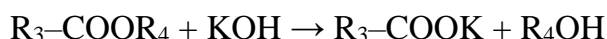
$$m(\text{Cu}) = 5.67 - 0.27 - 2.6 - 0.24 = 2.56 \text{ г}; \quad \omega(\text{Cu}) = 0.4515 \text{ (или 45.15\%).}$$

*Ответ:* 4.76% Al; 45.86% Zn; 4.23% Mg; 45.15% Cu.

**10.** Запишем уравнения щелочного гидролиза сложных эфиров в общем виде:



$$x \qquad \qquad x$$



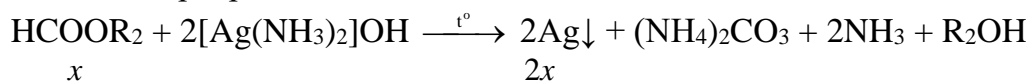
$$y \qquad \qquad y$$

$$v(\text{KOH}) = 140 \cdot 0.08 / 56 = 0.2 \text{ моль,}$$

$$x + y = 0.2.$$

Осадок (серебро) может образоваться или если одна из кислот, входящих в состав сложных эфиров (или сразу обе) – муравьиная, или если один (или оба) спирт – виниловый (или его гомолог). Будем перебирать варианты.

Пусть первый из эфиров – формиат  $\text{HCOOR}_2$ , тогда реакция с аммиачным раствором оксида серебра:



$$x$$

$$2x$$

$$v(\text{Ag}) = 12.86 / 108 = 0.12 \text{ моль,}$$

$$x = 0.12 / 2 = 0.06 \text{ моль,}$$

$$y = 0.2 - 0.06 = 0.14.$$

Запишем выражение для массы смеси эфиров, обозначив молярные массы радикалов через  $M$  с соответствующими индексами:

$$14.8 = (45 + M_2) \cdot 0.06 + (M_3 + M_4 + 44) \cdot 0.14,$$

$$5.94 = 0.06M_2 + 0.14(M_3 + M_4)$$

Попробуем подставить вместо всех трех неизвестных масс значение 15 – массу наименьшего возможного радикала  $\text{CH}_3$ :

$$0.06 \cdot 15 + 0.14 \cdot 30 = 5.1 \text{ – не подходит.}$$

Тогда возможно один из радикалов – этил  $C_2H_5$  с массой 29 г/моль. Попробуем подставить эту массу вместо  $M_2$ :

$$0.06 \cdot 29 + 30 \cdot 0.14 = 5.94 - \text{подходит.}$$

Значит, смесь состояла из 0.06 моль этилформиата  $HCOOCH_3$  и 0.14 моль метилацетата  $CH_3COOCH_3$ . Мольные доли эфиров в смеси:

$$x(HCOOC_2H_5) = 0.06 / 0.2 = 0.3 (30\%),$$

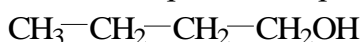
$$x(CH_3COOCH_3) = 70\%.$$

Массовые доли в данном случае совпадают с мольными, т.к. эфиры являются изомерами (имеют одинаковую молярную массу).

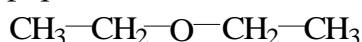
*Ответ:* по молям и по массе 30%  $HCOOC_2H_5$ , 70%  $CH_3COOCH_3$ .

### Вариант Март-1-2019

1. Предельные спирты изомерны простым эфирам:



*бутанол-1*

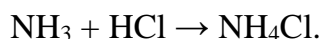


*диэтиловый эфир*

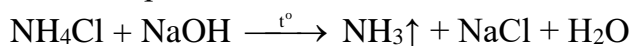
2. а)  $4P + 3NaOH + 3H_2O \xrightarrow{t^\circ} PH_3\uparrow + 3NaH_2PO_2$

б)  $P + 5HNO_3(\text{конц.}) \rightarrow H_3PO_4 + 5NO_2\uparrow + H_2O.$

3. 1) Пропустим смесь через соляную кислоту:

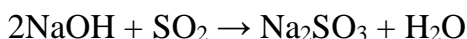


Аммиак поглотится, а сернистый газ и пропан не поглотятся. К полученному раствору добавим щелочь и нагреем:



Аммиак выделен.

2) Смесь  $SO_2$  и  $C_3H_8$  пропустим через избыток раствора щелочи:



Сернистый газ поглотился, непоглощенный чистый пропан выделен. К полученному раствору добавим соляную кислоту:



Сернистый газ выделен.

4. Пусть в 1 моль раствора содержится  $x$  моль  $H_2SO_4$  и  $(1-x)$  моль  $H_2O$ .

$$v(H) = 2x + 2(1-x) = 2,$$

$$v(O) = 4x + 1 - x = 1 + 3x \text{ (моль).}$$

По условию,  $v(H) = v(O)$ ,

$$2 = 1 + 3x$$

$$x = 1/3 = 0.333.$$

Тогда  $m(H_2SO_4) = 0.333 \cdot 98 = 32.64$  г,  $m(H_2O) = 0.667 \cdot 18 = 12.01$  г,

$$m(\text{р-ра}) = 44.64 \text{ г.}$$

$$\omega(H_2SO_4) = 32.63 / 44.64 = 0.731 (73.1\%).$$

В 100 г раствора содержится  $m(H_2SO_4) = 73.1$  г.

$$v(H_2SO_4) = 73.1 / 98 = 0.746 \text{ моль, } N(S) = v \cdot N_A = 0.746 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 4.49 \cdot 10^{23}.$$



Ответ: 73.1%;  $4.49 \cdot 10^{23}$ .

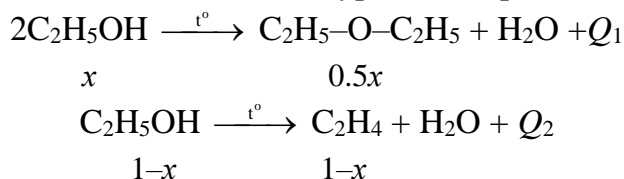
5. Зная степень диссоциации, по закону Оствальда рассчитаем константу диссоциации кислоты:

$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha_1^2 \cdot c}{1 - \alpha_1} = \frac{0.0248^2 \cdot 0.1}{0.9752} = 6.31 \cdot 10^{-5}.$$

Тогда 
$$c_2 = \frac{K_{\text{дис}} \cdot (1 - \alpha_2)}{\alpha_2^2} = \frac{6.31 \cdot 10^{-5} \cdot 0.888}{0.012544} = 0.0045 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.0045 моль/л.

6. Пусть спирта было 1 моль. Запишем уравнения реакций дегидратации:



Рассчитаем теплоты реакций по закону Гесса:

$$Q_1 = 253 + 242 - 2 \cdot 235 = 25 \text{ кДж,}$$

$$Q_2 = -52.5 + 242 - 235 = -45.5 \text{ кДж.}$$

Тогда на  $x$  моль спирта в первой реакции тепловой эффект составит  $25x / 2 = 12.5x$ , а во второй реакции на  $(1-x)$  моль он составит  $-45.5(1-x) = -45.5 + 45.5x$  (кДж).

Всего по условию задачи тепла поглотилось:

$$-10.7 = 12.5x - 45.5 + 45.5x$$

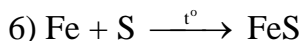
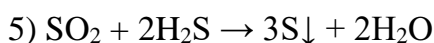
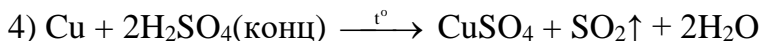
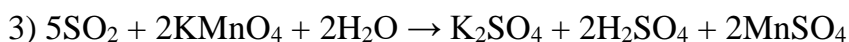
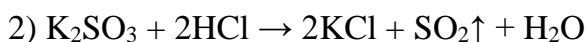
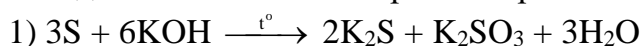
$$34.8 = 58x$$

$$x = 0.6 \text{ моль.}$$

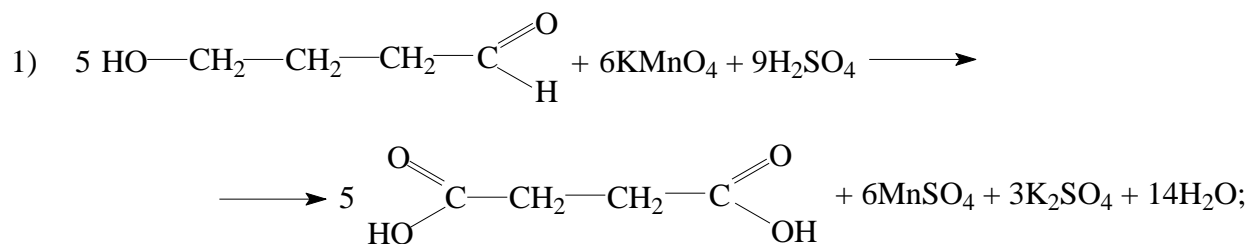
Это соответствует 60%-ному превращению спирта в простой эфир.

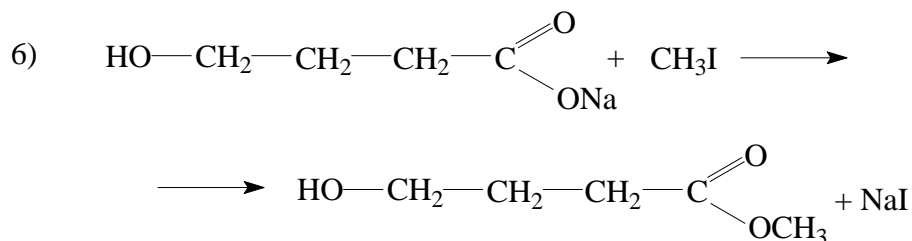
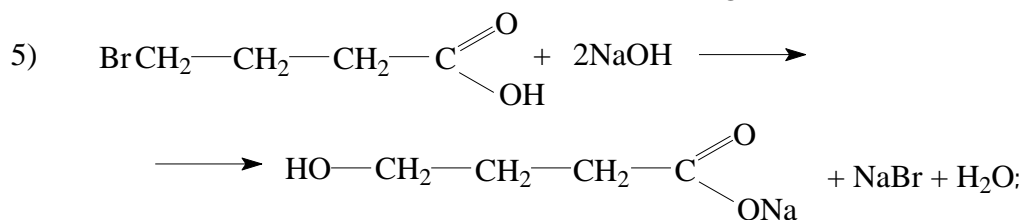
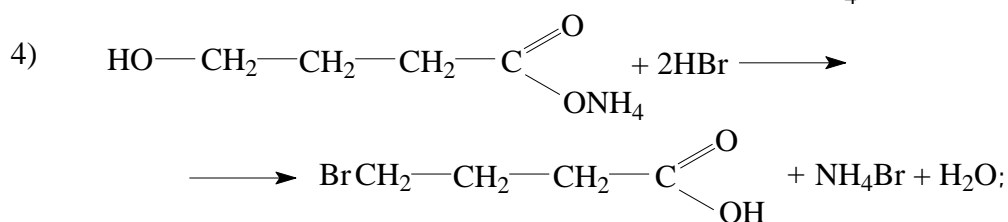
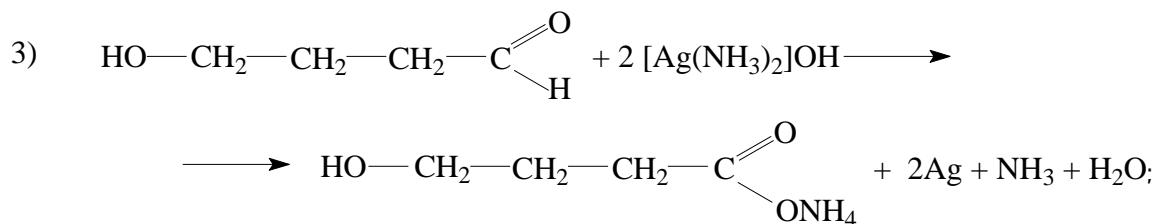
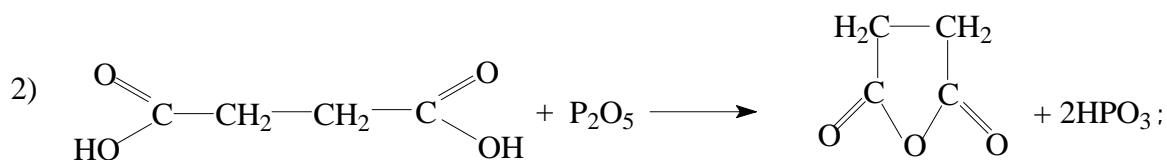
Ответ: 60%.

7. Один из возможных вариантов решения:

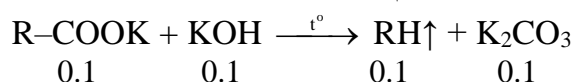


8.

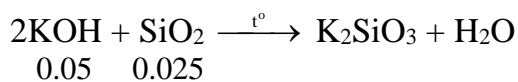
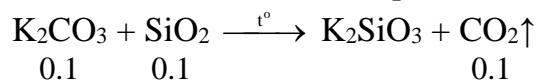




9. Реакция сплавления неизвестной соли со щелочью:



Твердый остаток представляет собой смесь карбоната калия и избытка твердого гидроксида калия. Реакции сплавления с оксидом кремния:



При 30°C газом является только CO<sub>2</sub>:

$$v(\text{CO}_2) = \frac{101.3 \cdot 2.49}{8.314 \cdot 303} = 0.1 \text{ моль.}$$

Твердый остаток после промывания – избыток оксида кремния:

$$m(\text{SiO}_2)_{\text{изб}} = 1.5 \text{ г.}$$

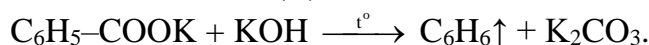
Следовательно, на реакции было израсходовано

$$m(\text{SiO}_2) = 9 - 1.5 = 7.5 \text{ г,}$$

$$v(\text{SiO}_2) = 7.5 / 60 = 0.125 \text{ моль.}$$

$$m(\text{исх. смеси}) = m(\text{KOH}) + m(\text{соли}) = 56 \cdot (0.1 + 0.05) + M(\text{соли}) \cdot 0.1 = 24.4.$$

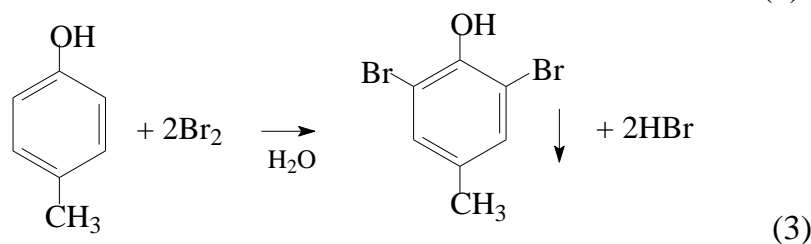
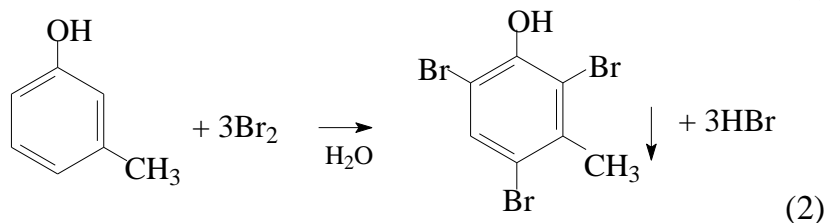
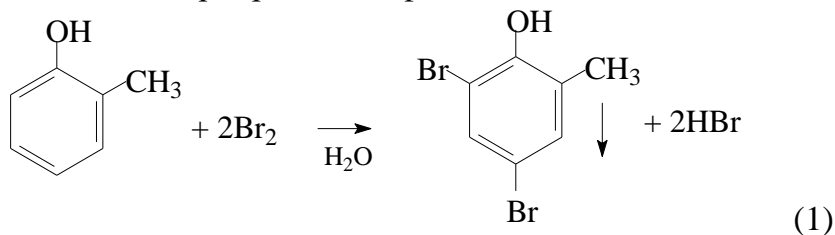
Отсюда  $M(\text{соли}) = 160$  г/моль. Тогда  $M(\text{R}) = 160 - 44 - 39 = 77$  г/моль, это фенил.



$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.1 \cdot 78 = 7.8 \text{ г.}$$

Ответ: бензол  $\text{C}_6\text{H}_6$ , 7.8 г.

10. Существуют три изомера метилфенола и, соответственно, возможны три варианта реакций бромирования, в результате которых получаются два изомера дибромметилфенола и один – трибромметилфенола:



Молярные массы реагентов и продуктов составляют:

$$M(\text{C}_7\text{H}_8\text{O}) = 108 \text{ г/моль}, \quad M(\text{C}_7\text{H}_6\text{OBr}_2) = 266 \text{ г/моль}, \quad M(\text{C}_7\text{H}_5\text{OBr}_3) = 345 \text{ г/моль}.$$

1) Если в смеси находились *орто*-метилфенол и *пара*-метилфенол, то продуктами реакции являются два дибромпроизводных (реакции (1) и (3)). Тогда, вне зависимости от соотношения количеств изомеров, соотношение масс продуктов и реагентов составляет

$$n = \frac{266 \cdot 5x}{108 \cdot 5x} = \frac{266}{108} = 2.463 - \text{это не соответствует условию задачи.}$$

2) Значит, в смеси были *орто*-метилфенол (или *пара*-метилфенол) и *мета*-метилфенол (реакции (1) и (2), или (3) и (2)). Пусть первого изомера было  $2x$ , а второго –  $3x$  моль:

$$n = \frac{266 \cdot 2x + 345 \cdot 3x}{108 \cdot 5x} = 2.902 - \text{не подходит.}$$

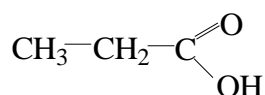
Тогда первого изомера было  $3x$ , а второго –  $2x$  моль:

$$n = \frac{266 \cdot 3x + 345 \cdot 2x}{108 \cdot 5x} = 2.756 - \text{соответствует условию.}$$

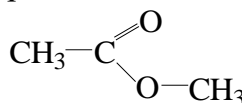
Ответ: *орто*- (или *пара*-метилфенол) и *мета*-метилфенол в соотношении 3 : 2.

## Вариант Март-2-2019

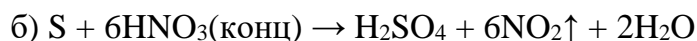
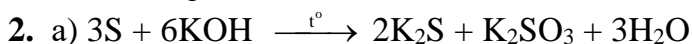
1. Карбоновые кислоты изомерны сложным эфирам:



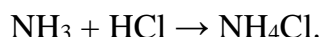
пропионовая кислота



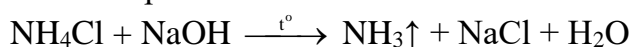
метилацетат



3. 1) Пропустим смесь через соляную кислоту:

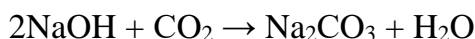


Аммиак поглотится, а углекислый и угарный газы не поглотятся. К полученному раствору добавим щелочь и нагреем:



Аммиак выделен.

2) Смесь  $\text{CO}_2$  и  $\text{CO}$  пропустим через избыток раствора щелочи:



Углекислый газ поглотился, непоглощенный чистый угарный газ выделен. К полученному раствору добавим соляную кислоту:



Углекислый газ выделен.

4. Пусть в 1 моль раствора содержится  $x$  моль  $\text{NaOH}$  и  $(1-x)$  моль  $\text{H}_2\text{O}$ .

$$v(\text{H}) = x + 2 - 2x = 2 - x,$$

$$v(\text{O}) = x + 1 - x = 1 \text{ (моль)}.$$

$$\text{По условию, } v(\text{H}) / v(\text{O}) = (2 - x) / 1 = 1.5,$$

$$x = 0.5.$$

$$\text{Тогда } m(\text{NaOH}) = 0.5 \cdot 40 = 20 \text{ г, } m(\text{H}_2\text{O}) = 0.5 \cdot 18 = 9 \text{ г,}$$

$$m(\text{р-ра}) = 29 \text{ г.}$$

$$\omega(\text{NaOH}) = 20 / 29 = 0.69 \text{ (69\%).}$$

В 100 г раствора содержится  $m(\text{NaOH}) = 69 \text{ г.}$

$$v(\text{NaOH}) = 69 / 40 = 1.725 \text{ моль, } N(\text{Na}) = v \cdot N_A = 1.725 \cdot 6.02 \cdot 10^{23} = 1.04 \cdot 10^{24}.$$

Ответ: 69%;  $1.04 \cdot 10^{24}$ .

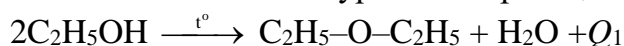
5. Зная степень диссоциации, по закону Оствальда рассчитаем константу диссоциации кислоты:

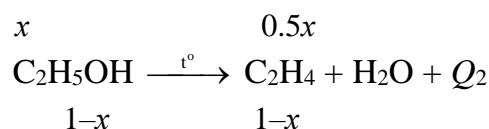
$$K_{\text{дис}} = \frac{\alpha_1^2 \cdot c}{1 - \alpha_1} = \frac{0.0132^2 \cdot 0.1}{0.9868} = 1.766 \cdot 10^{-5}.$$

$$\text{Тогда } c_2 = \frac{K_{\text{дис}} \cdot (1 - \alpha_2)}{\alpha_2^2} = \frac{1.766 \cdot 10^{-5} \cdot 0.939}{0.00372} = 0.00446 \text{ моль/л.}$$

Ответ: 0.00446 моль/л.

6. Пусть спирта было 1 моль. Запишем уравнения реакций дегидратации:





Рассчитаем теплоты реакций по закону Гесса:

$$Q_1 = 253 + 242 - 2 \cdot 235 = 25 \text{ кДж},$$

$$Q_2 = -52.5 + 242 - 235 = -45.5 \text{ кДж}.$$

Тогда на  $x$  моль спирта в первой реакции тепловой эффект составит  $25x / 2 = 12.5x$ , а во второй реакции на  $(1-x)$  моль он составит  $-45.5(1-x) = -45.5 + 45.5x$  (кДж).

Всего по условию задачи тепла поглотилось:

$$-22.3 = 12.5x - 45.5 + 45.5x$$

$$23.2 = 58x$$

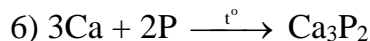
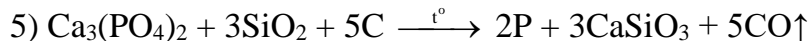
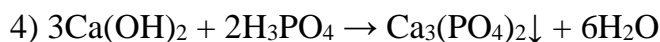
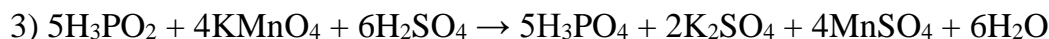
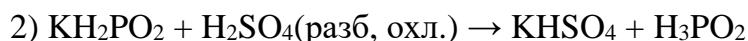
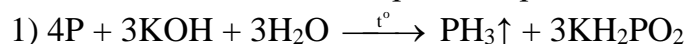
$$x = 0.4,$$

$$1 - x = 0.6 \text{ (моль)}.$$

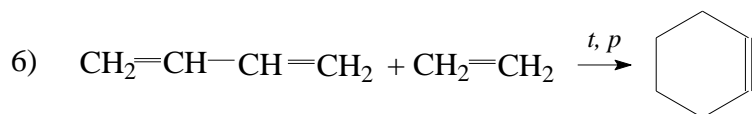
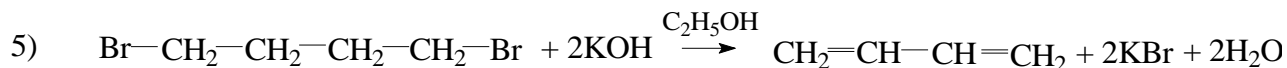
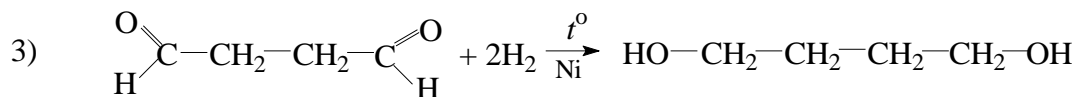
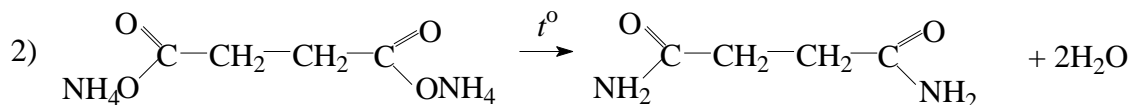
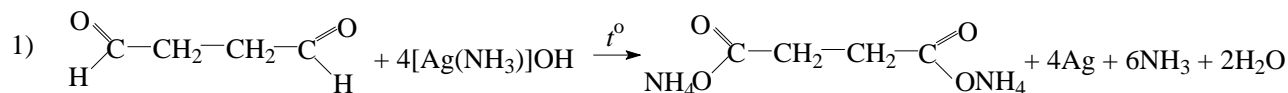
Это соответствует 60%-ному превращению спирта в этилен.

*Ответ:* 60%.

**7.** Один из возможных вариантов решения:



**8.**

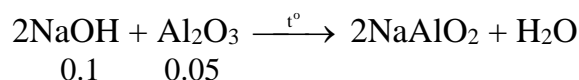
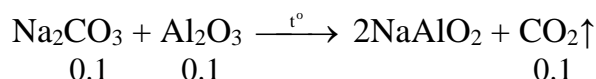


**9.** Реакция сплавления неизвестной соли со щелочью:



0.1            0.1            0.1            0.1

Твердый остаток представляет собой смесь карбоната натрия и избытка твердого гидроксида натрия. Реакции сплавления с оксидом алюминия:



При 20°C газом является только CO<sub>2</sub>:

$$\nu(\text{CO}_2) = \frac{101.3 \cdot 2.4}{8.314 \cdot 293} = 0.1 \text{ моль.}$$

Твердый остаток после промывания – избыток оксида алюминия:

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3)_{\text{изб}} = 5.1 \text{ г.}$$

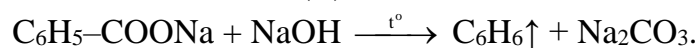
Следовательно, на реакции было израсходовано

$$m(\text{Al}_2\text{O}_3) = 20.4 - 5.1 = 15.3 \text{ г,}$$

$$\nu(\text{Al}_2\text{O}_3) = 15.3 / 102 = 0.15 \text{ моль.}$$

$$m(\text{исх. смеси}) = m(\text{NaOH}) + m(\text{соли}) = 40 \cdot (0.1 + 0.1) + M(\text{соли}) \cdot 0.1 = 24.4.$$

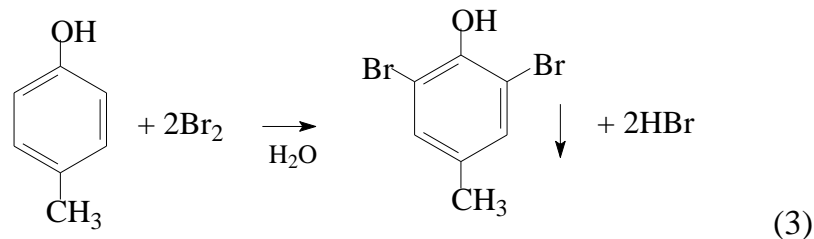
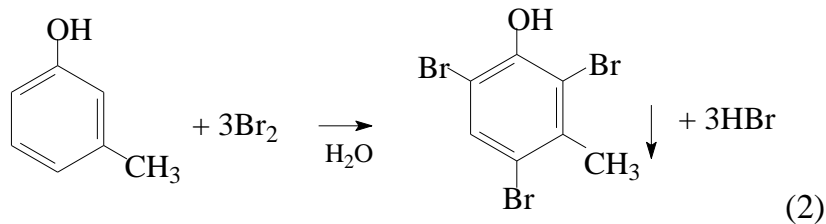
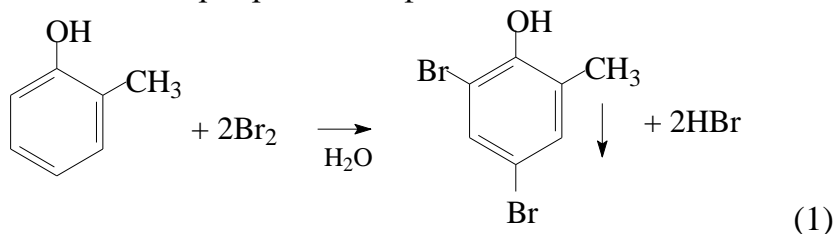
Отсюда  $M(\text{соли}) = 144$  г/моль. Тогда  $M(\text{R}) = 144 - 44 - 23 = 77$  г/моль, это фенил.



$$m(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.1 \cdot 78 = 7.8 \text{ г.}$$

Ответ: бензол C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>, 7.8 г.

10. Существуют три изомера метилфенола и, соответственно, возможны три варианта реакций бромирования, в результате которых получаются два изомера дибромметилфенола и один – трибромметилфенола:



Молярные массы реагентов и продуктов составляют:

$$M(\text{C}_7\text{H}_8\text{O}) = 108 \text{ г/моль, } M(\text{C}_7\text{H}_6\text{OBr}_2) = 266 \text{ г/моль, } M(\text{C}_7\text{H}_5\text{OBr}_3) = 345 \text{ г/моль.}$$

1) Если в смеси находились *орто*-метилфенол и *пара*-метилфенол, то продуктами реакции являются два дибромпроизводных (реакции (1) и (3)). Тогда, вне зависимости от соотношения количеств изомеров, соотношение масс продуктов и реагентов составляет

$$n = \frac{266 \cdot 3x}{108 \cdot 3x} = \frac{266}{108} = 2.463 - \text{это не соответствует условию задачи.}$$

2) Значит, в смеси были *орто*-метилфенол (или *пара*-метилфенол) и *мета*-метилфенол (реакции (1) и (2), или (3) и (2)). Пусть первого изомера было  $x$ , а второго –  $2x$  моль:

$$n = \frac{266 \cdot x + 345 \cdot 2x}{108 \cdot 3x} = 2.902 - \text{соответствует условию.}$$

*Ответ:* *орто*- (или *пара*-метилфенол) и *мета*-метилфенол в соотношении 1 : 2.

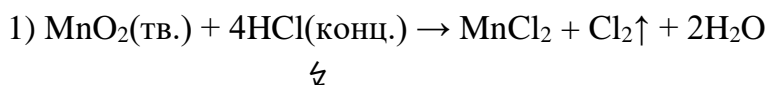
### Вариант Январь-1-2020

1. Степени окисления элементов в минерале:  $\text{Ca}^{2+}\text{Sn}^x\text{Si}^{4+}\text{O}^{2-}_5$ , отсюда

$$2 + x + 4 - 5 \cdot 2 = 0, \\ x = 4.$$

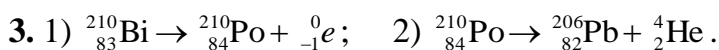
*Ответ:* в состав минерала входит  $\text{Sn}^{+4}$ .

2. Приведём два из возможных способов получения хлора:



⚡

2)  $2\text{NaCl} + 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_2\uparrow + \text{Cl}_2\uparrow + 2\text{NaOH}$  (электролиз водного раствора с диафрагмой).



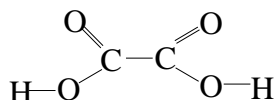
4. Неизвестная соль имеет формулу  $\text{Na}_x\text{C}_y\text{O}_z$ . Массовая доля кислорода:

$$\omega(\text{O}) = 100 - 34.328 - 17.910 = 47.762 \%$$

Для 100 г соли:

$$x : y : z = \frac{34.328}{23} : \frac{17.910}{12} : \frac{47.762}{16} = 1.4925 : 1.4925 : 2.9851 = 1 : 1 : 2.$$

Простейшая формула соли  $\text{NaCO}_2$ , тогда истинная формула –  $\text{Na}_2\text{C}_2\text{O}_4$ . Это оксалат натрия, соль двухосновной щавелевой кислоты:



5. Количество вещества и концентрация фтороводорода:

$$v(\text{HF}) = 0.0224 / 22.4 = 0.001 \text{ моль,}$$

$$c(\text{HF}) = 0.001 \text{ моль/л.}$$

Кислота слабая, обратимо диссоциирует в растворе:



Исх. конц.	$c$	0	0
------------	-----	---	---

Равновесн. конц.  $c-x$   $x$   $x$

$$K_{\text{дисс.}} = \frac{[\text{H}^+][\text{F}^-]}{[\text{HF}]} = \frac{x^2}{0.001-x} = 6.8 \cdot 10^{-4}$$

Получаем и решаем квадратное уравнение:

$$x^2 + 6.8 \cdot 10^{-4}x - 6.8 \cdot 10^{-7} = 0.$$

Положительный корень  $x = 5.5 \cdot 10^{-4}$  моль/л.

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 3.258.$$

*Ответ:* 3.258.

**6.** Уравнение для скорости простой реакции:

$$r = k \cdot [\text{X}]^2 \cdot [\text{Y}].$$

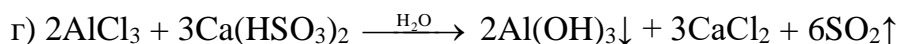
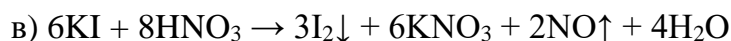
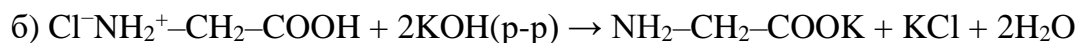
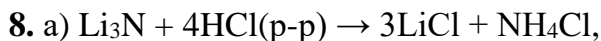
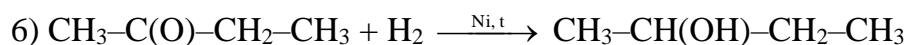
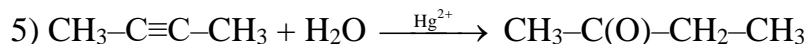
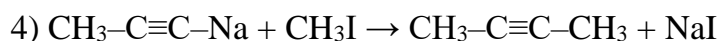
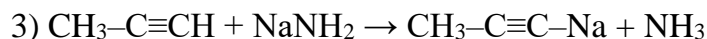
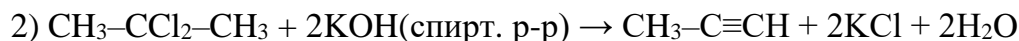
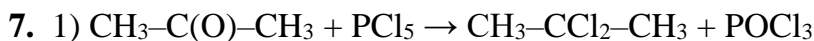
В условии задачи даны начальные концентрации реагентов, а константа скорости реакции не зависит от текущих концентраций. Можно рассчитать начальную скорость реакции:

$$r_0 = 0.9 \cdot 0.2^2 \cdot 0.5 = 0.018 \text{ моль/л} \cdot \text{мин}.$$

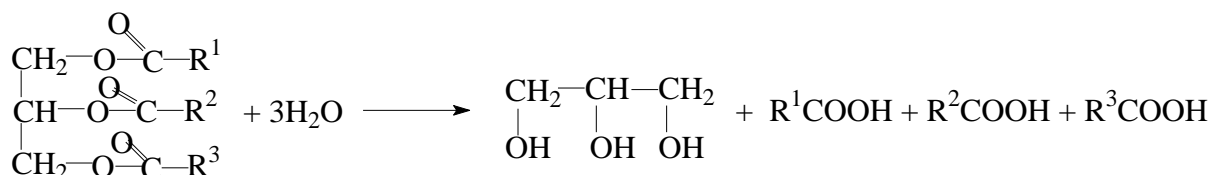
Когда концентрация вещества **X** достигнет значения 0.1 моль/л, это будет означать, что она уменьшилась на  $0.2 - 0.1 = 0.1$  моль/л. Тогда концентрация вещества **Y** уменьшится на вдвое меньшую величину и станет равна  $0.5 - 0.05 = 0.45$  моль/л.

$$r = 0.9 \cdot 0.1^2 \cdot 0.45 = 0.00405 \text{ моль/л} \cdot \text{мин}.$$

*Ответ:* 0.018 моль/(л·мин), 0.00405 моль/(л·мин).



**9.** Запишем в общем виде уравнение гидролиза жира, учитывая, что при этом должны получиться четыре продукта (т. е. жир включал три разных кислотных остатка):





Разница в массе образца и продуктов гидролиза – это масса воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 27.96 - 26.34 = 1.62 \text{ г},$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 1.62 / 18 = 0.09 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{жира}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) / 3 = 0.09 / 3 = 0.03 \text{ моль}.$$

Находим молярную массу жира:

$$M(\text{жира}) = m / \nu = 21.34 / 0.03 = 878 \text{ г/моль}.$$

Можно получить сумму масс радикалов, вычтя из молярной массы массу известной части молекулы жира:

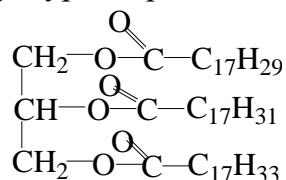
$$M(\text{R}^1) + M(\text{R}^2) + M(\text{R}^3) = M - M(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6) = 878 - 173 = 705 \text{ г/моль}.$$

После гидрирования жира в продуктах его гидролиза было только два вещества (одно из них – глицерин, второе – жирная кислота), следовательно, жирные кислоты, входившие в первоначальный жир, имели одинаковое число атомов углерода, и отличались только числом атомов водорода, т. е. степенью ненасыщенности. Учтём, что в природных жирах присутствуют только кислоты с чётным числом атомов углерода, значит, радикалы должны включать нечётное число атомов С. Подбором получаем, что  $\text{R}^1$  – это  $\text{C}_{17}\text{H}_{29}$  (3 двойные связи),  $\text{R}^2$  –  $\text{C}_{17}\text{H}_{31}$  (2 двойные связи) и  $\text{R}^3$  –  $\text{C}_{17}\text{H}_{33}$  (одна двойная связь). Моль жира может присоединить при гидрировании  $3 + 2 + 1 = 6$  моль водорода:

$$\nu(\text{H}_2) = 6\nu(\text{жира}) = 6 \cdot 0.03 = 0.18 \text{ моль},$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{\nu RT}{p} = \frac{0.18 \cdot 8.314 \cdot 523}{2 \cdot 101.3} = 3.86 \text{ л}.$$

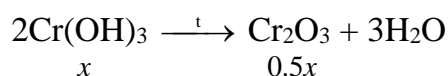
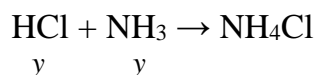
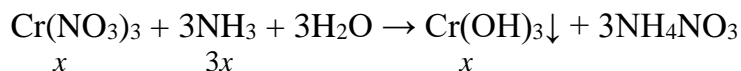
Ответ: 3.86 л водорода, структура жира:



10. Найдём количество вещества прореагировавшего аммиака:

$$\nu(\text{NH}_3) = \frac{21 \cdot 0.95 \cdot 0.1193}{17} = 0.14 \text{ моль}.$$

Уравнения реакций:



$$\nu(\text{Cr}_2\text{O}_3) = 1.52 / 152 = 0.01 \text{ моль},$$

$$0.5x = 0.01$$

$$x = 0.02 \text{ моль}.$$

$$v(\text{NH}_3) = 3x + y = 3 \cdot 0.02 + y = 0.14,$$

$$y = 0.14 - 0.06 = 0.08 \text{ моль.}$$

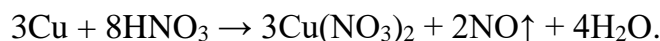
$$c(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = v/V = 0.02 / 0.050 = 0.4 \text{ моль/л,}$$

$$c(\text{HCl}) = 0.08 / 0.050 = 1.6 \text{ моль/л.}$$

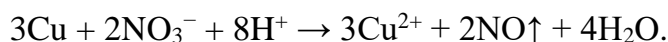
Количество меди:

$$v(\text{Cu}) = 2.4 / 64 = 0.0375 \text{ моль.}$$

В растворе нитрата, подкисленном соляной кислотой, происходит реакция, аналогичная реакции меди с очень разбавленным раствором азотной кислоты:



В присутствии другого аниона  $\text{Cl}^-$  можно записать в ионном виде:



Количества реагентов

$$v(\text{Cu}) = 0.0375 \text{ моль,}$$

$$v(\text{NO}_3^-) = 3x = 0.06 \text{ моль,}$$

$$v(\text{H}^+) = v(\text{HCl}) = y = 0.08 \text{ моль.}$$

В недостатке – ион  $\text{H}^+$ . Тогда

$$v(\text{NO}) = 2v(\text{H}^+) / 8 = 0.02 \text{ моль,}$$

$$V(\text{NO}) = 0.02 \cdot 22.4 = 0.448 \text{ л.}$$

*Ответ:*  $c(\text{Cr}(\text{NO}_3)_3) = 0.4$  моль/л,  $c(\text{HCl}) = 1.6$  моль/л, 0.448 л.

### Вариант Январь-2-2020

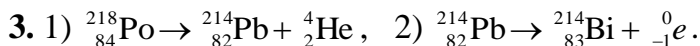
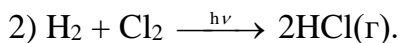
1. Степени окисления элементов в минерале:  $\text{Ag}^+\text{Sb}^x\text{S}^{2-}_4$ , отсюда

$$5 + x - 4 \cdot 2 = 0,$$

$$x = 3.$$

*Ответ:* в состав минерала входит  $\text{Sb}^{+3}$ .

2. Приведём два из возможных способов получения хлороводорода:



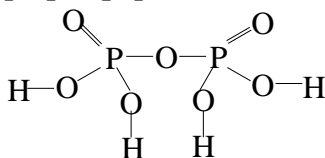
4. Неизвестная соль имеет формулу  $\text{K}_x\text{P}_y\text{O}_z$ . Массовая доля кислорода:

$$\omega(\text{O}) = 100 - 47.27 - 18.79 = 33.94 \text{ \%}.$$

Для 100 г соли:

$$x : y : z = \frac{47.27}{39} : \frac{18.97}{31} : \frac{33.94}{16} = 1.212 : 0.606 : 2.121 = 2 : 1 : 3.5 = 4 : 2 : 7.$$

Простейшая формула соли  $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , она совпадает с истинной. Это пиррофосфат калия, соль четырёхосновной пиррофосфорной кислоты:

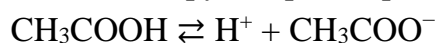


5. Количество вещества кислоты:

$$v(\text{CH}_3\text{COOH}) = 25 / 60 = 0.416 \text{ моль.}$$

$$c(\text{CH}_3\text{COOH}) = 0.416 \text{ моль/л.}$$

Кислота слабая, обратимо диссоциирует в растворе:



Исх. конц.	$c$	0	0
Равновесн. конц.	$c-x$	$x$	$x$

$$K_{\text{дисс.}} = \frac{[\text{H}^+][\text{CH}_3\text{COO}^-]}{[\text{CH}_3\text{COOH}]} = \frac{x^2}{0.416-x} = 1.8 \cdot 10^{-5}$$

Пренебрежём величиной  $x$  в знаменателе (она мала в сравнении с 0.416):

$$x^2 / 0.416 = 1.8 \cdot 10^{-5}$$

$$x = 2.74 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л,}$$

$$\text{pH} = -\lg[\text{H}^+] = 2.56.$$

Ответ: 2.56.

6. Уравнение для скорости простой реакции:

$$r = k \cdot [\text{X}] \cdot [\text{Y}].$$

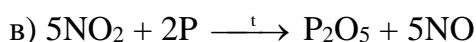
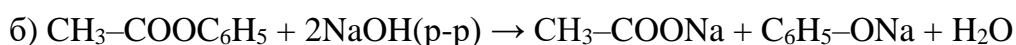
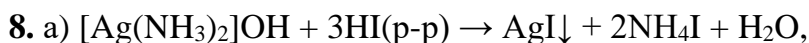
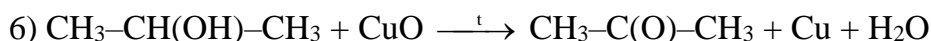
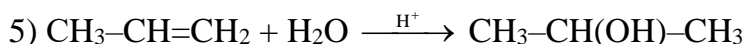
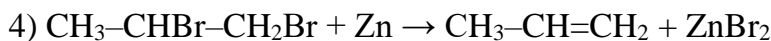
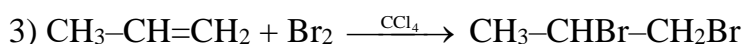
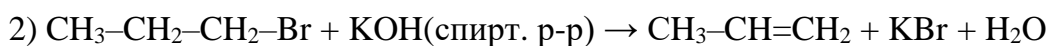
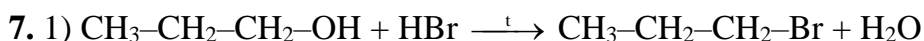
В условии задачи даны начальные концентрации реагентов и начальная скорость реакции. Можем рассчитать константу скорости реакции:

$$k = r_0 / ([\text{X}] \cdot [\text{Y}]) = 0.022 / (0.2 \cdot 0.4) = 0.275 \text{ л/(моль} \cdot \text{мин)}.$$

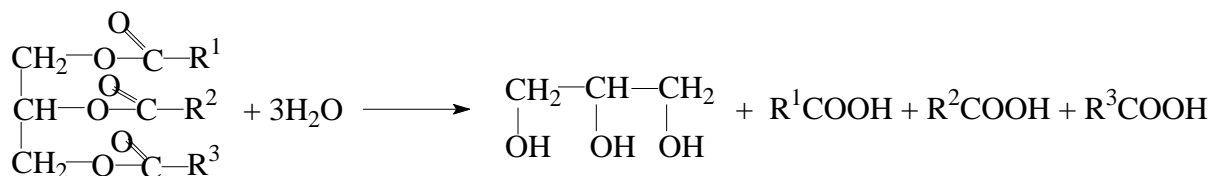
Когда концентрация вещества **Z** достигнет значения 0.2 моль/л, это будет означать, что она увеличилась на  $0.2 - 0.1 = 0.1$  моль/л. Тогда концентрации веществ **X** и **Y** уменьшатся на вдвое меньшую величину и станут равны  $0.2 - 0.05 = 0.15$  моль/л и  $0.4 - 0.05 = 0.35$  моль/л соответственно. Скорость реакции составит

$$r = 0.275 \cdot 0.15 \cdot 0.35 = 0.0144 \text{ моль/(л} \cdot \text{мин)}.$$

Ответ: 0.275 л/(моль·мин), 0.0144 моль/(л·мин).



9. Запишем в общем виде уравнение гидролиза жира, учтя, что при этом должны получиться четыре продукта, т. е. жир включал три разных кислотных остатка:



Разница в массе образца и продуктов гидролиза – это масса воды:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 34.16 - 32.0 = 2.16 \text{ г},$$

$$\nu(\text{H}_2\text{O}) = 2.16 / 18 = 0.12 \text{ моль},$$

$$\nu(\text{жира}) = \nu(\text{H}_2\text{O}) / 3 = 0.12 / 3 = 0.04 \text{ моль}.$$

Находим молярную массу жира:

$$M(\text{жира}) = m / \nu = 32.0 / 0.04 = 800 \text{ г/моль}.$$

Можно получить сумму масс радикалов, вычтя из молярной массы массу известной части молекулы жира:

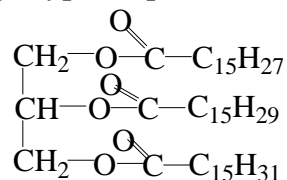
$$M(\text{R}^1) + M(\text{R}^2) + M(\text{R}^3) = M - M(\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_6) = 800 - 173 = 627 \text{ г/моль}.$$

После гидрирования жира в продуктах его гидролиза было только два вещества (одно из них – глицерин, второе – жирная кислота), следовательно, жирные кислоты, входившие в первоначальный жир, имели одинаковое число атомов углерода, и отличались только числом атомов водорода, т. е. степенью ненасыщенности. Учтём, что в природных жирах присутствуют только кислоты с чётным числом атомов углерода, значит, радикалы должны включать нечётное число атомов C. Подбором получаем, что  $\text{R}^1$  – это  $\text{C}_{15}\text{H}_{27}$  (3 двойные связи),  $\text{R}^2$  –  $\text{C}_{15}\text{H}_{29}$  (2 двойные связи) и  $\text{R}^3$  –  $\text{C}_{15}\text{H}_{31}$  (одна двойная связь). Моль жира может присоединить при гидрировании  $3 + 2 + 1 = 6$  моль водорода:

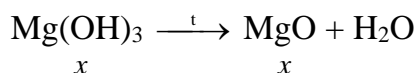
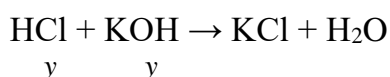
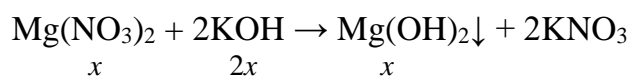
$$\nu(\text{H}_2) = 6\nu(\text{жира}) = 6 \cdot 0.04 = 0.24 \text{ моль},$$

$$V(\text{H}_2) = \frac{\nu RT}{p} = \frac{0.24 \cdot 8.314 \cdot 523}{2 \cdot 101.3} = 5.15 \text{ л}.$$

Ответ: 5.15 л водорода, структура жира:



10. Уравнения реакций:



$$v(\text{MgO}) = 0.8 / 40 = 0.02 \text{ моль,}$$

$$x = 0.02 \text{ моль.}$$

$$v(\text{KOH}) = \frac{34.5 \cdot 1.16 \cdot 0.168}{56} = 0.12 \text{ моль,}$$

$$y = 0.12 - 2x = 0.12 - 0.04 = 0.08 \text{ моль.}$$

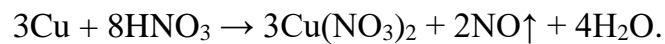
$$c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = v / V = 0.02 / 0.050 = 0.4 \text{ моль/л,}$$

$$c(\text{HCl}) = 0.08 / 0.050 = 1.6 \text{ моль/л.}$$

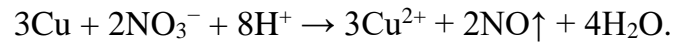
Количество меди:

$$v(\text{Cu}) = 0.8 / 64 = 0.0125 \text{ моль.}$$

В растворе нитрата, подкисленном соляной кислотой, происходит реакция, аналогичная реакции меди с очень разбавленным раствором азотной кислоты:



В присутствии другого аниона  $\text{Cl}^-$  можно записать в ионном виде:



Количества реагентов

$$v(\text{Cu}) = 0.0125 \text{ моль,}$$

$$v(\text{NO}_3^-) = 2x = 0.04 \text{ моль,}$$

$$v(\text{H}^+) = v(\text{HCl}) = 0.08 \text{ моль.}$$

В недостатке – ион  $\text{H}^+$ . Тогда

$$v(\text{NO}) = 2v(\text{H}^+) / 8 = 0.02 \text{ моль,}$$

$$V(\text{NO}) = 0.02 \cdot 22.4 = 0.448 \text{ л.}$$

*Ответ:*  $c(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = 0.4 \text{ моль/л, } c(\text{HCl}) = 1.6 \text{ моль/л, } 0.448 \text{ л.}$