

**Всероссийская олимпиада школьников по химии**  
**Муниципальный этап**

**Решения**

**11 класс**

**Задача 1.**

**Решение. Итого – 12 баллов.**

Чтобы рассчитать массовую долю ионов  $K^+$  в полученном растворе, необходимо знать массы ионов  $K^+$  и полученного раствора. Масса ионов  $K^+$  равна сумме ионов калия в реагентах, так как калий в данном случае не образует нерастворимых соединений и все ионы  $K^+$  находятся в растворе. Рассчитаем количество вещества соли:

$$v(\text{соль}) = m(\text{соль}) : M(\text{соль}) = 71,1 \text{ г} : 474 \text{ г/моль} = 0,15 \text{ моль}; \quad \mathbf{1 \text{ б}}$$

$$\text{тогда } v(K^+ \text{ в соли}) = v(\text{соль}) = 0,15 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Рассчитаем количество вещества КОН:

$$v_{\text{КОН}} = \frac{70 \text{ г} \cdot 0,4}{56 \text{ г/моль}} = 0,5 \text{ моль}. \quad \mathbf{1 \text{ б}}$$

Количество вещества ионов  $K^+$  равно количеству вещества щелочи, т. е. 0,5 моль;  
**0,5 б**

$$v(K^+)_{\text{сумм}} = 0,15 + 0,5 = 0,65 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Рассчитаем суммарную массу ионов калия:

$$m(K^+) = M(K^+) \cdot v(K^+) = 39 \cdot 0,65 = 25,35 \text{ г}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Масса раствора зависит от того, какая образуется масса нерастворимого гидроксида алюминия.

В растворе могут протекать следующие реакции:



Вычислим количества веществ реагирующих ионов:

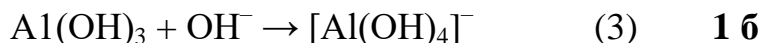
$$v(Al^{3+}) = v(\text{соль}) = 0,15 \text{ моль}; \quad v(OH^-) = v(\text{КОН}) = 0,5 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Для завершения реакции (1) необходимо, 0,45 моль  $OH^-$ . **1 б**

$$v(Al(OH)_3)_{\text{обрп}} = v(Al^{3+}) = 0,15 \text{ моль}; \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$v(\text{OH}^-)_{\text{ост1}} = 0,5 - 0,45 = 0,05 \text{ моль.} \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Образовавшийся в реакции (1)  $\text{Al}(\text{OH})_3$  частично растворится в оставшейся щелочи по уравнению:



Молярное соотношение реагирующих веществ равно 1:1, следовательно,

$$v(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{вст3}} = v(\text{OH}^-)_{\text{ост1}} = 0,05 \text{ моль.} \quad \mathbf{1 \text{ б}}$$

Рассчитаем количество вещества и массу нерастворившегося гидроксида алюминия:

$$v(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{ост}} = v(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{обр1}} - v(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{вст3}} = 0,15 - 0,05 = 0,1 \text{ моль;} \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$m(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{ост}} = M(\text{Al}(\text{OH})_3) \cdot v(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{ост}} = 78 \cdot 0,1 = 7,8 \text{ г.} \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Рассчитаем массу полученного раствора:

$$\begin{aligned} m(\text{р-ра})_{\text{итог}} &= m(\text{соль}) + m(\text{H}_2\text{O}) + m(\text{KOH, р-р}) - m(\text{Al}(\text{OH})_3)_{\text{ост}} = \\ &= 71,1 + 800 + 70 - 7,8 = 948,9 \text{ г;} \quad \mathbf{1 \text{ б}} \end{aligned}$$

$$\omega(\text{K}^+) = m(\text{K}^+) : m(\text{р-ра})_{\text{итог}} = 25,35 : 948,9 = 0,0267, \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

т. е. массовая доля ионов калия в полученном растворе равна 2,67%.

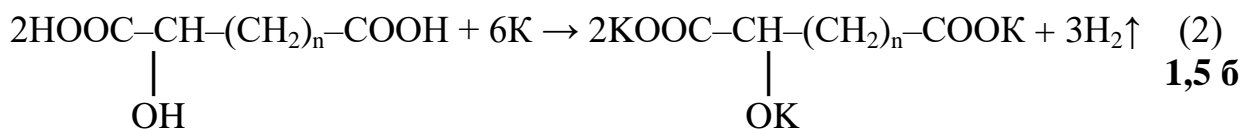
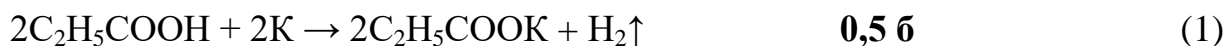
**Ответ:**  $\omega(\text{K}^+) = 2,67\%$ .

## Задача 2.

**Решение. Итого – 14 баллов.**

Представим формулу двухосновной гидроксикислоты в виде  $\text{HOOC}-\text{CH}(\text{OH})-(\text{CH}_2)_n-\text{COOH}$ .  $\mathbf{0,5 \text{ б}}$

Запишем уравнения реакций взаимодействия обеих кислот с натрием:



Пусть  $v(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = x$  моль;  $v(\text{гидроксикислота X}) = y$  моль. Количество вещества выделившегося водорода равно:

$$v(\text{H}_2) = 19,6 : 22,4 = 0,875 \text{ моль.} \quad \mathbf{1 \text{ б}}$$

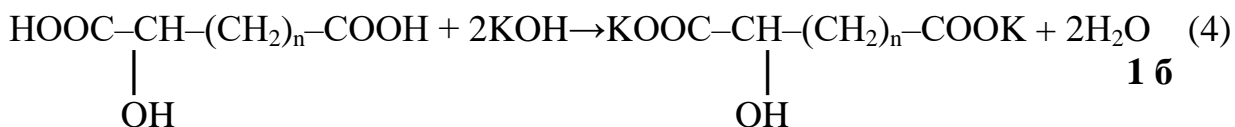
В соответствии со стехиометрическими соотношениями в реакциях (1) и (2):

$$v(\text{H}_2)_1 = 0,5v(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = 0,5x; \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$v(\text{H}_2)_2 = 1,5v(\text{гидроксикислота}) = 1,5y. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Составим первое уравнение:  $0,5x + 1,5y = 0,875$ . **1 б**

Обе кислоты будут вступать в реакцию нейтрализации:



Количество вещества израсходованной щелочи

$$v(\text{KOH}) = 5 \cdot 0,25 = 1,25 \text{ моль.} \quad \mathbf{0,5 б}$$

В соответствии со стехиометрическими соотношениями в реакциях (3) и (4):

$$v(\text{KOH})_3 = v(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = x \text{ моль;} \quad \mathbf{0,5 б}$$

$$v(\text{KOH})_4 = 2v(\text{гидроксикислота}) = 2y \text{ (моль).} \quad \mathbf{0,5 б}$$

Составим второе уравнение:  $x + 2y = 1,25$ . **1 б**

Решая систему уравнений

$$\begin{cases} 0,5x + 1,5y = 0,875 \\ x + 2y = 1,25 \end{cases}$$

$$\text{получаем: } x = 0,25 \text{ моль; } y = 0,5 \text{ моль.} \quad \mathbf{1 б}$$

Вычислим массу пропионовой кислоты

$$m(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = 74 \cdot 0,25 = 18,5 \text{ г.} \quad \mathbf{0,5 б}$$

Тогда масса гидроксикислоты составит:

$$m(\text{гидроксикислота}) = m(\text{смесь}) - m(\text{C}_2\text{H}_5\text{COOH}) = 85,5 - 18,5 = 67 \text{ г.} \quad \mathbf{0,5 б}$$

Рассчитаем молярную массу гидроксикислоты:

$$M(\text{гидроксикислота}) = 67 : 0,5 = 134 \text{ г/моль.} \quad \mathbf{0,5 б}$$

Молекулярная формула гидроксикислоты  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_5$ ; составим уравнение:

$$14n - 2 + 80 = 134; n = 4. \quad \mathbf{1 б}$$

Возможные формулы гидроксикислот:



### Задача 3.

**Решение. Итого – 8 баллов.**

Обозначим неизвестный металл Me. Запишем уравнение протекающей реакции:



Рассчитаем количества веществ дихромата натрия и серной кислоты по формуле

$$v = c \cdot V;$$

$$v(\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,2 \cdot 0,05 = 0,01 \text{ моль}; \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$v(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0,5 \cdot 0,05 = 0,025 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Отношение количеств веществ  $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$  соответствует стехиометрическому. В соответствии с уравнением реакции:

$$v(\text{MeHSO}_3) = 3v(\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 3 \cdot 0,01 = 0,03 \text{ моль}. \quad \mathbf{1 \text{ б}}$$

Вычислим молярную массу неизвестного гидросульфита:

$$M(\text{MeHSO}_3) = m(\text{MeHSO}_3) : v(\text{MeHSO}_3) = 3,12 : 0,03 = 104 \text{ г/моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Теперь можно рассчитать молярную массу металла:

$$M(\text{Me}) = M(\text{MeHSO}_3) - M(\text{HSO}_3) = 104 - 81 = 23 \text{ г/моль}, \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

т. е. это натрий.

В результате реакции образуются  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  и  $\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3$ .  $\mathbf{0,5 \text{ б}}$

По уравнению реакции:

$$\text{суммарное } v(\text{Na}_2\text{SO}_4) = \frac{5}{2}v(\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 2,5 \cdot 0,01 = 0,025 \text{ моль}; \quad \mathbf{1 \text{ б}}$$

$$v(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = v(\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7) = 0,01 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Вычислим массы этих солей по формуле  $m = M \cdot v$

$$m(\text{Na}_2\text{SO}_4) = 142 \cdot 0,025 = 3,55 \text{ г}; \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 392 \cdot 0,01 = 3,92 \text{ г}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$\text{Масса остатка } m(\text{Na}_2\text{SO}_4) + m(\text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3) = 3,55 + 3,92 = 7,47 \text{ г}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

**Ответ:** остаток  $(\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3)$  массой 7,47 г.

#### Задача 4.

**Решение. Итого – 11 баллов.**

Формулу сложного эфира представим таким образом:

$$\text{R}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{X}-\text{CH}=\text{CH}_2$$
, где R — алкильный радикал, а X — одна или несколько метиленовых групп —  $\text{CH}_2$  —.  $\mathbf{1 \text{ б}}$

В реакцию с гидроксидом натрия вступает только сложный эфир. Запишем уравнение реакции гидролиза:

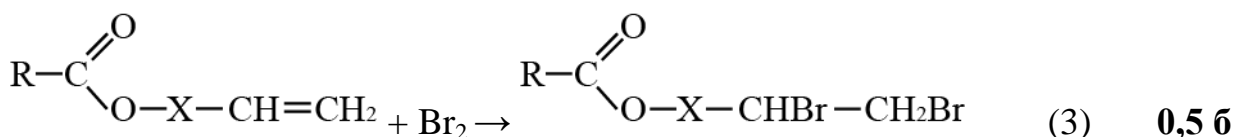
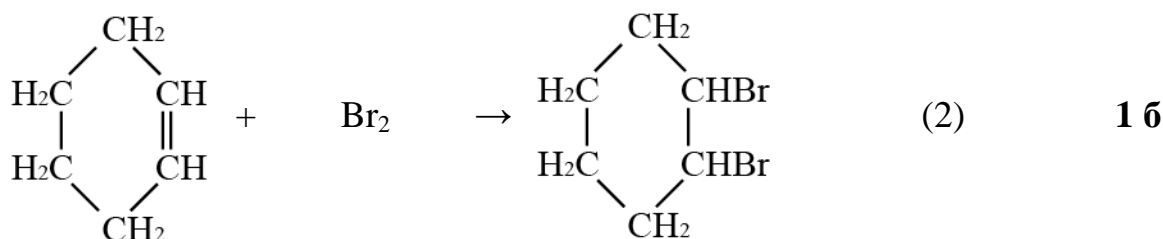


Рассчитаем количество вещества щелочи и узнаем количество вещества эфира:

$$v(\text{NaOH}) = 1,6 \cdot 0,025 = 0,04 \text{ моль}; \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

$$v(\text{эфир}) = v(\text{NaOH}) = 0,04 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

В реакцию с бромом вступают оба вещества:



Найдем количество вещества брома, вступившее в реакции (2) и (3) по формуле

$$v_{\text{Br}_2} = \frac{200 \text{ г} \cdot 0,4}{160 \text{ г/моль}} = 0,07 \text{ моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

В реакцию (3) вступило брома 0,04 моль, следовательно, в реакцию с циклогексеном вступит  $0,07 - 0,04 = 0,03$  моль;  $\mathbf{0,5 \text{ б}}$

это значит, что  $v(\text{циклогексен}) = 0,03$  моль и  $m(\text{циклогексен}) = 82 \cdot 0,03 = 2,46$  г.

$\mathbf{0,5 \text{ б}}$

Найдем массу сложного эфира, находящегося в смеси, и затем — его молярную массу:

$$m(\text{эфир}) = m(\text{смесь}) - m(\text{циклогексен}) = 5,9 - 2,46 = 3,44 \text{ г}; \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

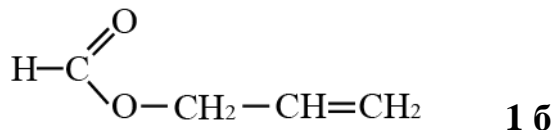
$$M(\text{эфир}) = 3,44 : 0,04 = 86 \text{ г/моль}. \quad \mathbf{0,5 \text{ б}}$$

Молекулярная формула эфира, отвечающего условию задачи,  $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}\text{O}_2$ .  $\mathbf{1 \text{ б}}$

Составим уравнение:  $14n + 30 = 86$ ;  $n = 4$ .  $\mathbf{1 \text{ б}}$

Искомый сложный эфир не мог быть образован виниловым спиртом, так как при гидролизе образовался бы не спирт, а ацетальдегид.  $\mathbf{1 \text{ б}}$

Единственно возможная структура — аллилформиат



16

**Задание 5 (реальный химический эксперимент).**

**Итого – 20 баллов, из них 1 балл за ТБ.**

**Решение:**

Возьмем пробирку 1. Из остальных пробирок отольем примерно по 2 мл растворов в три пустые пробирки и добавим в каждую из них по 5-6 капель раствора из пробирки 1. Полученные результаты вносим в таблицу. **1 пробирка - BaCl<sub>2</sub>**

Возьмем пробирку 2. Из остальных пробирок отольем примерно по 2 мл растворов в три пустые пробирки и добавим в каждую из них по 5-6 капель раствора из пробирки 2. Полученные результаты вносим в таблицу. **2 пробирка - Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>**

Возьмем пробирку 3. Из остальных пробирок отольем примерно по 2 мл растворов в три пустые пробирки и добавим в каждую из них по 5-6 капель раствора из пробирки 3. Полученные результаты вносим в таблицу. **3 пробирка - K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>**

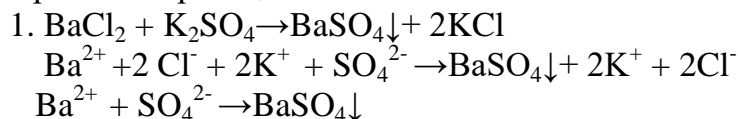
Возьмем пробирку 4. Из остальных пробирок отольем примерно по 2 мл растворов в три пустые пробирки и добавим в каждую из них по 5-6 капель раствора из пробирки 4. Полученные результаты вносим в таблицу. **4 пробирка – HCl**

**За определение веществ в пробирках – 4 балла**

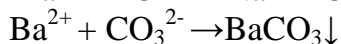
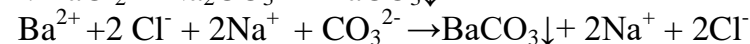
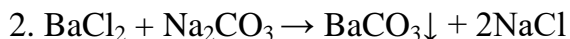
	BaCl <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	HCl
BaCl <sub>2</sub>	-	выпадает осадок белого цвета	выпадает осадок белого цвета	без изменений
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	выпадает осадок белого цвета	-	без изменений	выделяется газ без цвета и запаха
K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	выпадает осадок белого цвета	без изменений	-	без изменений
HCl	без изменений	выделяется газ без цвета и запаха	без изменений	-

**За составление таблицы – 6 баллов (за каждый признак реакции – по 0,5 балла)**

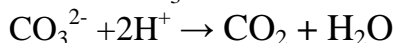
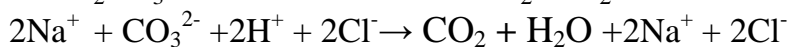
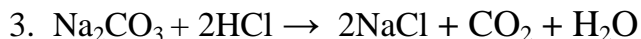
Уравнения реакций:



За каждое правильно составленное уравнение - **1 балл.**



За каждое правильно составленное уравнение - **1 балл.**

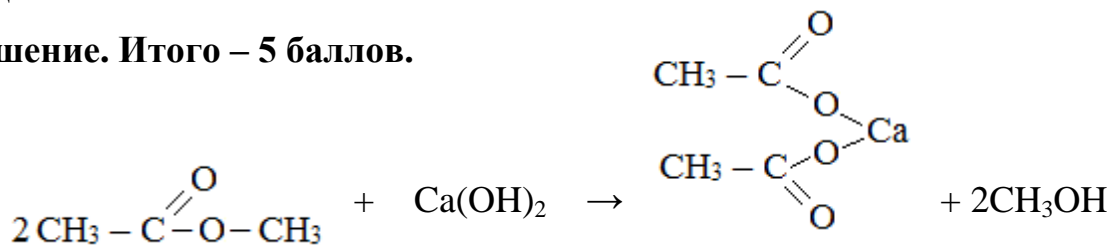


За каждое правильно составленное уравнение - **1 балл.**

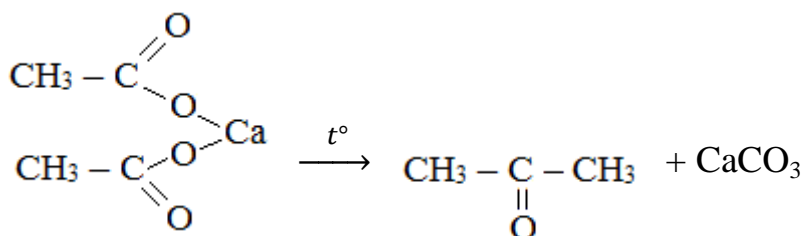
### Задача 6.

**Решение. Итого – 5 баллов.**

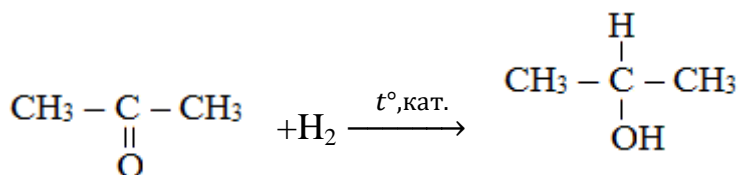
1)



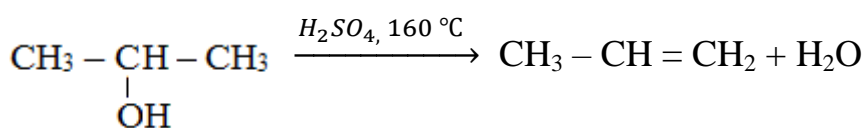
2)



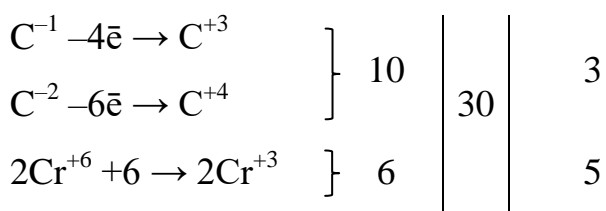
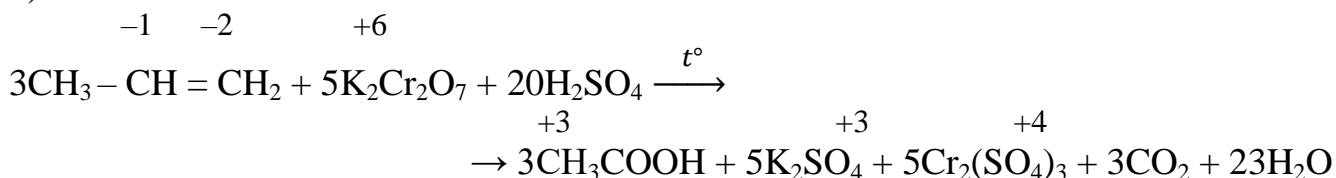
3)



4)



5)



**Максимальное количество баллов- 70.**