

**Всероссийская олимпиада школьников по химии**  
**Муниципальный (районный) этап**  
**11 класс**  
**Решение задач**

**Задача 1**

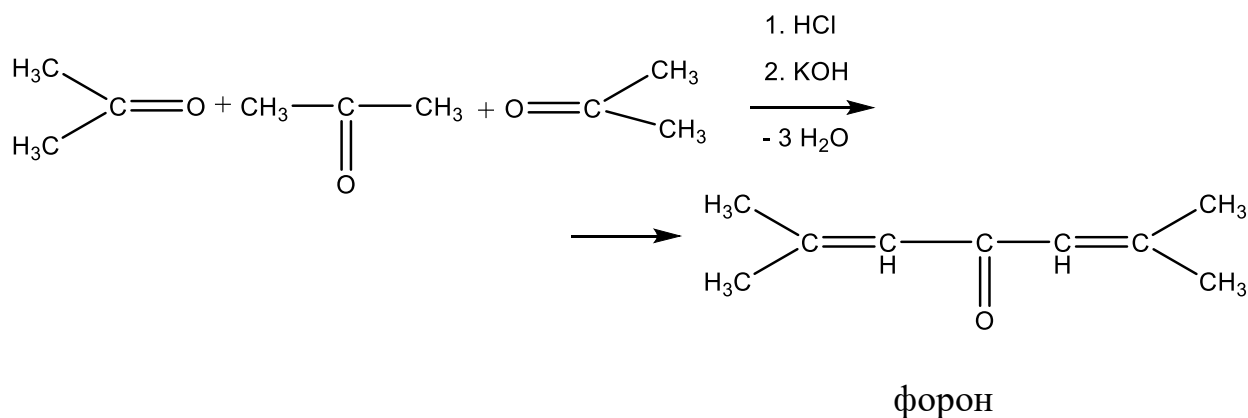
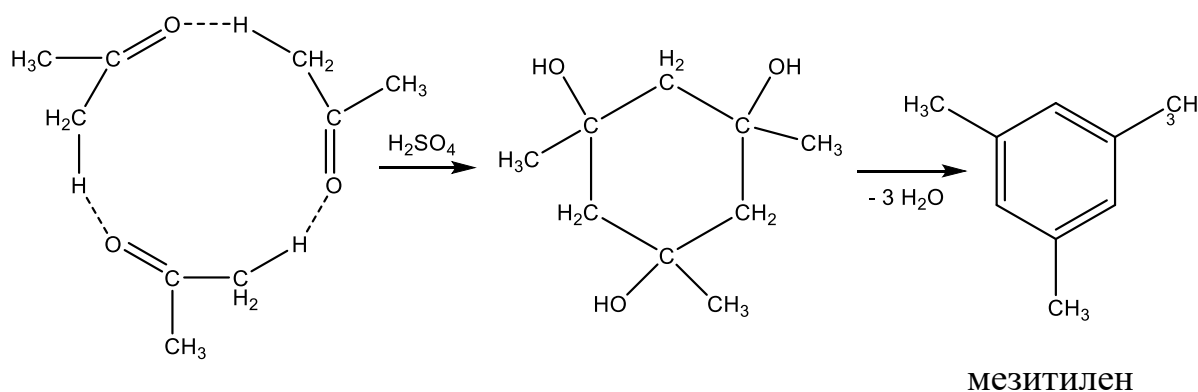
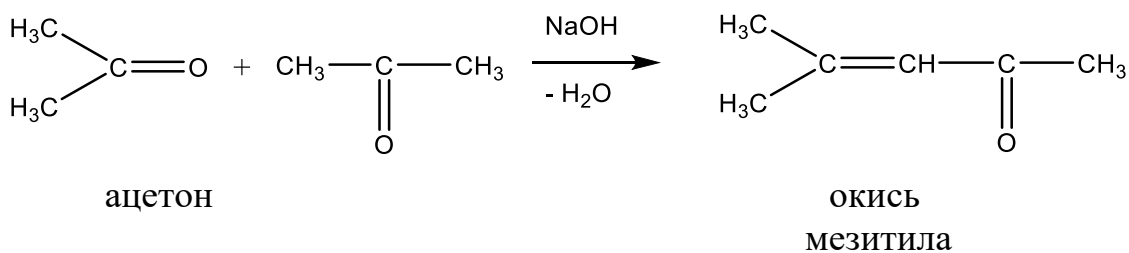
- 1.1. Вещество **A** - сульфат натрия. Вещество желтого цвета **B** – сера.
- 1.2. Тенардит – безводный  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , мирабилит (глауберова соль) – кристаллогидрат  $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ .
- 1.3. 1.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 2\text{C} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS} + 2\text{CO}_2$  или  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} + \text{CaCO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{CaS} + 4\text{CO}$ ;  
2.  $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{H}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 4\text{H}_2\text{O}$  или  
 $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 4\text{C} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + 4\text{CO}$ ;  
3.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{BaS} \rightarrow \text{Na}_2\text{S} + \text{BaCO}_3\downarrow$ ;  
4.  $\text{Na}_2\text{S} + \text{I}_2 \rightarrow 2\text{NaI} + \text{S}$  или  
 $5\text{Na}_2\text{S} + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 5\text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 2\text{MnSO}_4 + 5\text{S} + 8\text{H}_2\text{O}$ ;  
5.  $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_3 + \text{CO}_2$  ;  
6.  $\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 \rightarrow \text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ ;  
7.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 4\text{Cl}_2 + 10\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{SO}_4 + 8\text{NaCl} + 5\text{H}_2\text{O}$ ;  
8.  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 + 2\text{HCl} \rightarrow 2\text{NaCl} + \text{S} + \text{SO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ ;  
9.  $3\text{S} + 6\text{NaOH} \rightarrow 2\text{Na}_2\text{S} + \text{Na}_2\text{SO}_3 + 3\text{H}_2\text{O}$ .
- 1.4. Сульфат натрия используют в производстве стекла, соды (метод Леблана), сульфида натрия, для получения целлюлозы, в кожевенной, текстильной, пищевой промышленности, для изготовления медицинских препаратов (слабительных средств и в средствах для промывания слизистой оболочки носа). Безводный сульфат натрия используют для обезвоживания органических растворителей.

## Рекомендация по оценке решения задачи

За установление природы веществ <b>А</b> и <b>В</b> (2 вещества)	4 балла
За указание состава минералов (2 минерала)	4 балла
За уравнения реакций (9 уравнений)	18 баллов
За перечень областей применения сульфата натрия	3 балла
<b>Всего</b>	<b>29 баллов</b>

### Задача 2

Формулы веществ и уравнения реакций.



Масса ацетона  $m = 22.0 \text{ мл} \times 0.789 \text{ г/мл} = 17.36 \text{ г}$ ;

Количество вещества ацетона  $n = 17.36 \text{ г} / 58 \text{ г/моль} = 0.30 \text{ моль}$ .

Масса окиси мезитила  $m = 0.15 \text{ моль} \times 98 \text{ г/моль} = 14.75 \text{ г}$

Масса мезитилена  $m = 0.10 \text{ моль} \times 120 \text{ г/моль} = 12 \text{ г}$

Масса форона  $m = 0.10 \text{ моль} \times 138 \text{ г/моль} = 13.8 \text{ г}$

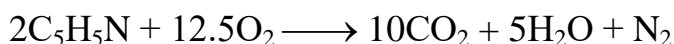
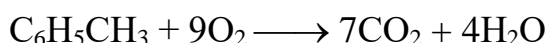
Больше всего по массе получится окиси мезитила (14.75 г).

### Рекомендация по оценке решения задачи

За формулу ацетона	2 балла
За формулы окиси мезитила, мезитилена и форона (3 вещества)	9 баллов
За уравнения реакций (3 уравнения)	9 баллов
За расчет массы	5 баллов
<b>Всего</b>	<b>25 баллов</b>

### Задача 3

Уравнения реакций:



Количества вещества продуктов реакции:

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 11.7 \text{ г} / 18 \text{ г/моль} = 0.65 \text{ моль};$$

$$n(\text{N}_2) = 1.12 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.05 \text{ моль} - \text{газ, не растворяющийся в щелочи}$$

Пусть  $x$  моль – количество вещества толуола,  $y$  моль – количество вещества пиридина в исходной смеси. Тогда согласно уравнениям реакций

$$4x + 2.5y = 0.65 \quad \text{и} \quad 0.5y = 0.05, \text{ откуда } x = 0.1 \text{ моль}, y = 0.1 \text{ моль}.$$

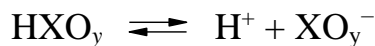
Следовательно, масса толуола ( $M = 92 \text{ г/моль}$ ) составит 9.2 г, масса пиридина ( $M = 79 \text{ г/моль}$ ) будет равна 7.9 г, масса смеси = 17.1 г. Массовая доля пиридина  $7.9 \text{ г} / 17.1 \text{ г} = 0.462$ , или 46.2 %.

### Рекомендация по оценке решения задачи

За уравнения реакций сгорания (2 уравнения)	8 баллов
За расчет массовой доли пиридина	13 баллов
<b>Всего</b>	<b>21 балл</b>

#### Задача 4

4.1. Представим неизвестную одноосновную кислородсодержащую кислоту как  $\text{H}\text{X}\text{O}_y$ , где за символом X может находиться один или несколько атомов элементов, включая атомы водорода. В результате диссоциации



общее количество вещества ионов составляет:

$$n = 1.08 \cdot 10^{22} / 6.02 \cdot 10^{23} = 0.0179 \text{ моль.}$$

Пусть количество вещества кислоты составляет  $a$  моль. Тогда с учетом степени диссоциации  $\alpha$  в растворе образовалось  $(a \cdot \alpha)$  ионов  $\text{H}^+$  и  $(a \cdot \alpha)$  ионов  $\text{X}\text{O}_y^-$ , а суммарное их количество  $a \cdot \alpha + a \cdot \alpha = 0.0179$  моль, откуда

$$a = 0.0179 / (2 \cdot 0.06) = 0.149 \text{ моль.}$$

Масса растворенной кислоты составляет  $500 \text{ г} \cdot 0.014 = 7 \text{ г}$ , а значит, молярная масса  $M(\text{H}\text{X}\text{O}_y) = 7 / 0.149 = 47 \text{ г/моль}$ .

Руководствуясь формулой кислоты, получаем для ее молярной массы уравнение  $47 = 1 + M_X + 16y$ .

Если  $y = 1$ ,  $M_X = 30$  – одного такого элемента нет, возможная комбинация атомов  $\text{SiH}_2$  не отвечает реальному веществу.

Если  $y = 2$ ,  $M_X = 14$ . Подходящий вариант – азот, следовательно, неизвестное вещество – азотистая кислота  **$\text{HNO}_2$** . Комбинации атомов  $\text{BH}_3$  или  $\text{CH}_2$  не отвечают реальным веществам.

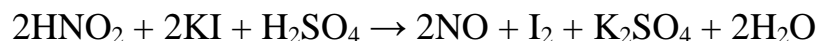
Варианты с  $y = 3$  и более невозможны, поскольку для них  $M_X$  должно быть отрицательным. Таким образом, решение  $\text{HNO}_2$  является единственным.

4.2. Константы диссоциации рассчитывается из концентраций ионов и непродиссоциировавших молекул:

$$K = \frac{[\text{H}^+][\text{NO}_2^-]}{[\text{HNO}_2]} = \frac{a\alpha \cdot a\alpha}{a - a\alpha} = \frac{a\alpha^2}{1 - \alpha} = 5.71 \cdot 10^{-4}$$

4.3. Степень окисления азота в азотистой кислоте равна +3, то есть является промежуточной из возможных значений степеней окисления азота. Поэтому  $\text{HNO}_2$  проявляет окислительно-восстановительную двойственность. Под действием восстановителей она восстанавливается (обычно до  $\text{NO}$ ), а в

реакциях с окислителями – окисляется до  $\text{HNO}_3$ . Примерами могут служить следующие реакции:



4.4. Азотистая кислота принадлежит к числу слабых кислот и известна только в разбавленных растворах. При концентрировании раствора или при его нагревании она распадается:



#### Рекомендации по оценке решения

За нахождение общего количества вещества ионов	3 балла
За нахождение количества вещества кислоты	4 балла
За установление природы кислоты	6 баллов
За расчет константы диссоциации	3 балла
За характеристику окислительно-восстановительных свойств	6 баллов
За реакцию разложения кислоты	3 балла
<b>Всего</b>	<b>25 баллов</b>