

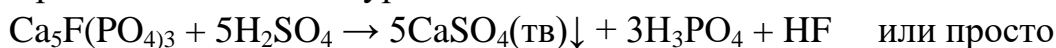
**Министерство образования и науки УР**  
**АОУ ДПО УР «Институт развития образования»**  
**Муниципальный этап ВСОШ по химии 2022-2023 учебный год**  
**г. Ижевск**  
**11 класс**

*Максимальное количество баллов – 100 баллов*

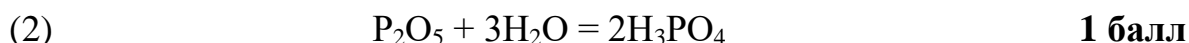
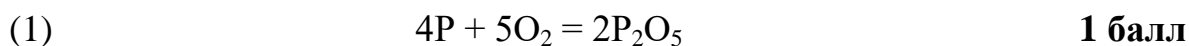
**Решение задачи № 1.**

1. Экстракционная и термическая фосфорная кислота получили свое название из-за способа получения. Экстракционную кислоту получают из природных апатитов и фосфритов, разлагая их минеральными кислотами, например, серной..... **1 балл**

Процесс описывается уравнением:



Термическую кислоту получают сжиганием предварительно сконденсированных паров фосфора с последующей абсорбцией фосфорного ангидрида:



2. Термическая кислота дороже, энергозатраты на ее получение больше, она получается более чистая и концентрированная. Экстракционную кислоту получать экономически выгоднее, но она содержит больше примесей и, в основном, расходуется на получение минеральных удобрений. .... **2 балл**

3. Проведем расчеты реагентов за 1 час.

Поступает на сжигание  $m(\text{P}) = 0,99 \cdot 2500 = 2475$  кг..... **1 балл**

Количество моль фосфора:  $n(\text{P}) = \frac{2475 \text{ кг}}{31 \text{ г/моль}} = 79,84 \text{ кмоль}$ ,..... **1 балл**

количество образующегося оксида  $n(\text{P}_2\text{O}_5) = \frac{1}{2}n_{\text{P}} = 39,92 \text{ кмоль}$ . .... **1 балл**

Половина из этого количества половина не улавливается, т.е. в реакцию (2) вступает 19,96 кмоль фосфорного ангидрида, а количество получающейся кислоты равно 39,92 кмоль.

Масса фосфорной кислоты  $m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 39,92 \cdot 98 = 3912,16$  кг. .... **2 балла**

Масса требуемой на реакцию (2) воды  $m(\text{H}_2\text{O}) = 19,96 \cdot 3 \cdot 18 = 1077,84$  кг... **1 балл**

Для разбавления полученной кислоты до концентрации 75% тоже потребуется воды, т.е. можем записать:

$$W = \frac{3912,28}{3912,28 + m_{\text{H}_2\text{O}}} = 0,75, \text{ откуда } m(\text{H}_2\text{O}) = 1304,09 \text{ кг} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

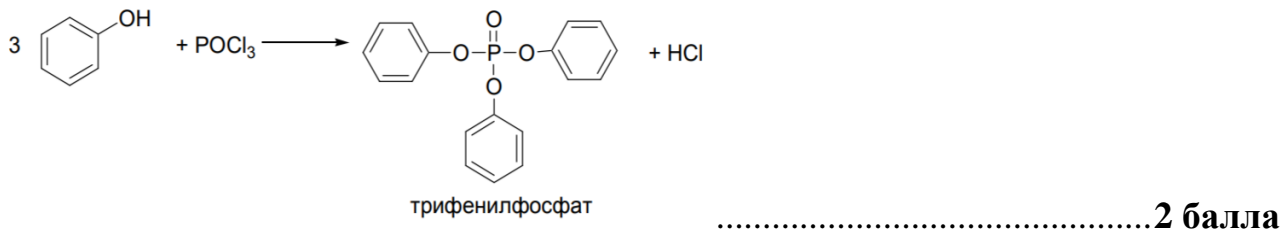
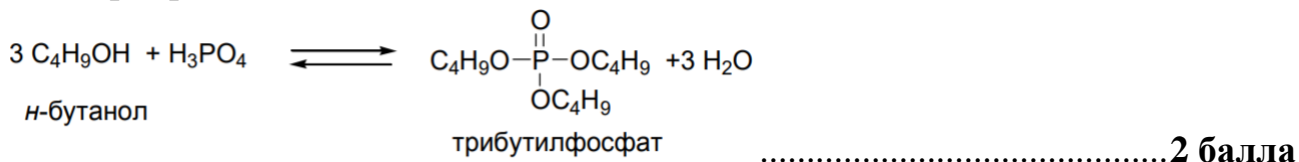
Общий расход воды на производство будет равен:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 1304,09 + 1077,84 = 2381,93 \text{ кг/час} \dots\dots\dots \mathbf{1 \text{ балл}}$$

Тогда суточный расход воды будет равен:

$m(H_2O) = 2381,93 \cdot 24 = 57166,32$  кг или 57,17 т/сут. .... **1 балл**

4. В предлагаемых реакциях получаются эфиры фосфорной кислоты – алкилфосфаты.



**Итого за задачу.....20 баллов**

### **Решение задачи № 2**

**A** –  $\text{CCl}_4$ ..... **1 балл**

**В** –  $\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2$ .....**2 балла**

**C –  $\text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_3$ .....2 балла**

**D** – Cl<sub>2</sub> ..... 1 балл

Механизм радикальный:  $\text{CCl}_4 \rightarrow \text{Cl}^\bullet + \bullet\text{CCl}_3$  и далее

$$\cdot\text{CCl}_3 + \cdot\text{CCl}_3 \rightarrow \text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_3 \dots\dots\dots 2 \text{ балла}$$
$$\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_3 \text{ (в присутствии FeCl}_3\text{)} \dots\dots\dots 1 \text{ балл}$$

Реакция требует катализатора по причине пониженной электронной плотности C=C-связи вследствие акцепторного влияния четырех атомов хлора.....**2 балла**

**Е – углерод.....2 балла**

**F – HCl.....2 балла**

$$\text{Cl}_2\text{C}=\text{CCl}_2 + 2\text{H}_2 \rightarrow 2\text{C} + 4\text{HCl} \text{ (в присутствии Ni) } \dots\dots\dots 2 \text{ балла}$$

**G** –  $\text{Cl}_3\text{CH}$  ..... 1 балл

**Н** –  $\text{Cl}_3\text{C}-\text{CCl}_2-\text{CHCl}_2$  (хлороформ присоединяется к тетрахлорэтилену, образуя 1,1,1,2,2,3,3 – гептахлоропропан)

.....1 балл – за формулу, 1 балл – за название. Всего 2 балла

**Итого за задачу.....20 баллов**

### Решение задачи № 3

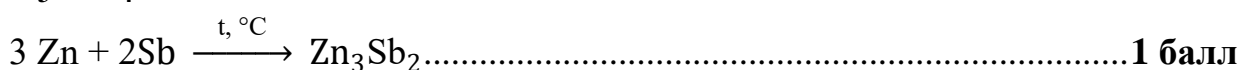
1. Названия соединений элемента – антимонаты, антимониды – указывает на соединения сурьмы. Сурьма является элементом пятого (большого) периода, V (нечетной) группы главной подгруппы, устойчивые степени окисления (+3) и (+5). ..... **2 балла**

2. При взаимодействии с металлами (Zn) дает антимониды состава  $\text{Me}_3\text{Sb}_2$ . Рассчитаем молярную массу элемента Э исходя из предполагаемого состава антимонида цинка:

$$\omega(\text{Э}) = \frac{2 \cdot Ar(\text{Э}) \cdot 100\%}{M(\text{Zn}_3\text{Э}_2)}; \quad 55,38\% = \frac{2 \cdot Ar(\text{Me}) \cdot 100\%}{2 \cdot Ar(\text{Me}) + 65,39 \cdot 3}; \quad Ar(\text{Э}) = 121,75 \text{ г/моль}$$

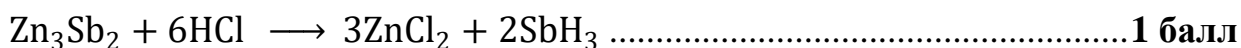
Зашифрованный в цепочке элемент Э – **сурьма Sb**, латинское

название – **стибиум**, кислота – **метасурьмяная  $\text{HSbO}_3$  или ортосурьмяная  $\text{H}_3\text{SbO}_4$** . ..... **2 балла**



**X<sub>1</sub>** – антимонид цинка  $\text{Zn}_3\text{Sb}_2$  ..... **0,5 балла**

3. Уравнения реакций:

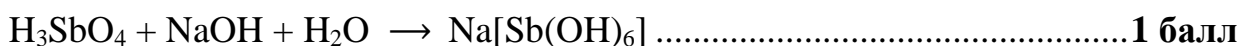


**X<sub>2</sub>** – стибин  $\text{SbH}_3$  ..... **0,5 балла**



$\omega(\text{Sb}) = \frac{121,75 \cdot 100\%}{188,77} = 64,50\%$  ..... **0,5 балла**

**X<sub>3</sub>** – ортосурьмяная кислота  $\text{H}_3\text{SbO}_4$  ..... **0,5 балла**



$\omega(\text{Sb}) = \frac{121,75 \cdot 100\%}{246,78} = 49,33\%$  ..... **0,5 балла**

**X<sub>4</sub>** – гексагидроксоантимонат натрия  $\text{Na}[\text{Sb}(\text{OH})_6]$  ..... **0,5 балла**



**X<sub>5</sub>** – оксид сурьмы (III) ..... **0,5 балла**

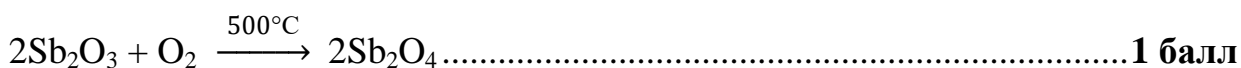


**X<sub>6</sub>** – сульфид сурьмы (III)  $\text{Sb}_2\text{S}_3$  ..... **0,5 балла**

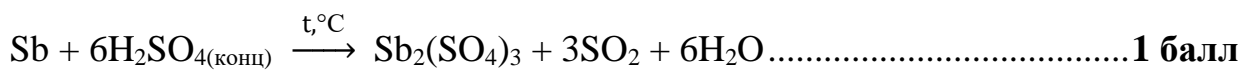
Определим состав продукта прокалывания оксида сурьмы(III) на воздухе при  $500^\circ\text{C}$ , приписав ему условную формулу  $\text{Sb}_x\text{O}_y$ :

$x : y = \frac{79,19}{121,75} : \frac{20,81}{16} = 0,65 : 1,30 = 1 : 2$ . Простейшая формула вещества  $\text{SbO}_2$ .

Оксид подобного состава для сурьмы не характерен, но существует смешанный оксид сурьмы(III, V) состава  $\text{Sb}_2\text{O}_4$ . ..... **1 балл**



**X<sub>7</sub>** – смешанный оксид сурьмы(III, V)  $\text{Sb}_2\text{O}_4$ . ..... **0,5 балла**



**X<sub>8</sub>** – сульфат сурьмы (III)  $\text{Sb}_2(\text{SO}_4)_3$ .....0,5 балла

Последнее превращение представляет собой гидролиз сульфата сурьмы(III), который приводит к образованию сульфата антимонила (катион  $\text{SbO}^+$  указан в условии задачи):



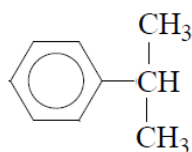
$$\omega(\text{Sb}) = \frac{2 \cdot 121,75 \cdot 100\%}{371,50} = 65,55\% \dots\dots\dots 0,5 \text{ балла}$$

**X<sub>9</sub>** – сульфат антимонила  $(\text{SbO})_2\text{SO}_4$  .....0,5 балла

**Итого за задачу.....20 баллов**

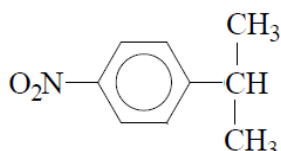
**Решение задачи № 4.**

**A** ..... 2 балла



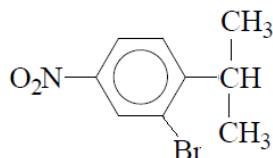
Тривиальное название – кумол ..... 1 балл

**B** ..... 2 балла



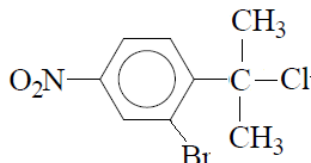
Образуется в основном n-изомер (пространственные факторы) ..... 1 балл

**C** ..... 2 балла

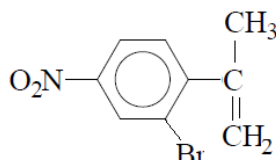


Согласованная ориентация заместителей ..... 1 балл

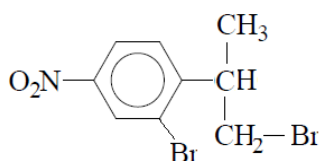
**D** ..... 3 балла



**E** ..... 3 балла



**F** ..... 3 балла



В присутствии пероксидов идет радикальное присоединение  $\text{HBr}$  по Харацу ..... 2 балла

**Итого за задачу.....20 баллов**

### Решение задачи № 5.

1. Так как при действии раствора щелочи на анализируемое вещество образовался белый осадок, который на воздухе сначала приобрел зеленую окраску, а затем стал бурым, можно предположить, что это соединение железа(II). ..... **1 балл**
2. Выделение газа при нагревании щелочного раствора анализируемого вещества со специфическим запахом, окрашивающий фенолфталеиновую бумагу в малиновый цвет, указывает на катионы аммония. .... **0,5 балла**
3. Обесцвечивание раствора перманганата калия и изменение окраски раствора бихромата калия при действии сернокислого раствора неизвестного вещества подтверждает версию о наличии в его составе ионов железа(II). ..... **1 балл**
4. Реакция ионов железа(II) с красной кровяной солью является качественной на данные ионы. .... **0,5 балла**
5. Образование белого мелкокристаллический осадок, нерастворимого в кислотах и щелочах, при действии на анализируемое вещество раствора нитрата бария, указывает на сульфат-ион ..... **0,5 балл**
6. В состав анализируемого вещества входят ионы аммония, железа(II) и сульфат-ионы. Уменьшении массы анализируемого вещества при нагревании до 100°C позволяет предположить, что исходное вещества было кристаллогидратом. .... **1 балл**
7. Уравнение описанных реакций:  
 $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 4\text{NaOH} = 2\text{NH}_4\text{OH} + \text{Fe}(\text{OH})_2 + 2\text{Na}_2\text{SO}_4$  ..... **1 балл**  
 $4\text{Fe}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 + 2\text{H}_2\text{O} = 4\text{Fe}(\text{OH})_3\downarrow$  ..... **1 балл**  
 $\text{NH}_4\text{OH} \xrightarrow{t^\circ\text{C}} \text{NH}_3\uparrow + \text{H}_2\text{O}$  ..... **1 балл**  
 $10(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + 2\text{KMnO}_4 + 8\text{H}_2\text{SO}_4 = 5\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + 2\text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 8\text{H}_2\text{O} + 10(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ..... **1,5 балл**  
 $6(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 + \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 7\text{H}_2\text{SO}_4 = 3\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 7\text{H}_2\text{O} + 6(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  ..... **1,5 балл**
8. Определение состава продукта реакции ионов железа(II) с красной кровяной солью:

Массовая доля калия в составе красной кровяной соли:

$$\omega_1(K) = \frac{M(K)}{M(\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6)} \cdot 100\% = \frac{3 \cdot 39 \text{ г/моль}}{329 \text{ г/моль}} \cdot 100\% = 35,56\%$$

..... **1 балл**

Массовой доли калия в составе продукта реакции:

$$\omega_2(K) = \frac{\omega_1(K)}{2,8} = 12,70\%$$

..... **1 балл**

Предположим, что в состав синего осадка входит один катион калия, тогда молярная масса его составит:

$$M = \frac{M(K) \cdot 100\%}{\omega_2(K)} = \frac{39 \text{ г/моль} \cdot 100\%}{12,70\%} = 307 \text{ г/моль}$$

.....1 балл

Учитывая, что в формульную единицу осадка входит как минимум один ион железа(II) и шесть цианид-ионов, рассчитанной молярной массе соответствует соединение состава  $KFe^{II}[Fe^{III}(CN)_6]$ :

$$M = (39 + 56 \cdot 2 + (12 + 14) \cdot 6) \text{ г/моль} = 307 \text{ г/моль}$$

.....1 балл

Уравнение реакции:



.....1,5 балла

9. Определение состава кристаллогидрата:

Молярная масса сульфата аммония-железа(II):  $M((NH_4)_2Fe^{II}(SO_4)_2) = 284 \text{ г/моль}$

Молярная масса исходного кристаллогидрата больше безводной соли на 27,55%:  $M((NH_4)_2Fe^{II}(SO_4)_2 \cdot nH_2O) = 284 \text{ г/моль} / 0,7245 = 392 \text{ г/моль}$

Количество молекул воды в составе формульной единицы кристаллогидрата равно:

$$n = \frac{(392 - 284) \text{ г/моль}}{18} = 6$$

.....2 балла

10. Рассчитаем объем раствора перманганата калия, необходимый для окисления 20,0 мл раствора сульфата аммония-железа(II):

$$n(Fe^{2+}) = 0,05000 \text{ моль/л} \times 20,0 \text{ мл} = 1,0 \text{ ммоль}$$

$$n(KMnO_4) = (1/5) \times n(Fe^{2+}) = (1/5) \times 1,0 \text{ ммоль} = 0,2 \text{ ммоль}$$

$$V(p\text{-ра } KMnO_4) = 0,2 \text{ ммоль} / 0,01831 \text{ моль/л} = 10,92 \text{ мл.}$$

.....2 балла

**Итого за задачу.....20 баллов**