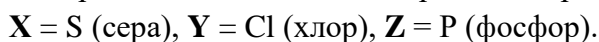


## 2.1.1. Задания 9 класса

### Задача №9-1

1. Исходя из описания физических и химических свойств простых веществ, несложно догадаться, что речь идет о неметаллах третьего периода ПСХЭ:



В периоде ПСХЭ радиусы атомов увеличиваются справа налево, т.е. в ряду

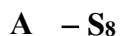


2. Сера и фосфор имеют несколько аллотропных модификаций, хлор же способен существовать лишь в виде молекулы  $\mathbf{Cl}_2$ , представляющей желто-зеленый газ  $\mathbf{B}$ . Тогда можно рассчитать молярные массы простых веществ серы и фосфора.

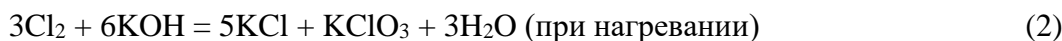
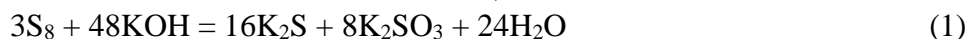
$M(\mathbf{A}) = 71 \times 3.6056 = 256$  г/моль, что соответствует ромбической сере  $\mathbf{S}_8$  – порошку лимонно-желтого цвета.

$M(\mathbf{C}) = 71 \times 1.7465 = 124$  г/моль, что соответствует белому фосфору  $\mathbf{P}_4$  – воскообразному веществу белого цвета с желтоватым отливом.

Таким образом,



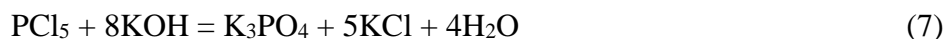
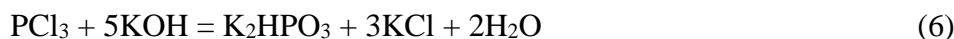
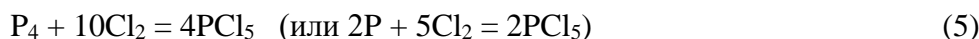
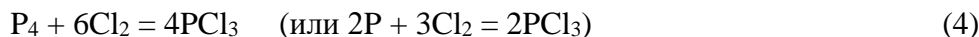
(на данном этапе задачи указание индексов для молекул всех простых веществ является обязательным)



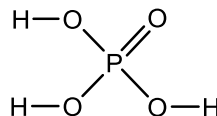
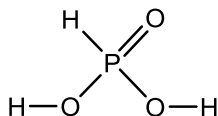
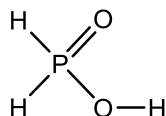
Бесцветный ядовитый газ, выделяющийся в последней реакции – фосфин  $\text{PH}_3$ .

3. В реакции 3 образуется соль **фосфорноватистой кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_2$**  (кислота  $\mathbf{D}$ ).

При взаимодействии фосфора с хлором могут образоваться хлориды фосфора (III) и (V), которые при обработке щелочью гидролизуются с образованием солей **фосфористой ( $\text{H}_3\text{PO}_3$ , кислота  $\mathbf{E}$ )** и **фосфорной ( $\text{H}_3\text{PO}_4$ , кислота  $\mathbf{F}$ )** кислот.



Структурные формулы кислот:



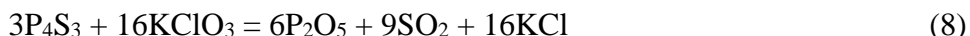
4. При взаимодействии серы с фосфором могут образоваться различные сульфиды фосфора.

Определим брутто-формулу соединения  $\mathbf{G}$  состава  $\text{P}_x\text{S}_y$ , воспользовавшись данными о массовой доле серы (более тяжелого элемента в сравнении с фосфором).

$$x : y = 56.36/31 : 43.64/32 = 1.818 : 1.364 = 1.333 : 1 = 4 : 3$$

Таким образом, соединение **G** – **P<sub>4</sub>S<sub>3</sub>**

Продуктом *реакции 2*, используемым в производстве спичек, является бертолетова соль (хлорат калия) **KClO<sub>3</sub>**. При поджигании спички протекает реакция:



### Разбалловка

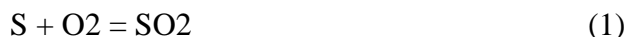
Элемент ответа	Баллы
Символы элементов <b>X, Y, Z</b>	3x0,5б.=1,5б.
Правильный порядок увеличения радиусов	1б.
Формулы веществ <b>A, B, C</b>	3x0,5б.=1,5б.
Уравнения реакций (1)–(3)	3x0,5б.=1,5б.
Структурные формулы кислот <b>D–F</b>	3x0,5б.=1,5б.
Уравнения реакций (4)–(7)	4x0,5б.=2б.
Формула вещества <b>G</b>	0,5б.
Уравнение реакции (8)	0,5б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10 б.</b>

### Задача №9-2

Под описание простого вещества подходит сера:

A – сера, S

B – диоксид серы, SO<sub>2</sub>



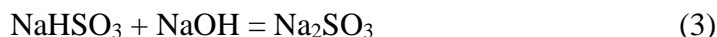
При пропускании избытка сернистого ангидрида через раствор щелочи должна получаться кислая соль NaHSO<sub>3</sub> (B), что подтверждается расчетами:

$$\omega(Na) = 22,11\% \Rightarrow M(\text{соли}) = 104 \cdot x, \text{ где } x - \text{ количество катионов } Na^+.$$

Для x=1 масса остатка 81 г/моль соответствует аниону HSO<sub>3</sub><sup>-</sup>



При взаимодействии кислой соли с гидроксидом натрия образуется средняя соль Г (сульфит натрия – Na<sub>2</sub>SO<sub>3</sub>).



Можно предположить, что при взаимодействии сульфита натрия с серой в анион вводятся атомы серы.

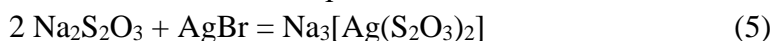
$$\omega(Na) = 29,11\% \Rightarrow M(\text{соли}) = 79 \cdot x, \text{ где } x - \text{ количество катионов } Na^+.$$

Поскольку ранее кислая соль была нейтрализована гидроксидом, то в её составе должно быть два катиона натрия, а масса должна составить 158 г/моль, где 112 г/моль приходится на кислотный остаток. Остаток, соответствующий сульфит аниону (80 г/моль) остался в составе, значит на неизвестную часть приходится ещё 32 г/моль, что соответствует введению одного атома серы в состав аниона:

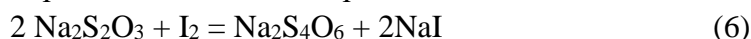
Следовательно, вещество Д – тиосульфат натрия Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.



Фиксирование фотопленок основано на реакции:



А количественное определение йода – на процессе:



### Разбалловка

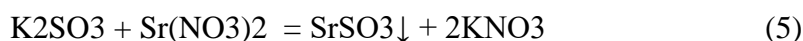
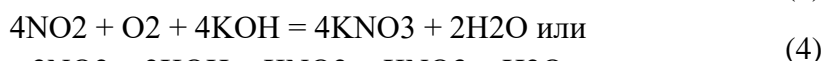
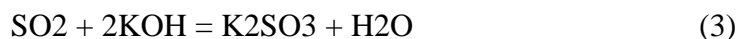
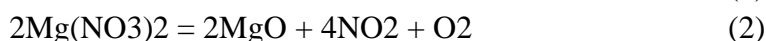
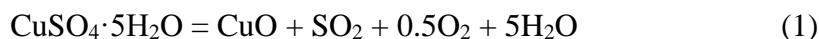
Написание формул веществ А–Д	5x0,86.=46.
Написание уравнений реакций (1)–(4), (6)	5x0,86.=46.
Написание уравнений реакции (5)	26.
ИТОГО	106.

### Задача №9-3

Из описания можно сделать вывод, что **А** – медный купорос **CuSO<sub>4</sub>·5H<sub>2</sub>O**, он имеет голубой цвет, при умеренном нагревании отщепляет 5 молекул воды (36% массы), при более сильном нагревании образует черный оксид CuO.

Соль **Б** – нитрат магния **Mg(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>**. Магний входит в состав хлорофилла, при разложении образуется бурый оксид NO<sub>2</sub>, который диспропорционирует в воде.

Уравнения реакций:



$$3) n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n(\text{SO}_2) = n(\text{K}_2\text{SO}_3) = n(\text{SrSO}_3) = 12.6/168 = 0.075 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = n \times M = 0.075 \times 250 = \mathbf{18.75 \text{ г}}$$

$$n(\text{CuO}) = n(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 0.075 \text{ моль}$$

$$m(\text{CuO}) = n \times M = 0.075 \times 80 = 6 \text{ г}$$

$$m(\text{MgO}) = 8 - 6 = 2 \text{ г}$$

$$n(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = n(\text{MgO}) = m/M = 2/40 = 0.05 \text{ моль}$$

$$m(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = n \times M = 0.05 \times 148 = \mathbf{7.4 \text{ г}}$$

$$m(\text{смеси солей}) = 18.75 + 7.4 = 26.15 \text{ г}$$

$$\omega(\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}) = 18.75 / 26.15 = \mathbf{71.7\%}$$

$$\omega(\text{Mg}(\text{NO}_3)_2) = \mathbf{28.3\%}$$

### Разбалловка

Формулы солей А и Б	ф
Уравнения реакций 1–5	5x16.=56.
Массы солей А и Б	2x16.=26.
Массовые доли солей А и Б	2x0.56.=16.
ИТОГО	106.

### Задача №9-4

1) Поскольку кислород содержится в составе сульфат-иона и воды, то можно составить следующее уравнение для нахождения количества кислорода, который входит в состав воды:

$$\omega(O) = \frac{y(O \text{ в воде}) \cdot A(O) + 12 \cdot A(O)}{y(H_2O) \cdot A(H_2O) + A(Fe_2(SO_4)_3)}$$

$$0,5979 = \frac{y(O \text{ в воде}) \cdot 16 + 12 \cdot 16}{y(H_2O) \cdot 18 + 400}$$

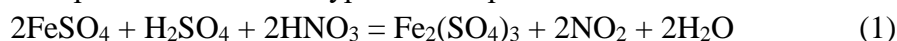
$$10,7622 \cdot y + 239,16 = y \cdot 16 + 192$$

$$5,2378 \cdot y = 47,16$$

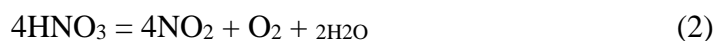
$$y = 9$$

Таким образом необходимый кристаллогидрат имеет формулу **Fe<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>·9H<sub>2</sub>O** и называется нонагидрат сульфата железа (III).

2) Железо окисляется до степени окисления +3, связываясь в сульфат избытком серной кислоты. Азотная же кислота, судя по описанию, восстанавливается до оксида азота (IV). Окисление протекает согласно уравнению реакции:



3) Раствор кипятят для испарения и разложения избытка азотной кислоты. Разложение протекает по реакции:



$$M(FeSO_4 \cdot 7H_2O) = 278 \frac{\Gamma}{\text{моль}}; M(Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O) = 562 \frac{\Gamma}{\text{моль}}$$

4) В реакционную систему было введено:

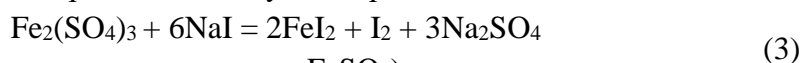
$$\frac{85}{278} = 0,306 \text{ моль } FeSO_4 \cdot 7H_2O;$$

$$\frac{10 \cdot 1,84 \cdot 0,96}{98} = 0,180 \text{ моль } H_2SO_4;$$

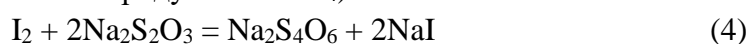
$$\frac{100 \cdot 1,35 \cdot 0,63}{63} = 1,35 \text{ моль } HNO_3$$

Из стехиометрии видно, что лимитирующим реагентом является сульфат железа (II), поэтому при расчете выхода следует ориентироваться на него, и в теории можно было получить  $\frac{0,306}{2} = 0,153$  моль нонагидрата сульфата железа (III). Реально образовалось  $\frac{71,5}{562} = 0,127$  моль целевого продукта. Следовательно, практический выход процесса равен  $0,127/0,153=0,83$  или **83%**.

5) В ходе анализа протекают следующие реакции:



(допустимо написание в продуктах FeSO<sub>4</sub>)



По условию, на титрование ушло тиосульфата:

$$n(Na_2S_2O_3) = C \times V = 0,5 \times 0,012 = 0,006 \text{ моль}$$

Поскольку  $n(Na_2S_2O_3) = 2n(I_2)$ , а  $n(I_2) = 0,5n(Fe^{3+})$ , то  $n(Na_2S_2O_3) = n(Fe^{3+})$ .

Тогда,  $C(Fe^{3+}) = n/V = 0,006/0,01 = 0,6 \text{ моль/л}$

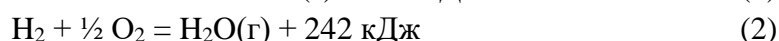
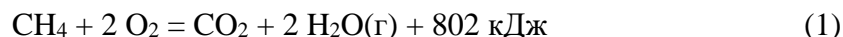
#### Разбалловка

Расчет количества воды в кристаллогидрате, полное название кристаллогидрата	2x16.=26.
Написание уравнения реакции (1)	16.
Написание уравнения реакции (2),	2x16.=26.

краткое пояснение необходимости кипячения	
Расчет практического выхода соли	26.
Уравнения реакций (3) и (4)	2x16.=26.
Расчет концентрации Fe <sup>3+</sup>	16.
ИТОГО	106.

### Задача №9-5

1. 2,0 л идеального газа при нормальных условиях содержат  $\frac{2,0}{22,4} = 0,0893$  моль молекул. Значит, при сгорании 1 моль метана выделится  $\frac{71,6}{0,0893} = 802$  кДж теплоты, а в случае такого же количества водорода –  $\frac{25,6}{0,0893} = 242$  кДж. Термохимические уравнения выглядят следующим образом:



2. При термолизе метан разлагается на простые вещества:



Взяли  $\frac{110}{22,4} = 4,91$  моль метана. Пусть разложилось  $x$  моль углеводорода с образованием  $2 \cdot x$  водорода, тогда осталось  $(4,91 - x)$  моль CH<sub>4</sub>.

Углерод в виде сажи осядет на стенках сосуда, а в газовой фазе останутся лишь водород и метан. Поскольку сожгли половину образовавшейся смеси, тепловой баланс запишется в виде:

$$1772 = \frac{1}{2} \cdot (242 \cdot 2 \cdot x + 802 \cdot (4,91 - x)),$$

Откуда  $x = n(\text{CH}_4)_{\text{разл}} = 1,24$  моль.

$M(\text{H}_2) = 2$  г/моль,  $M(\text{CH}_4) = 16$  г/моль, тогда

$$\omega(\text{H}_2) = \frac{2 \cdot 2 \cdot 1,24}{2 \cdot 2 \cdot 1,24 + 16 \cdot (4,91 - 1,24)} = 0,0779 \text{ или } 7,79\%.$$

Из уравнения  $\text{CH}_4 + 2 \text{O}_2 = \text{CO}_2 + 2 \text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 802$  кДж согласно следствию закона Гесса

$$Q = 2Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) + Q_{\text{обр}}(\text{CO}_2) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4)$$

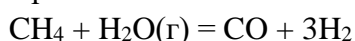
Из уравнения  $\text{H}_2 + \frac{1}{2} \text{O}_2 = \text{H}_2\text{O}(\text{г}) + 242$  кДж следует, что

$Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) = 242$  кДж/моль, поэтому получим уравнение

$$802 = 2 \times 242 + 393 - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4), \text{ откуда}$$

$$Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) = 75 \text{ кДж/моль}$$

Уравнение каталитической конверсии метана:



Из предыдущих пунктов решения нам известны теплоты образования метана и водяного пара, следовательно, теплота образования угарного газа  $Q_{\text{обр}}(\text{CO}) = 110$  кДж/моль.

По следствию из закона Гесса тепловой эффект конверсии:

$$Q = Q_{\text{обр}}(\text{CO}) - Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}(\text{г})) - Q_{\text{обр}}(\text{CH}_4) = 110 - 242 - 75 = -207 \text{ кДж}$$

### Разбалловка

Написание термохимических уравнений 1,2	2x16.=26.
Количество моль разложившегося метана	26.
Массовая доля водорода в газовой смеси	16.
Теплота образования метана	26.
Уравнение реакции конверсии метана	16.
Тепловой эффект реакции конверсии	26.
ИТОГО	106.