

Пермский край  
2024-2025 учебный год  
**ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ ПО ХИМИИ**  
**МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП**  
**9 КЛАСС**

**КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ. ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ТУР**

*Представлен один из возможных вариантов решения задач*

**Задача № 9-1**

- 1.
- $$\text{Zn} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2 \quad (1)$$
- $$\text{ZnO} + 2\text{HCl} = \text{ZnCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (2)$$
- $$\text{MgO} + 2\text{HCl} = \text{MgCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \quad (3)$$
- $$\text{ZnCl}_2 + 4\text{NaOH} = \text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4] \quad (4)$$
- $$\text{MgCl}_2 + 2\text{NaOH} = \text{Mg}(\text{OH})_2\downarrow + 2\text{NaCl} \quad (5)$$

2. Газ, который выделился при реакции с кислотой – это водород. Согласно реакции (1) количество вещества цинка равно количеству выделившегося водорода, поэтому:

$$n(\text{H}_2) = 2,24 / 22,4 = 0,1 \text{ моль}; m(\text{Zn}) = 0,1 \text{ моль} \cdot 65 \text{ г/моль} = 6,5 \text{ г.}$$

Твердый остаток после упаривания представляет собой смесь безводных хлоридов магния и цинка, при взаимодействии которой с гидроксидом натрия образуется гидроксид натрия. Согласно уравнениям (5) и (3):

$$n(\text{MgO}) = n(\text{MgCl}_2) = n(\text{Mg}(\text{OH})_2) = 5,8 / 58 = 0,1 \text{ моль};$$

$$m(\text{MgO}) = 0,1 \cdot 40 = 4,0 \text{ г}, m(\text{MgCl}_2) = 0,1 \cdot 95 = 9,5 \text{ г}$$

Вычислим массу хлорида цинка в смеси безводных солей, а затем из уравнения (2) массу оксида цинка в исходной смеси:

$$m(\text{ZnCl}_2) = 12,6 - 9,5 = 3,1 \text{ г}$$

$$n(\text{ZnO}) = n(\text{ZnCl}_2) = 3,1 / 136 = 0,023 \text{ моль}, m(\text{ZnO}) = 0,023 \cdot 81 = 1,9 \text{ г}$$

Вычислим массовые доли компонентов исходной смеси:

$$w(\text{Zn}) = 6,5 / (6,5 + 4,0 + 1,9) = 0,524 \text{ (52,4 \%)}$$

$$w(\text{ZnO}) = 1,9 / (6,5 + 4,0 + 1,9) = 0,154 \text{ (15,4 \%)}$$

$$w(\text{MgO}) = 100 - 52,4 - 15,4 = 32,2 \%$$

**Разбалловка**

Написание уравнений реакций (1)–(5)	5x1 б. = 5 б.
Расчет массы цинка	1 б.
Расчет массы оксида цинка и оксида магния	2x1 б. = 2 б.
Расчет массовых долей компонентов смеси	2 б.
ИТОГО	10 б.

### Задача № 9-2

1. Нитроаммофоска состоит из трех веществ:  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и **X**. Обозначим **X** как  $\text{K}_x\text{Э}$ , где Э – анион.

$$\omega(\text{Э}) = 100 - 52,35 = 47,65 \%$$

$$x:1 = \frac{52,35}{39} : \frac{47,65}{A(\text{Э})} = 1,342 : \frac{47,65}{A(\text{Э})}$$

$$A(\text{Э}) = \frac{47,65x}{1,342} = 35,5x$$

При  $x=1$ ,  $A(\text{Э}) = 35,5$  а.е.м, что соответствует относительной атомной массе хлора, поэтому **X** – это  $\text{KCl}$ .

2. В состав нитроаммофоски входят  $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ,  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  и  $\text{KCl}$ . Атомы азота и кислорода входят в состав дигидрофосфата аммония и нитрата аммония. Атомы калия входят только в состав хлорида калия.

Пусть количества веществ  $n(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = x$  моль;  $n(\text{NH}_4\text{NO}_3) = y$  моль;  $n(\text{KCl}) = z$  моль.

$$N = n \cdot N_a, \text{ где } N_a = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Тогда общее число атомов будет связано следующими уравнениями:

$$N(\text{N}) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot x + 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 2 \cdot y = 5,298 \cdot 10^{23};$$

$$N(\text{O}) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 4 \cdot x + 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 3 \cdot y = 1,216 \cdot 10^{24};$$

$$N(\text{K}) = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot z = 6,02 \cdot 10^{22}.$$

Решая систему уравнений, получаем:  $x = 0,28$  моль;  $y = 0,3$  моль;  $z = 0,1$  моль.

Находим молекулярные массы:

$$M(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 115 \text{ г/моль}; M(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \text{ г/моль}; M(\text{KCl}) = 74,5 \text{ г/моль}.$$

$$m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 115 \cdot 0,28 = 32,2 \text{ г};$$

$$m(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 80 \cdot 0,3 = 24 \text{ г};$$

$$m(\text{KCl}) = 74,5 \cdot 0,1 = 7,45 \text{ г}.$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) = 32,2 / (32,2 + 24 + 7,45) \cdot 100\% = 32,2 / 63,65 \cdot 100\% = 50,6 \%;$$

$$\omega(\text{NH}_4\text{NO}_3) = 24 / 63,65 \cdot 100\% = 37,7 \%;$$

$$\omega(\text{KCl}) = 7,45 / 63,65 \cdot 100\% = 11,7 \%.$$

3. Рассчитаем массу нитроаммофоски, которую нужно внести:

$$m(\text{N}) = \frac{m(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4) \cdot A(\text{N})}{M(\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4)} + \frac{m(\text{NH}_4\text{NO}_3) \cdot 2A(\text{N})}{M(\text{NH}_4\text{NO}_3)} = \frac{32,2 \cdot 14}{115} + \frac{24 \cdot 28}{80} = 12,32 \text{ г}.$$

Если в 63,65 г удобрения содержится 12,32 г азота, то

в  $x$  кг удобрения будет содержаться 10 кг азота.

$$x = \frac{10 \cdot 63,65}{12,32} = \mathbf{51,66 \text{ кг}}.$$

### Разбалловка

Определение вещества <b>X</b> (без подтверждения расчетом – 1 б.)	2 б.
Расчет массы компонентов в партии нитроаммофоски	4 б.

Расчет массовых долей компонентов в партии аммофоски	2 б.
Расчет массы нитроаммофоски	2 б.
ИТОГО	10б.

### Задача № 9-3

1. Выведем формулу кристаллогидрата хлорида бария. Для этого примем, что формула кристаллогидрата имеет вид  $BaCl_2 \cdot xH_2O$ , тогда:

$$w(H) = \frac{2x \cdot 1}{137 + 35,5 \cdot 2 + 2x \cdot 1 + 16x} = \frac{2x}{208 + 18x} = 0,0164$$

$$1,705x = 3,411$$

$$x = 2.$$

То есть кристаллогидрат имеет формулу  $BaCl_2 \cdot 2H_2O$ .

2. В образовавшемся растворе протекает одна химическая реакция:



Чтобы рассчитать массовую долю хлорида натрия в растворе нам необходимо вычислить массу хлорида натрия в полученном растворе и массу образовавшегося раствора.

Общая масса хлорида натрия в конечном растворе будет складываться из массы хлорида натрия в исходном растворе (обозначим  $m_1$ ) и хлорида натрия, полученного при протекании реакции (1), обозначим ее как  $m_2$ :

$$m_1 = 150 \text{ г} \cdot 12,5\% / 100 = 18,75 \text{ г}.$$

Чтобы определить массу  $m_2$  необходимо определить какое из исходных веществ – хлорид бария или сульфат натрия находится в недостатке:

$$n(BaCl_2) = n(BaCl_2 \cdot 2H_2O) = 5,5 / 244 = 0,023 \text{ моль}$$

$$m(Na_2SO_4) = 25 \text{ г} \cdot 5,0 / 100 = 1,25 \text{ г}$$

$$n(Na_2SO_4) = 1,25 / 142 = 0,009 \text{ моль}$$

Так как хлорид бария и сульфат натрия реагируют в мольном соотношении 1:1, то в недостатке находится сульфат натрия, поэтому:

$$n_2(NaCl) = 2 \cdot 0,009 \text{ моль},$$

$$m_2 = 0,018 \cdot 58,5 = 1,05 \text{ г}.$$

Тогда общая масса хлорида натрия равна  $18,75 + 1,05 = 19,80 \text{ г}$

Общая масса конечного раствора будет складываться из массы исходного раствора, добавленного кристаллогидрата хлорида бария и раствора сульфата натрия за вычетом массы образовавшегося осадка сульфата бария.

По уравнению реакции количество моль образовавшегося сульфата бария равно количеству моль сульфата натрия, вступившего в реакцию, поэтому

$$m(BaSO_4) = 0,009 \cdot 233 = 2,1 \text{ г}.$$

Тогда масса раствора равна  $150 + 5,5 + 25 - 2,1 = 178,4 \text{ г}$

Массовая доля хлорида натрия:

$$w(\text{NaCl}) = \frac{19,8}{178,4} \cdot 100 = 11,1\%$$

### Разбалловка

Определение формулы кристаллогидрата	2 б.
Написание уравнения реакции (1)	1 б.
Расчет массы хлорида натрия в исходном растворе	1 б.
Расчет массы хлорида натрия, образовавшегося в реакции (1)	2 б.
Расчет массы сульфата бария	2 б.
Расчет общей массы конечного раствора	1 б.
Расчет массовой доли хлорида натрия	1 б.
ИТОГО	10б.

### Задача № 9-4

Очевидно, что вещество А – это оксид элемента Э, выведем его формулу. Допустим, что формула оксида ЭО<sub>n/2</sub>, где n – валентность Э, тогда

$$w(\text{Э}) = \frac{A_r(\text{Э})}{A_r(\text{Э}) + n/2 \cdot A_r(\text{O})} = \frac{A_r(\text{Э})}{A_r(\text{Э}) + 8n} = 0,4366$$

$$A_r(\text{Э}) = 6,2n$$

Методом подбора можно понять, что при n = 5, A<sub>r</sub>(Э) = 31, что соответствует фосфору, поэтому Э – фосфор, А – оксид фосфора (V).

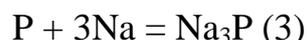
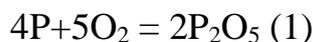
Аналогично определим вещество С – это фосфид металла общей формулой Y<sub>3</sub>P<sub>n</sub>, где n – валентность металла Y:

$$w(\text{P}) = \frac{nA_r(\text{P})}{nA_r(\text{P}) + 3A_r(\text{Y})} = \frac{31n}{31n + 3A_r(\text{Y})} = 0,310$$

$$A_r(\text{Y}) = 23n$$

Методом подбора можно понять, что при n = 1, A<sub>r</sub>(Э) = 23, что соответствует натрию, поэтому Y – натрий, С – фосфид натрия.

Уравнения реакций:



### Разбалловка

Обоснованное определение веществ X и Y (без обоснования – по 0,5 б.)	2x1 б. = 2 б.
Указание формул А, В, С и D	4x0.5 б. = 2 б.
Написание уравнений реакций (1)–(5)	6x1 б. = 6 б.
ИТОГО	10б.

### Задача № 9-5



Вычислим тепловой эффект данной реакции используя следствие из закона Гесса, что тепловой эффект равен разнице сумм теплот образования продуктов реакции и исходных веществ:

$$Q_1 = 2Q_{\text{обр}}(\text{SO}_2) + 2Q_{\text{обр}}(\text{CuO}) - 2Q_{\text{обр}}(\text{CuS}) = 2 \cdot 297 + 2 \cdot 324 - 2 \cdot 119,8 = 1002,4 \text{ кДж}$$

При расчете мы учли, что теплота образования кислорода равна нулю, так как это простое вещество, а теплота образования 1 моль сульфида меди равна  $179,7 / 1,5 = 119,8 \text{ кДж}$ .



Вычислим тепловой эффект данной реакции:

$$Q_2 = Q_{\text{обр}}(\text{H}_2\text{O}) - Q_{\text{обр}}(\text{CuO}) = 286 - 162 = 124 \text{ кДж}$$

Исходя из уравнений реакций, для получения 1 моль металлической меди требуется 1 моль оксида меди, при этом выделяется 124 кДж теплоты. Для получения 1 моль оксида меди требуется 1 моль сульфида меди, при этом выделяется  $1002,4 / 2 = 500,2 \text{ кДж}$  теплоты (так как тепловой эффект реакции обжига рассчитан на 2 моль оксида и сульфида меди).

Таким образом, при получении 1 моль меди выделяется  $124 + 500,2 = 624,2 \text{ кДж}$  теплоты. Рассчитаем, сколько теплоты выделится при получении 1 кг меди:

при получении 64 г (1 моль) меди выделяется 624,2 кДж

при получении 1000 г меди выделяется X кДж

$$X = 624,2 \cdot 1000 / 64 = 9753,1 \text{ кДж}$$

### Разбалловка

Написание термохимических уравнений получения CuO, SO <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> O	3x1 б. = 3 б.
Написание уравнений обжига CuS и восстановления CuO	2x1 б. = 2 б.
Расчет теплового эффекта реакции обжига CuS	2 б
Расчет теплового эффекта восстановления CuO	1 б.
Расчет количества выделившейся теплоты	2 б.
<b>ИТОГО</b>	<b>10б.</b>