

ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ХИМИЯ. 2024–2025 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

ОТВЕТЫ И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ

**Максимальный балл за работу – 100.**

**Задача 1 (1–3)**

В результате химической реакции между 5,76 г одноосновной кислоты и 1,20 г однокислотного основания образовалось 0,54 г воды. Определите исходные вещества, если известно, что они прореагировали без остатка. Установите второй продукт реакции. В ответ запишите формулы веществ.

<b>Ответ:</b>	<b>1.</b>	Кислота	HIО4	<b>2 балла</b>
	<b>2.</b>	Основание	NaOH	<b>2 балла</b>
	<b>3.</b>	Второй продукт реакции	NaIO4	<b>2 балла</b>

**Итого – 6 баллов**

*Решение.*

Найдём количество вещества воды  $n(\text{H}_2\text{O}) = 0,54/18 = 0,03$  моль. Т.к. кислота одноосновная, а основание однокислотное, то их количество вещества равны количеству вещества воды. Найдём их молярные массы:  $M(\text{к-ты}) = 5,76/0,03 = 192$  г/моль и  $M(\text{осн-я}) = 1,20/0,03 = 40$  г/моль. Основание – гидроксид натрия. Формула кислоты находится подбором по молярной массе, это иодная кислота HIО<sub>4</sub>.

**Задача 2 (4–5)**

Бесцветная жидкость X объёмом 18,1 мл при сгорании на воздухе образовала 6,72 л (н.у.) углекислого газа и в два раза больший объём сернистого газа. Запишите химическую формулу X. Рассчитайте плотность X в г/мл. Ответ округлите до сотых.

<b>Ответ:</b>	<b>4.</b>	Вещество X	CS <sub>2</sub>	<b>3 балла</b>
	<b>5.</b>	Плотность X	1,26 г/мл	<b>4 балла</b>

**Итого – 7 баллов.**

*Решение.*

Формулы продуктов – CO<sub>2</sub> и SO<sub>2</sub>, значит, X состоит из углерода, серы и, возможно, кислорода. Т.к. сернистого газа выделилось в 2 раза больше, то и в X серы в 2 раза больше, чем углерода. Простейшая формула X – CS<sub>2</sub> это

сероуглерод. Найдём количества вещества продуктов:  $n(\text{CO}_2) = 6,72/22,4 = 0,3$  моль.  $n(\text{CS}_2) = n(\text{CO}_2)$ ,  $m(\text{CS}_2) = 0,3 \times 76 = 22,8$  г

Плотность  $\rho(\text{CS}_2) = 22,8/18,1 = 1,26$  г/мл.

### Задача 3 (6–7)

Неизвестное вещество **X** состоит из двух элементов, которые содержатся в нем в почти равных массовых долях. При сжигании навески **X** в кислороде получили 13,44 л газа (н.у.), не имеющего запаха и вызывающего помутнение известковой воды. Определите формулу вещества и массу навески. Ответ приведите в граммах, с точностью до десятых.

<b>Ответ:</b>	<b>6.</b>	Вещество <b>X</b>	MgC <sub>2</sub>	<i>4 балла</i>
	<b>7.</b>	Масса навески	14,4 г или 14,5 г.	<i>2 балла</i>

**Итого – 6 баллов.**

*Решение.*

Газ, полученный при сжигании **X** – это углекислый газ. Значит, в веществе **X** есть углерод. Определим формулу **X**. Если в формуле 1 углерод, то на второй элемент приходится 12 г/моль. Таких вариантов нет. Если в формуле 2 углерода, то на второй элемент приходится 24 г/моль. Может быть магний, а **X** – MgC<sub>2</sub>. Если 4 углерода, то подходит титан, но вещества TiC<sub>4</sub> – нет.

Рассчитаем массу навески.

$n(\text{CO}_2) = 13,44 / 22,4 = 0,6$  моль,  $n(\text{MgC}_2) = n(\text{CO}_2) / 2 = 0,3$  моль,  $m(\text{MgC}_2) = 0,3 \times 48 = 14,4$  г

### Задача 4 (8–11)

С какими из перечисленных веществ в водном растворе взаимодействует карбонат калия?

- карбонат натрия
- углекислый газ
- соляная кислота
- кремниевая кислота
- хлорид магния
- сульфат калия

<b>Ответ:</b>	<b>8.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> углекислый газ	<i>3 балла</i>
		<input checked="" type="checkbox"/> соляная кислота	
		<input checked="" type="checkbox"/> хлорид магния	

**За каждый верный выбор – 1 балл. За каждый неверный – штраф 1 балл.**

Какая из выбранных вами реакций сопровождается выпадением осадка?

- карбонат калия + карбонат натрия
- карбонат калия + углекислый газ
- карбонат калия + соляная кислота
- карбонат калия + кремниевая кислота
- карбонат калия + хлорид магния
- карбонат калия + сульфат калия

<b>Ответ:</b>	<b>9.</b> <input checked="" type="checkbox"/> карбонат калия + хлорид магния	<b>1 балл</b>
---------------	--	---------------

Какая из выбранных вами реакций сопровождается выделением газа без образования осадка?

- карбонат калия + карбонат натрия
- карбонат калия + углекислый газ
- карбонат калия + соляная кислота
- карбонат калия + кремниевая кислота
- карбонат калия + хлорид магния
- карбонат калия + сульфат калия

<b>Ответ:</b>	<b>10.</b> <input checked="" type="checkbox"/> карбонат калия + соляная кислота	<b>1 балл</b>
---------------	---	---------------

Имеются растворы карбоната калия (раствор 1), гидрокарбоната калия (раствор 2) и нитрата калия (раствор 3) одинаковой молярной концентрации. Расположите эти растворы в порядке увеличения pH.

- раствор 1
- раствор 2
- раствор 3

<b>Ответ:</b>	<b>11.</b> <input checked="" type="checkbox"/> раствор 3 <input checked="" type="checkbox"/> раствор 2 <input checked="" type="checkbox"/> раствор 1	<b>3 балла</b>
---------------	--	----------------

**3 балла за правильную последовательность.**

**Итого – 8 баллов.**

### Задача 5 (12–15)

I. При смешении каких двух бесцветных растворов образуются осадки жёлтого, красного цветов?

1. нитрат серебра
2. нитрат цинка
3. нитрат ртути(II)
4. гидрофосфат натрия
5. иодид натрия

б. нитрат кальция

В ответ запишите пару номеров веществ.

<b>Ответ:</b>	<b>12.</b>	Осадок жёлтого цвета	14 (или 41) ИЛИ 15 (или 51)	<b>3 балла</b>
	<b>13.</b>	Осадок красного цвета	35 (или 53)	<b>3 балла</b>

II. Среди жёлтых и красных осадков из п. I выше выберите тот, который не окисляется при прокаливании на воздухе. Запишите его химическую формулу.

<b>Ответ:</b>	<b>14.</b>	$\text{Ag}_3\text{PO}_4$	<b>2 балла</b>
---------------	------------	--------------------------	----------------

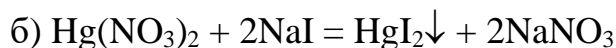
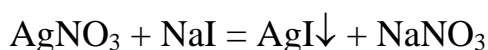
III. Среди веществ из п. I выберите два, образующие при смешении белый осадок, который при внесении в пламя окрашивает его в кирпично-красный цвет.

- нитрат серебра
- нитрат цинка
- нитрат ртути(II)
- гидрофосфат натрия
- иодид натрия
- нитрат кальция

<b>Ответ:</b>	<b>15.</b>	<input checked="" type="checkbox"/> гидрофосфат натрия <input checked="" type="checkbox"/> нитрат кальция	<b>2 балла</b>
---------------	------------	--	----------------

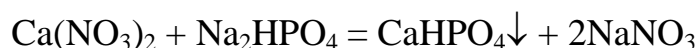
**Итого – 10 баллов.**

*Решение.*



II. Иодиды  $\text{AgI}$  и  $\text{HgI}_2$  окисляются кислородом воздуха, а  $\text{Ag}_3\text{PO}_4$  – нет.

III. Кирпично-красный цвет пламени свидетельствует о присутствии ионов  $\text{Ca}^{2+}$ , белый осадок –  $\text{CaHPO}_4$ .



### Задача 6 (16–19)

В искусственно синтезированном радиоактивном нуклиде **X** число нейтронов в 2 раза больше, чем число протонов. При  $\beta$ -распаде ядро **X** испускает электрон и превращается в устойчивый нуклид **Y**, в котором число нейтронов и протонов одинаковое. Установите формулы обоих нуклидов. В ответ запишите символы элементов и массовые числа нуклидов.

<b>Ответ:</b>	<b>16.</b>	Элемент <b>X</b>	He	<b>2 балла</b>
	<b>17.</b>	Массовое число <b>X</b>	6	<b>2 балла</b>
	<b>18.</b>	Элемент <b>Y</b>	Li	<b>2 балла</b>
	<b>19.</b>	Массовое число <b>Y</b>	6	<b>2 балла</b>

**Итого – 8 баллов**

*Решение.*

Пусть  $Z$  и  $2Z$  – числа протонов и нейтронов в  $X$ . При  $\beta$ -распаде нейтрон превращается в протон, нейтронов становится на 1 меньше, а протонов на 1 больше, в результате, по условию, число протонов и нейтронов становится равным:

$$Z + 1 = 2Z - 1$$

$$Z = 2$$

Нуклид с 2 протонами – изотоп гелия, нуклид с 3 протонами – изотоп лития. Массовое число обоих нуклидов – одно и то же:  $Z + 2Z = 6$ .

$X$  –  ${}^6\text{He}$ ,  $Y$  –  ${}^6\text{Li}$ .

### Задача 7 (20–22)

Вещество  $X$  состоит из двух элементов и представляет собой белый порошок. Он чрезвычайно гигроскопичен. При нагревании до  $400\text{ }^\circ\text{C}$  порошок испаряется, не переходя в жидкое состояние. Плотность его паров при этой температуре и давлении  $95\text{ кПа}$  равна  $4,82\text{ г/л}$ . Рассчитайте молярную массу  $X$  (в  $\text{г/моль}$ , с точностью до целых) и установите его формулу, если известно, что при указанных условиях молярный объём газов равен  $58,9\text{ л/моль}$ .

Вещество  $X$  имеет кислотный характер. Оно бурно реагирует с водой в мольном соотношении  $1 : x$  и с гидроксидом натрия в мольном соотношении  $1 : y$ . Найдите значения  $x$  и  $y$ , если в этих реакциях вода и щелочь берутся в избытке. Считайте, что в твёрдой и в газовой фазе формула  $X$  одна и та же.

<b>Ответ:</b>	<b>20.</b>	Молярная масса <b>X</b>	284	<b>3 балла</b>
	<b>21.</b>	Формула <b>X</b>	$\text{P}_4\text{O}_{10}$	<b>3 балла</b>
	<b>22.</b>	$x$	6	<b>2 балла</b>
		$y$	12	<b>2 балла</b>

**Итого – 10 баллов.**

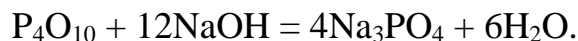
*Решение.*

Молярная масса любого вещества, в том числе и газа, равна произведению плотности на молярный объём.  $M(X) = 4,82\text{ г/л} \cdot 58,9\text{ л/моль} = 284\text{ г/моль}$ .

С учётом описания, X – фосфорный ангидрид,  $P_4O_{10}$ . С избытком воды он реагирует в соотношении 1:6,



а с избытком NaOH – в соотношении 1:12,



### Задача 8 (23–24)

Даны термохимические уравнения:

- $C + O_2 = CO_2 + 393 \text{ кДж}$
- $C + 1/2O_2 = CO + 110 \text{ кДж}$
- $C + 2H_2 = CH_4 + 75 \text{ кДж}$
- $H_2 + 1/2O_2 = H_2O + 286 \text{ кДж}$
- $O_2 = 2O - 498 \text{ кДж}$

Используя минимально необходимое количество уравнений из этого списка, составьте термохимическое уравнение неполного сгорания метана, при котором образуется сажа (примем, что это – чистый углерод).

Приведите сумму минимальных целочисленных коэффициентов в этом уравнении.

Рассчитайте, сколько теплоты выделяется при неполном сгорании 1 моль метана. Ответ выразите в кДж и приведите в виде целого числа.

<b>Ответ:</b>	23.	Сумма коэффициентов	5	2 балла
		Выделится теплоты	497 кДж	4 балла

Укажите уравнения, которые вы использовали для расчёта теплового эффекта.

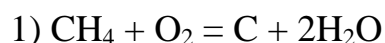
- $C + O_2 = CO_2 + 393 \text{ кДж}$
- $C + 1/2O_2 = CO + 110 \text{ кДж}$
- ✓  $C + 2H_2 = CH_4 + 75 \text{ кДж}$
- ✓  $H_2 + 1/2O_2 = H_2O + 286 \text{ кДж}$
- $O_2 = 2O - 498 \text{ кДж}$

<b>Ответ:</b>	24.	✓ $C + 2H_2 = CH_4 + 75 \text{ кДж}$	4 балла
		✓ $H_2 + 1/2O_2 = H_2O + 286 \text{ кДж}$	

**За каждый верный выбор – 2 балла. За каждый неверный – штраф 2 балла.**

**Итого – 10 баллов.**

*Решение.*

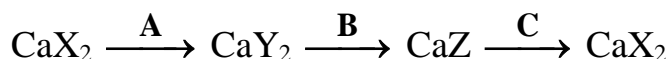


2)  $Q = 2Q_{\text{обр}}(H_2O) - Q_{\text{обр}}(CH_4) = 2 \cdot 286 - 75 = 497 \text{ кДж.}$

3) Для расчёта необходимы только теплоты образования  $\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{CH}_4$  – реакции 3 и 4.

### Задача 9 (25–30)

Дана цепочка превращений, в которой нет ни одной окислительно-восстановительной реакции:



Ион **X** (заряд не указан) состоит из одного элемента, в нём столько же электронов, сколько в ионе кальция. Ионы **Y** и **Z** (заряды не указаны) четырёхатомны и содержат по 32 электрона.

Запишите формулы ионов **X**, **Y** и **Z**, не указывая их заряда.

Определите формулы веществ **A**, **B**, **C**, в ответе укажите их формулы.

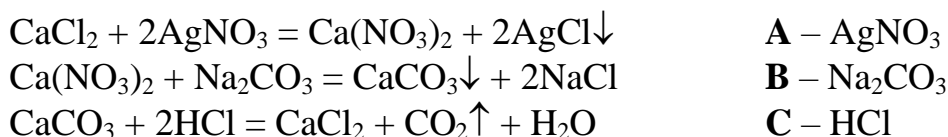
<b>Ответ:</b>	<b>25.</b>	Вещество <b>X</b>	Cl	<b>2 балла</b>
	<b>26.</b>	Вещество <b>Y</b>	NO <sub>3</sub>	<b>2 балла</b>
	<b>27.</b>	Вещество <b>Z</b>	CO <sub>3</sub>	<b>2 балла</b>
	<b>28.</b>	Вещество <b>A</b>	AgNO <sub>3</sub> или Pb(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub>	<b>1 балл</b>
	<b>29.</b>	Вещество <b>B</b>	Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> или K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> или (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> или Li <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	<b>1 балл</b>
	<b>30.</b>	Вещество <b>C</b>	HCl	<b>1 балл</b>

**Итого – 9 баллов**

*Решение.*

Ионы **X** и **Y** – однозарядны,  $\text{X}^-$  и  $\text{Y}^-$ , ион **Z** двухзаряден,  $\text{Z}^{2-}$ . Ион  $\text{X}^-$  содержит 18 электронов, следовательно, атом **X** – 17 электронов, это – Cl. Из четырёхатомных ионов, приведённых в таблице растворимости, 32 электрона содержат NO<sub>3</sub><sup>-</sup> ( $\text{Y}^-$ ) и CO<sub>3</sub><sup>2-</sup> ( $\text{Z}^{2-}$ ).

Уравнения реакций:



### Задача 10 (31–33)

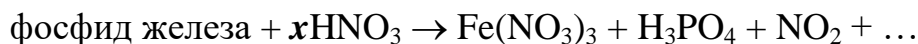
Фосфиды переходных металлов – хорошие катализаторы для разложения воды под действием света. Для синтеза одного из таких материалов нагревали смесь порошков железа и фосфора, взятых в массовом соотношении 27 : 5. Оба

вещества прореагировали полностью, без остатка. Полученный фосфид железа устойчив к воде, но растворим в кислотах-окислителях.

Установите формулу фосфида железа.

<b>Ответ:</b>	<b>31.</b> Fe <sub>3</sub> P или PFe <sub>3</sub>	<b>3 балла</b>
---------------	---	----------------

Составьте уравнение реакции растворения фосфида в концентрированной азотной кислоте по схеме:



В ответе укажите значение  $x$ .

<b>Ответ:</b>	<b>32.</b> Значение $x$	23	<b>3 балла</b>
---------------	-------------------------	----	----------------

Сколько электронов отдаёт одна формульная единица фосфида железа при окислении?

<b>Ответ:</b>	<b>33.</b> Количество электронов	14	<b>2 балла</b>
---------------	----------------------------------	----	----------------

**Итого – 8 баллов**

*Решение.*

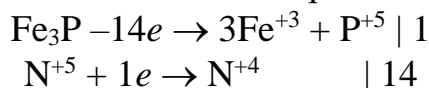
Возьмём 27 г Fe и 5 г P.

Fe : P = (27/56) : (5/31) = 3 : 1. Формула фосфида – Fe<sub>3</sub>P.

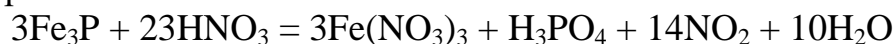
Рассмотрим реакцию окисления Fe<sub>3</sub>P азотной кислотой. Нет необходимости определять степени окисления элементов в фосфиде, можно ограничиться суммарной полуреакцией окисления:



из которой следует, что Fe<sub>3</sub>P отдаёт 14 электронов:



Итоговое уравнение:



$x = 23$



### Задача 11 (34)

**А, В и С** — простые вещества, фотографии приведены ниже.



Вещество **А**

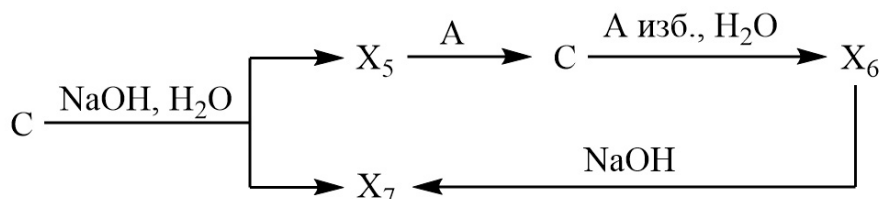
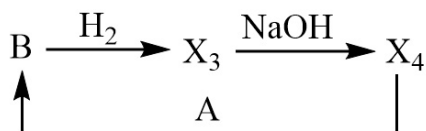
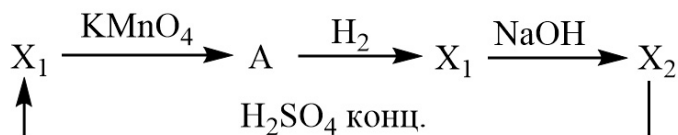


Вещество **В**



Вещество **С**

Для каждого из этих веществ предложены схемы превращений.



Определите вещества **А, В и С, X<sub>1</sub>–X<sub>7</sub>**, в поля для ответов введите значения их молярных масс (в г/моль), округлив до целых чисел.

<b>Ответ: 34.</b>	Молярная масса <b>А</b>	71 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>В</b>	160 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>С</b>	254 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>1</sub></b>	36 или 37 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>2</sub></b>	58 или 59	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>3</sub></b>	81 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>4</sub></b>	103 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>5</sub></b>	150 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>6</sub></b>	176 г/моль	<i>1 балл</i>
	Молярная масса <b>X<sub>7</sub></b>	198 г/моль	<i>1 балл</i>

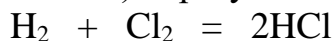
**Итого – 10 баллов**

*Решение.*

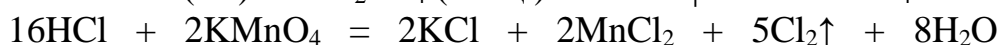
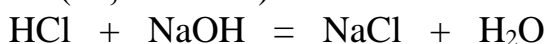
На картинках изображены простые вещества галогены:

A – хлор Cl<sub>2</sub>, **71 г/моль**; B – бром Br<sub>2</sub>, **160 г/моль**; C – иод I<sub>2</sub>, **254 г/моль**.

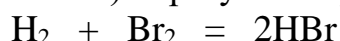
X<sub>1</sub> – хлороводород HCl (**36,5 г/моль**) образуется в реакции хлора с водородом:



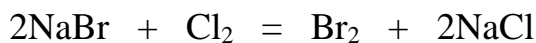
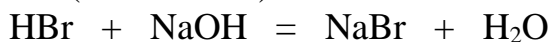
X<sub>2</sub> – хлорид натрия NaCl (**58,5 г/моль**)



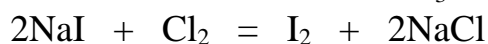
X<sub>3</sub> – бромоводород HBr (**81 г/моль**) образуется в реакции брома с водородом:



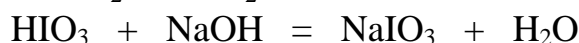
X<sub>4</sub> – бромид натрия NaBr (**103 г/моль**)



X<sub>5</sub> – иодид натрия NaI (**150 г/моль**) и X<sub>7</sub> — иодат натрия NaIO<sub>3</sub> (**198 г/моль**) образуются в реакции иода со щелочью:



X<sub>6</sub> – иодноватая кислота HIO<sub>3</sub> (**176 г/моль**)



**Задача 12 (35)**

Из природного месторождения был выделен образец поваренной соли. В качестве одной из примесей данный образец содержал вещество X. Образец соли полностью растворили в воде, а затем осторожно упарили, вещество X превратилось в соединение Y. Если исследуемый образец поваренной соли, загрязнённый веществами X или Y, растворить в воде, то в растворе будут находиться катионы только одного металла. Известно, что из-за примесей исследуемый образец реагирует с соляной кислотой (при этом выделяется газ без цвета и запаха) и с раствором хлорида кальция (при этом выпадает осадок белого цвета). Результаты количественных измерений представлены в таблице ниже.

Исследуемый образец поваренной соли	Масса в исследуемом образце, г		Масса осадка после добавления избытка раст-вора хлорида кальция, г
	Вещество X	Вещество Y	
Исходный образец	1,86	0	1,50
Образец после растворения в воде и осторожного упаривания	0	4,29	1,50

Вещества **X** и **Y** имеют одинаковый качественный состав, содержат одну и ту же безводную соль. В поле для ответа введите значение молярной массы этой безводной соли (в г/моль), округлив до целых.

Вещества **X** и **Y** содержат кристаллизационную воду. Сколько моль воды содержится в 1 моль каждого из веществ? В поля для ответов введите соответствующие числа.

<b>Ответ:</b>	<b>35.</b>	Молярная масса безводной соли	106	<i>4 балла</i>
		Моль воды в <b>X</b>	1	<i>2 балла</i>
		Моль воды в <b>Y</b>	10	<i>2 балла</i>

**Итого – 8 баллов.**

*Решение.*

Из описания, представленного в условии, следует, что **X** и **Y** – кристаллогидраты, содержащие одну и ту же безводную соль натрия. Эта соль реагирует с соляной кислотой с выделением газа без цвета и запаха и с раствором хлорида кальция с образованием осадка белого цвета. Такими свойствами обладает карбонат натрия  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ , **106 г/моль**.

Оба образца кристаллогидратов **X** и **Y** дают осадки карбоната кальция равной массы, 1,50 г

$$n_{\text{CaCO}_3} = \frac{1,50 \text{ г}}{100 \text{ г/моль}} = 0,015 \text{ моль}$$

Можно рассчитать молярные массы **X** и **Y**

$$M_X = \frac{1,86 \text{ г}}{0,015 \text{ моль}} = 124 \text{ г/моль}$$

$$M_Y = \frac{4,29 \text{ г}}{0,015 \text{ моль}} = 286 \text{ г/моль}$$

Тогда

$$\text{X} - \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O} \quad n = \frac{124 - 106}{18} = 1$$

$$\text{Y} - \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot m\text{H}_2\text{O} \quad m = \frac{286 - 106}{18} = 10$$

<b>№ Задачи</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>12</b>
<b>Баллы</b>	6	7	6	8	10	8	10	10	9	8	10	8

**Максимальный балл за работу – 100.**