



ВСЕРОССИЙСКАЯ ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ  
ПО ХИМИИ. 2018–2019 уч. г.  
МУНИЦИПАЛЬНЫЙ ЭТАП. 9 КЛАСС

**Задания и критерии оценивания**

**Общие указания:** если в задаче требуются расчёты, они обязательно должны быть приведены в решении. Ответ, приведённый без расчётов или иного обоснования, не засчитывается.

**Задание 1. Превращения барита**

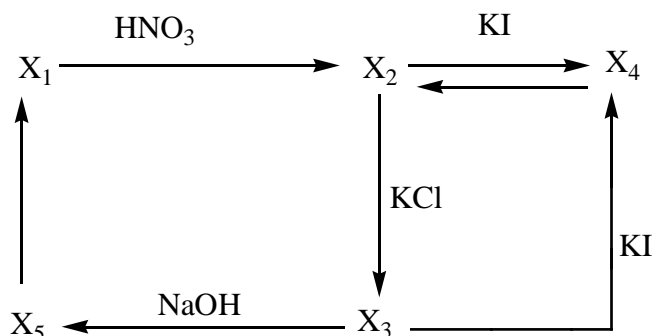
Для получения растворимых солей бария используют природный минерал барит, состоящий в основном из сульфата бария. Тонко измельчённый минерал смешивают с коксом и нагревают в течение некоторого времени при температуре около 900 °С. При этом образуются два продукта: твёрдое вещество и газ, горящий на воздухе голубым пламенем.

После охлаждения твёрдого продукта реакции его растворяют в разбавленной соляной кислоте. Растворение сопровождается выделением бесцветного газа, который можно поглотить раствором едкого натра до получения средней соли. При добавлении к полученной соли раствора иода выделяется осадок, приобретающий при стоянии желтоватый цвет.

Запишите уравнения всех описанных химических процессов.

**Задание 2. Цепочка реакций**

Один из оксидов, образованных элементом X (вещество X<sub>1</sub>), содержит 7,17 % кислорода по массе. Он представляет собой жёлто-коричневый порошок, нерастворимый в воде. При действии на него азотной кислоты образуется бесцветный раствор вещества X<sub>2</sub>. Прибавление к этому раствору насыщенного раствора хлорида калия приводит к образованию белого осадка X<sub>3</sub>, а действие на раствор X<sub>2</sub> раствора иодида калия приводит к жёлтому осадку X<sub>4</sub>. Вещество X<sub>3</sub> малорастворимо на холоде, но хорошо растворяется в кипящей воде. Если к горячему раствору X<sub>3</sub> прибавить раствор гидроксида натрия, образуется белый осадок X<sub>5</sub>. При действии на белый осадок X<sub>5</sub> раствора иодида калия цвет осадка изменяется на жёлтый. Все описанные реакции представлены на схеме:



- 1) Определите неизвестные вещества и запишите уравнения реакций.
- 2) Предложите способы получения вещества X<sub>1</sub> из вещества X<sub>5</sub> и вещества X<sub>2</sub> из вещества X<sub>4</sub>.

### Задание 3. Расчёт состава растворов

Какую массу фосфорного ангидрида надо внести в воду для получения 98 г раствора ортофосфорной кислоты, в котором массовые доли веществ равны? В полученный раствор добавили 25 г мела и нагрели до кипения. Образования осадка не наблюдалось. Найдите массовую долю растворённого вещества после завершения реакции.

### Задание 4. Очень тяжёлый газ

Очень тяжёлый газ **X** образуется при взаимодействии двух простых веществ, **Y** и **Z**, взятых в мольном соотношении 1 : 24. Он тяжелее воздуха в 5 с небольшим раз, а массовая доля одного из элементов в нём примерно равна 22 %. Газ **X** – очень инертный, он не реагирует ни с кислородом, ни с водой, ни с кислотами, ни со щелочами, но способен взаимодействовать с сильными восстановителями. С активными металлами **X** вступает в реакцию замещения, а реакция **X** с сероводородом даёт простое вещество **Y** и газ, который почти в 1,5 раза легче воздуха.

1. Определите молекулярную формулу газа **X**. Составьте его структурную формулу.
2. Запишите уравнения реакции синтеза **X** и его реакций с литием и с сероводородом.

### Задание 5. Неорганическая соль

Неорганическая соль **A** представляет собой чёрные кристаллы, хорошо растворимые в воде. Свежеприготовленный раствор соли **A** окрашен в малиново-фиолетовый цвет. При действии разбавленного раствора щёлочи на раствор соли **A** появляется резкий запах из-за образования газа **B**, который легче воздуха и окрашивает влажную лакмусовую бумажку в синий цвет. При кипячении раствора соль **A** разлагается с образованием чёрно-коричневого осадка **B** и выделением газа **Г**, который, как и **B**, легче воздуха, но не взаимодействует с водой и плохо в ней растворяется. Как соль **A**, так и вещество **B** реагируют с концентрированной соляной кислотой; в обоих случаях выделяется жёлто-зелёный газ и образуется бесцветный раствор. Вещество **B** представляет собой оксид, содержащий 36,8 % кислорода по массе.

1. Установите формулы веществ **A–Г**, напишите уравнения всех перечисленных реакций.
2. Предположите, что произойдёт, если к раствору **A** добавить концентрированную щёлочь. Напишите уравнение возможной реакции.

### Задание 6. Определение молярной массы газа

Перед юными химиками была поставлена задача – определить молярную массу газа **X**. Для решения задачи каждый из них взял колбу с двумя кранами (см. рисунок 1), вымыл и высушил её, затем взвесил с открытыми кранами (на рисунке 1 показаны цифрами 1 и 2).

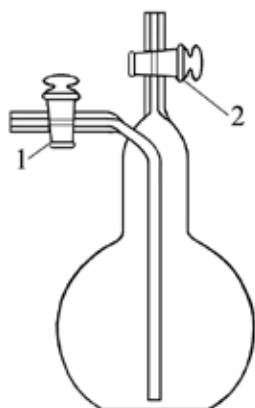


Рисунок 1

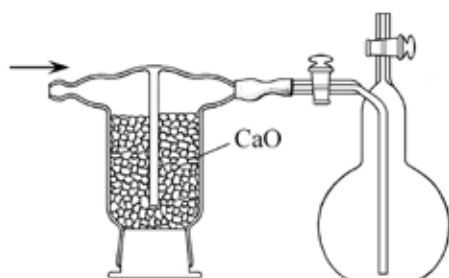


Рисунок 2а

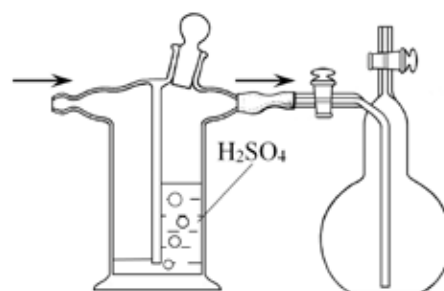


Рисунок 2б

Для набора исследуемого газа **X** боковую трубку колбы присоединили к источнику газа через склянку Тищенко с различными осушителями (см. рисунки 2а, 2б) и продули через установку большой избыток **X** (направление движения газа показано стрелками). Первый химик использовал в качестве осушителя негашёную известь (см. рисунок 2а), а второй – концентрированную серную кислоту (см. рисунок 2б). Однако собрать в колбу исследуемый газ **X** удалось только одному из экспериментаторов, у другого в склянке Тищенко вместе с парами воды поглощался и сам газ **X**.

После заполнения колбы газом юный химик, сумевший удачно провести эксперимент, закрыл сначала боковой кран 1, а затем кран 2, отсоединил колбу и взвесил её. Затем продул её чистым воздухом и заполнил дистиллированной водой так, чтобы ни в трубках, ни на стенках колбы не оставалось пузырьков воздуха, затем взвесил колбу с водой. Результаты его измерений приведены в таблице ниже.

| Масса колбы с воздухом <sup>1</sup> , г | Масса колбы с газом <b>X</b> <sup>1</sup> , г | Масса колбы с водой, г <sup>2**</sup> |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|
| 72,58                                   | 72,88                                         | 520,0                                 |

<sup>1</sup> Масса колбы с газами измерена при температуре 0 °С и давлении 101,3 кПа (760 мм рт. ст.).

<sup>2</sup> Для расчётов можно принять, что плотность воды в условиях эксперимента равна 1 г/мл.

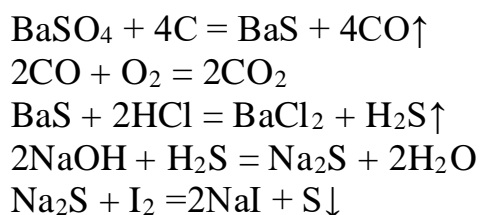
1. На основании анализа представленных данных, не проводя вычислений, сделайте вывод о том, тяжелее или легче воздуха исследуемый газ.
2. Определите значение молярной массы газа **X**, приведите все необходимые расчёты.
3. Приведите три примера газообразных веществ, имеющих вычисленное значение молярной массы.
4. Почему для проведения данного эксперимента газ **X** предварительно должен быть хорошо осушен?
5. Какой газ **X** исследовали юные химики? Почему в одном из экспериментов вместе с парами воды поглотился анализируемый газ?
6. Предложите лабораторный способ получения газа **X**, проиллюстрировав ответ уравнением реакции.

### Решения и критерии оценивания олимпиадных заданий

**В итоговую оценку из 6 задач засчитываются 5 решений, за которые участник набрал наибольшие баллы, то есть одна из задач с наименьшим баллом не учитывается.**

#### Задание 1. Превращения барита

**Решение и критерии оценивания:**



Каждое уравнение – **2 балла**

(1 балл, если правильные вещества, но неверные коэффициенты)

**Всего за задачу – 10 баллов.**

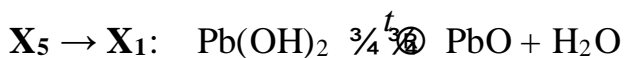
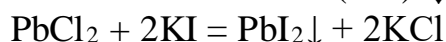
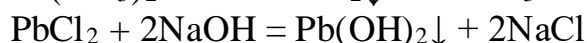
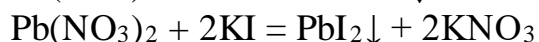
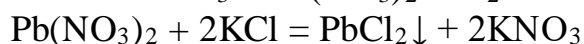
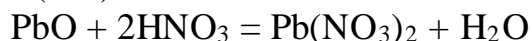
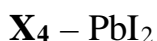
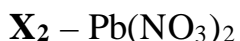
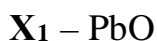
#### Задание 2. Цепочка реакций

**Решение:**

При добавлении к раствору нитрата  $\text{X}_2$  хлорида и иодида калия выпадают белый и жёлтый осадки. Таким образом, элементом  $\text{X}$  может быть серебро или свинец, хлориды которых белые, а иодиды – жёлтые. Однако  $\text{X}_5$ , образующийся при добавлении щёлочи к нитрату  $\text{X}_2$ , белого цвета. Оксид серебра по цвету не подходит, остаётся гидроксид свинца.

Подтвердим расчётом:  $16 / 0,0717 = 223$  г/моль, что соответствует оксиду свинца(II).

Неизвестные вещества и уравнения реакций:



**Критерии оценивания:**

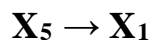
Элемент **X** и вещества **X<sub>1</sub> – X<sub>5</sub>**

**6 · 1 = 6 баллов**

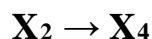
Уравнения реакций

**5 · 0,5 = 2,5 балла**

Дополнительные уравнения:



**0,5 балла**



**1 балл**

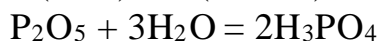
**Всего за задачу – 10 баллов.**

**Задание 3. Расчёт состава растворов**

**Решение:**

При внесении фосфорного ангидрида в воду образуется раствор ортофосфорной кислоты, который состоит из воды и кислоты, массовые доли которых равны. Значит, в растворе равны и массы веществ:

$$m(\text{H}_2\text{O}) = m(\text{H}_3\text{PO}_4) = 98 / 2 = 49 \text{ г.}$$

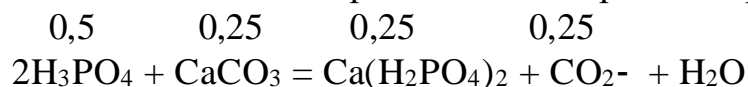


$$n(\text{H}_3\text{PO}_4) = 49 / 98 = 0,5 \text{ моль}$$

$$n(\text{P}_2\text{O}_5) = n(\text{H}_3\text{PO}_4) / 2 = 0,5 / 2 = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(\text{P}_2\text{O}_5) = 0,25 \times 142 = 35,5 \text{ г}$$

После добавления мела и при кипячении протекает реакция:



$n(\text{CaCO}_3) = 25 / 100 = 0,25$  моль, в этой реакции реагенты взяты в стехиометрическом количестве.

$$n(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = n(\text{CaCO}_3) = 0,25 \text{ моль}$$

$$m(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 0,25 \times 234 = 58,5 \text{ г}$$

$$m(\text{CO}_2) = 0,25 \times 44 = 11 \text{ г}$$

$$m(\text{p-ра}) = m_{\text{p-ра}}(\text{H}_3\text{PO}_4) + m(\text{CaCO}_3) - m(\text{CO}_2) = 98 + 25 - 11 = 112 \text{ г}$$

$$\omega(\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2) = 58,5 / 112 = 0,522 \text{ (52,2 \%)}$$

**Критерии оценивания:**

Уравнения реакций

**2 × 1,5 = 3 балла**

Расчёт массы оксида фосфора(V)

**3 балла**

Расчёт массовой доли дигидрофосфата кальция

**4 балла**

(расчёт без учёта улетучившегося  $\text{CO}_2$  – 2 балла)

**Всего за задачу – 10 баллов.**

#### Задание 4. Очень тяжёлый газ

##### Решение и критерии оценивания:

1. Начнём с молярной массы:  $M(\text{X}) \gg 5 \times 29 = 145$  г/моль. Масса одного из элементов в моле **X**:  $145 \times 0,22 \gg 32$  г. Можно предположить, что это – сера. Тогда оставшиеся 113 г приходится на долю второго элемента. Небольшим перебором легко убедиться, что это – фтор, а формула газа –  $\text{SF}_6$  ( $M = 146$  г/моль).

**3 балла**

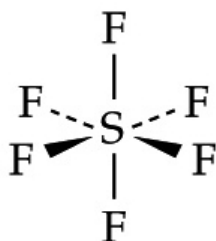
(из них – 1 балл за примерную молярную массу)

Проверка:

$$D_{\text{возд.}}(\text{SF}_6) = 146 / 29 = 5,03 \gg 5.$$

$$w(\text{S}) = 32 / 146 = 0,219 \gg 0,22 = 22 \%$$

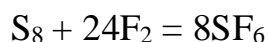
Структурная формула  $\text{SF}_6$ :



**1 балл**

2. Уравнения реакций.

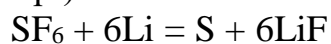
1) Молярное соотношение 1 : 24 требует записать формулу серы как  $\text{S}_8$ :



**2 балла**

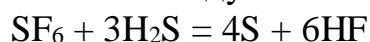
(1 балл за уравнение с формулой S)

2) Реакция замещения приводит к образованию простого вещества – это сера (не фтор!):



**2 балла**

3) При восстановлении  $\text{SF}_6$  сероводородом образуются сера (вещество **Y**) и HF, который легче воздуха почти в 1,5 раза ( $M(\text{возд.}) / M(\text{HF}) = 29 / 20 = 1,45 \gg 1,5$ ):



**2 балла**

(здесь писать формулу  $\text{S}_8$  не требуется)

**Всего за задачу – 10 баллов.**

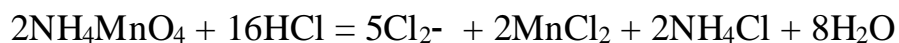
### Задание 5. Неорганическая соль

#### Решение:

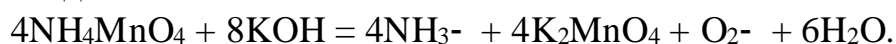
1. Реакция соли со щёлочью говорит о том, что **A** – соль аммония, а цвет раствора наводит на мысль о перманганат-ионе. **A** –  $\text{NH}_4\text{MnO}_4$ . Это подтверждается реакцией с образованием вещества **B**, которое представляет собой диоксид марганца  $\text{MnO}_2$  ( $w(\text{O}) = 32 / 87 = 0,368$ ). Газ **Б**, окрашивающий лакмус в синий цвет, – аммиак  $\text{NH}_3$ . Соль содержит анион-окислитель, поэтому при разложении  $\text{NH}_3$  окисляется, в данном случае до  $\text{N}_2$  (газ **Г**).

**A** –  $\text{NH}_4\text{MnO}_4$ , **Б** –  $\text{NH}_3$ , **В** –  $\text{MnO}_2$ , **Г** –  $\text{N}_2$ .

Уравнения реакций:



2. В сильнощелочной среде перманганат-ион самопроизвольно восстанавливается до манганат-иона:



#### Критерии оценивания:

Формулы веществ

4 × 1 = 4 балла

(формулу  $\text{MnO}_2$  не требуется подтверждать расчётом, массовая доля дана только как дополнительная подсказка).

Уравнения реакций в п. 1)

4 × 1 = 4 балла

Уравнение реакции с концентрированной щёлочью

2 балла

(из них – 1 балл за идею о самопроизвольном восстановлении перманганата)

**Всего за задачу – 10 баллов.**



### Задание 6. Определение молярной массы газа

#### Решение и система оценивания:

1. Из таблицы видно, что масса колбы с газом **X** больше массы колбы с воздухом. Следовательно, **X** тяжелее воздуха.

1 балл

2. Пусть масса колбы (без воздуха, газа или воды, т. е. масса только стеклянной оболочки, трубок и кранов) равна  $a$  г, а её объём –  $b$  мл. Плотность воды 1 г/мл, тогда её масса составляет  $b$  г. Масса колбы с водой –  $(a + b)$  г. Количество воздуха в колбе (по условию объёмы газов измерены при н. у.) составляет

$\frac{b}{22400}$  моль, а его масса –  $\frac{b}{22400} \times 29$  г. Масса колбы с воздухом равна

$a + \frac{b}{22400} \times 29$  г. Составляем систему двух уравнений:

$$\begin{cases} a + b = 520 \\ a + \frac{b}{22400} \times 29 = 72,58 \end{cases}, \text{ решая которую, получаем } \begin{cases} a = 72,0 \\ b = 448 \end{cases}.$$

Таким образом, масса газа **X** в колбе составляет  $72,88 - 72,0 = 0,88$  г, а его количество –  $0,02$  моль, т. е. молярная масса **X** равна  $44$  г/моль.

*Примечание.* При решении задачи допускается пренебрежение массой воздуха при определении объёма колбы. Масса воды в этом случае будет равна  $520 - 72,58 \approx 447,4$  г, а её объём –  $447,4$  мл.

3 балла за любое верное решение

3. Молярную массу  $44$  г/моль имеют три газа:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$ .

По 1 баллу за каждый верный вариант, всего максимум 3 балла

4. Для проведения данного эксперимента газы должны быть хорошо очищены, в том числе от паров воды. В противном случае значение измеренной молярной массы будет ошибочным.

1 балл

5. Из трёх газов ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  и  $\text{C}_3\text{H}_8$ ) условию удовлетворяет только углекислый газ. Именно он, кислотный оксид, поглощается негашёной известью:



1 балл

6. Для получения  $\text{CO}_2$  можно, например, подействовать соляной кислотой на мрамор:



1 балл за любой верный вариант

Всего за задачу – 10 баллов.