

## ***Теоретический тур***

### **Девятый класс**

#### **Задача 9-1**

#### **Лишь одна ОВР**

Бесцветный газ **A** при нормальных условиях занимает объем 2,24 л. Данное количество вещества **A** полностью нейтрализуется стехиометрическим количеством водного раствора KOH (*р-ция 1*) с образованием **раствора 1**. При добавлении к полученному **раствору 1** избытка раствора нитрата бария выпадает 19,73 г белого осадка **B** (*р-ция 2*), который в природе встречается в виде минерала виверита, массовая доля бария в нём составляет 69,59 %. При добавлении к такому же объёму **раствора 1** избытка раствора нитрата серебра выпадает осадок массой 52,35 г, представляющий собой смесь двух веществ **C** и **D** (*р-ции 3, 4*).

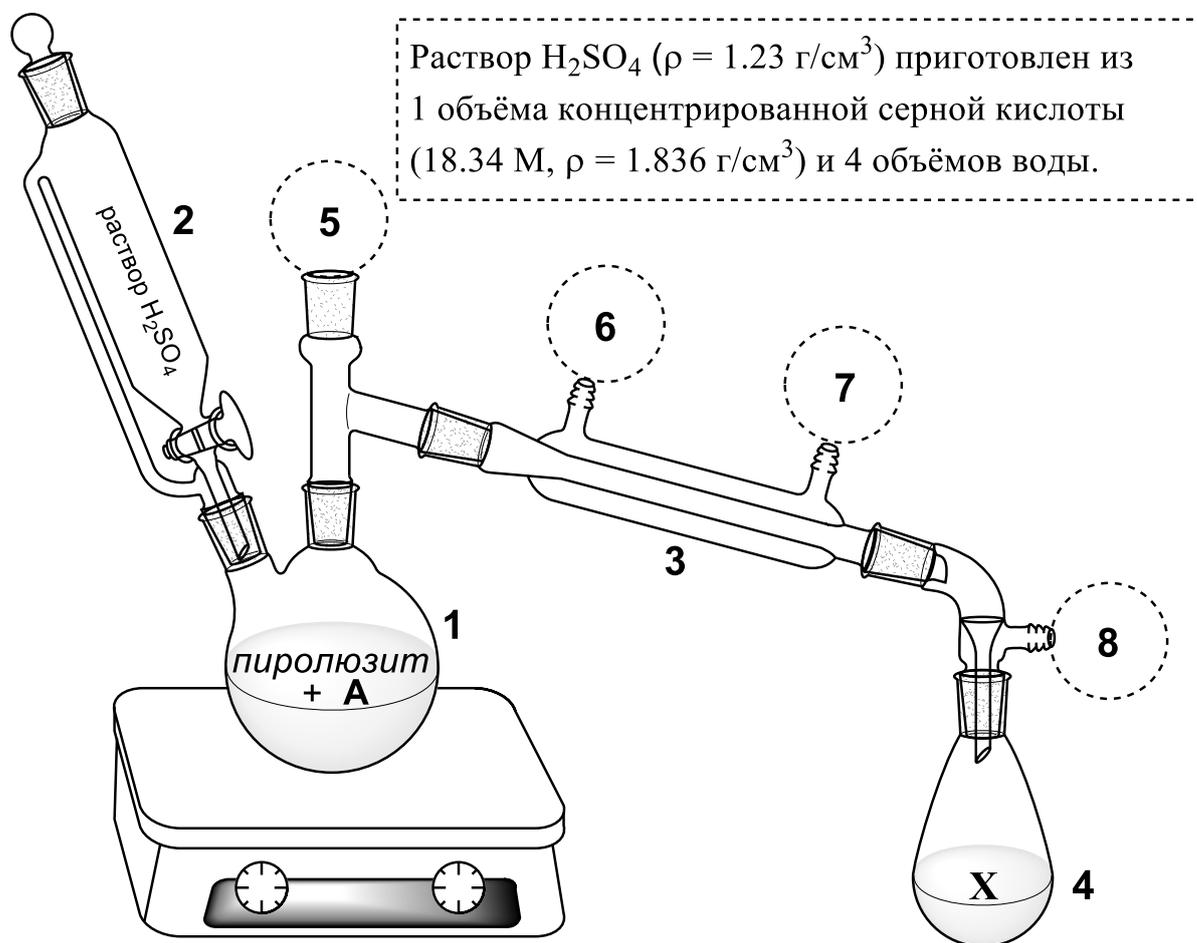
Окисление того же количества **A** (2,24 л при н.у.) простым газообразным веществом **E** приводит к образованию двух газообразных соединений **F** и **G** (*р-ция 5*), причем **F** – ядовитое, а **G** – безвредное. Если полученную смесь нейтрализовать водным раствором KOH (*р-ция 6*) (**F** полностью поглощается, а **G** с раствором щёлочи не взаимодействует), то образуется **раствор 2**, при добавлении к которому избытка раствора нитрата бария, выпадает 37,26 г белого осадка, состоящего из двух веществ **B** и **H** (*р-ции 2, 7*). Если к **раствору 2** вместо нитрата бария добавить избыток раствора нитрата серебра, то выпадает только 27,57 г белого осадка **C** (*р-ция 3*).

#### **Вопросы:**

- 1) Определите соединения **A** – **H**.
- 2) Приведите названия соединений **A** и **F**.
- 3) Напишите уравнения реакций **1** – **7**.
- 4) Объясните, с чем связана инертность вещества **G** и почему **F** – ядовитое?

### Задача 9-2

Для получения простого вещества **X** Юный химик смешал 500 г раствора безводной натриевой соли **A** (содержание соли в растворе составляет 35 масс. %) и 90 г измельчённого минерала *пиролюзита* в двугорлой колбе **1**. Затем из капельной воронки **2** при нагревании он начал добавлять раствор серной кислоты, при этом реакционная смесь потемнела, а установку начали заполнять тёмно-красные пары **X** (*р-ция 1*). Пары постепенно достигли холодильника **3**, в котором сконденсировались в тёмную жидкость и по каплям начали поступать в охлаждаемую льдом колбу-приёмник **4**. Ниже приведен рисунок установки для получения вещества **X**:



1. На приведённом рисунке не хватает следующих частей: *а*) ловушки с тиосульфатом натрия; *б*) термометра; *в*) входного шланга с проточной водой для охлаждения; *г*) выходного шланга для воды.

Определите, какие из недостающих частей установки соответствует позициям **5 – 8**, заполните таблицу:

	<b>а)</b> Ловушка с $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$	<b>б)</b> Термометр	<b>в)</b> Входной шланг для воды	<b>г)</b> Выходной шланг для воды
Позиция				

В тёплой воде **X** растворяется ограниченно, при этом раствор окрашивается в красно-коричневый цвет. При добавлении щёлочи происходит обесцвечивание водного раствора (**р-ция 2**). **X** хорошо растворяется в бензоле  $\text{C}_6\text{H}_6$ , при добавлении небольшого количества металлического железа этот раствор постепенно обесцвечивается (**р-ции 3 и 4**). Один из продуктов **р-ции 4** содержит 45,9 масс. % углерода.

После завершения опыта в ловушке с тиосульфатом образовалась взвесь простого вещества (**р-ция 5**). Юный химик разобрал прибор промыл всю посуду от **X** раствором тиосульфата натрия, в который добавил карбонат натрия (**р-ция 6**).

**2.** Напишите формулу вещества, являющегося основным компонентом минерала *пиролозита*.

**3.** Определите вещества **A** и **X**.

**4.** Напишите уравнения реакций **1 – 6**. Зачем для мытья посуды Юный химик добавил в раствор тиосульфата карбонат натрия?

**5.** Рассчитайте теоретический минимальный объём раствора серной кислоты, необходимый для количественного протекания реакции **1**. При расчётах учтите, что используемый Юным химиком *пиролозит* кроме основного вещества содержит 8 масс. % оксида кремния.

**6.** Опишите, какие правила безопасности соблюдал Юный химик при:

**а)** приготовлении раствора серной кислоты; **б)** проведении синтеза.

### Задача 9-3

Вещество **X** представляет собой белый порошок, хорошо растворимый в воде и легко разлагающийся при нагревании с выделением газа (*р-ция 1*). Действием на 10,0 г вещества **X** избытком горячего раствора вещества



**Y**, дающего белый творожистый осадок с нитратом серебра (*р-ция 2*), получили 5,0 г вещества **Z** в виде белого осадка (*р-ция 3*). Вещество **Z** встречается в природе в виде многочисленных минералов и входит в состав горных пород. Длительным выдерживанием в автоклаве при 55°C 20 г насыщенного при этой температуре раствора **X** с суспензией 3.6 г **Z** получили 7,2 г кристаллического вещества **N** с выходом 84% (*р-ция 4*). Вещество **N** обнаружено в природе в виде редкого минерала. При действии воды кристаллы **N** разрушаются. Так, при внесении 11,9 г **N** в 93,1 г воды выпадает осадок **Z** и образуется раствор массой 100 г. При добавлении к 10 г этого раствора избытка соляной кислоты выделяется 111,8 мл газа (н.у.).

Растворимость вещества **X** при 55°C равна 56,25 г в 100 г воды.

При нагревании твердого **Y** потеря массы в виде газообразных продуктов составляет примерно 49,3%.

#### **Вопросы:**

1. Определите неизвестные вещества **X**, **Y**, **Z** и **N**. Ответ обоснуйте, подтвердите расчетами.
2. Запишите уравнения реакций 1 – 4.

### Задача 9-4

#### ການເຊື່ອມຕໍ່ຂອງສອງອົງປະກອບ

Однажды ранним ясным утром, химик Колбочкин, к большому удивлению, получил посылку от его давнего друга из Лаоса – химика Тигельвонга. В посылке оказались хорошо упакованные образцы веществ

и письмо, в котором учёный подробно описывал новую область своих интересов – изучение бинарных соединений, образуемых элементами X и Y. Среди них наиболее известны вещества A, B, C, образцы которых и были в посылке. Их свойства кратко описаны в таблице, представленной ниже.

Вещество	Название	Агрегатное состояние при н.у.	Особенности
A	ຫມັ່ງ	Газ	Обладает неприятным запахом
B	ສອງ	Жидкость	Используется в качестве топлива
C	ສາມ	Жидкость	Его водные растворы проявляют кислотные свойства

Испытывая большие проблемы со знанием лаосского языка, химик Колбочкин был вынужден самостоятельно идентифицировать каждое из них. Для этого он провёл следующие эксперименты:

- Образец вещества A массой 8,5 мг поглотили с помощью 10 мл 0,200 М раствора соляной кислоты. На титрование избытка кислоты потребовалось 7,5 мл 0,200 М раствора гидроксида калия. Дополнительно известно, что вещество A взаимодействует с соляной кислотой в соотношении 1:1.
- Образец вещества B массой 144,0 мг растворили в 100 мл воды. На титрование аликвоты полученного раствора объёмом 10 мл потребовалось 30 мл 0,030 М раствора иода. Дополнительно известно, что вещество B взаимодействует с иодом в соотношении 1:2.
- Образец вещества C массой 64,5 мг растворили в 100 мл воды. На титрование аликвоты полученного раствора объёмом 10 мл потребовалось 10 мл 0,015 М КОН. Дополнительно известно, что вещество C взаимодействует с гидроксидом калия в соотношении 1:1.

Получив обратную телеграмму с формулами веществ A-C, лаосский учёный Тигельвонг восхитился упорством Колбочкина и предложил ему поучаствовать в расшифровке данных кристаллографического анализа твёрдых соединений D и E, которые были синтезированы путём взаимодействия различных пар из упомянутых выше веществ.

- Вещество **D**, имеющее плотность  $1,419 \text{ г/см}^3$ , кристаллизуется в моноклинной элементарной ячейке со сторонами  $a = 5,641 \text{ \AA}$ ,  $b = 5,521 \text{ \AA}$ ,  $c = 11,306 \text{ \AA}$  и углом  $\beta = 93,26^\circ$ , содержащей 4 формульные единицы.
- Вещество **E**, имеющее плотность  $1365 \text{ кг/м}^3$ , кристаллизуется в ромбической элементарной ячейке с длинами сторон  $a = 893,3 \text{ пм}$ ,  $b = 378,2 \text{ пм}$ ,  $c = 865,2 \text{ пм}$ , содержащей 4 формульные единицы.

**Вопросы:**

- 1) Установите формулы веществ **A**, **B** и **C**. **Ответ подтвердите расчётами.**
- 2) Установите состав соединений **D** и **E**. **Ответ подтвердите расчётами.**
- 3) При взаимодействии каких пар из веществ **A**, **B** и **C** могли быть получены соединения **D** и **E**?

**Справочные данные:**

- 1)  $N_A = 6,022 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$  – постоянная Авогадро,  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$ ,  $1 \text{ пм} = 10^{-12} \text{ м}$
- 2) Объём моноклинной элементарной ячейки:  $V = a b c \cdot \sin \beta$   
 Объём ромбической элементарной ячейки:  $V = a b c$

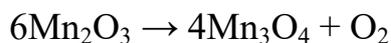
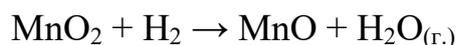
**Задача 9-5**

**Оксиды марганца**

Среди встречающихся в природе оксидов марганца и их производные назовём манганозит ( $\text{MnO}$ ), биксбиит ( $\text{Mn}_2\text{O}_3$ ), гаусманит ( $\text{Mn}_3\text{O}_4$ ) и манганит ( $\text{MnO}(\text{OH})$ ). При нагревании они легко превращаются друг в друга за счет разложения, окисления или восстановления. Термохимические данные о подобных реакциях в расчете на 1 моль  $\text{MnO}(\text{OH})$ , приведены в таблице ниже.

Процесс	Энтальпия процесса ( $\Delta_r H$ )
восстановление $\text{MnO}(\text{OH})$ до $\text{MnO}$ водородом (образуется газообразная вода)	$-31,4 \text{ кДж/моль}$
окисление $\text{MnO}(\text{OH})$ до $\text{MnO}_2$ кислородом	$-41,3 \text{ кДж/моль}$
термическое разложение $\text{MnO}(\text{OH})$ с образованием $\text{Mn}_2\text{O}_3$	$-1 \text{ кДж/моль}$
термическое разложение $\text{MnO}(\text{OH})$ с образованием $\text{Mn}_3\text{O}_4$	$+16,2 \text{ кДж/моль}$

1. Рассчитайте энтальпии следующих реакций, используя данные таблицы и энтальпию образования  $\text{H}_2\text{O}_{(г.)}$  ( $-241,8$  кДж/моль).



2. Многие оксиды марганца проявляют окислительные свойства. Проиллюстрируйте это уравнениями реакций растворения гаусманита в горячей концентрированной соляной кислоте и биксбиита – в горячей концентрированной серной кислоте.

Свойства наночастиц довольно сильно отличаются от свойств обычных образцов веществ. Наночастицы имеют большую общую поверхность, поэтому в энтальпии реакций вносит вклад поверхностная энергия, равная энергии, необходимой для образования единицы площади такой поверхности. Например, поверхностная энергия  $\text{MnO}_2$  равна  $2,05$  Дж/м<sup>2</sup>. Значит, у порции наночастиц с общей поверхностью  $100$  м<sup>2</sup> энтальпия отличается от энтальпии такого же по массе обычного образца  $\text{MnO}_2$  на  $205$  Дж.

3. При растворении  $2,288$  г наночастиц  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  в соляной кислоте выделилось на  $255$  Дж меньше теплоты, чем при растворении такой же массы твёрдого  $\text{Mn}_3\text{O}_4$ , не подвергавшегося измельчению. Поверхностная энергия  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  равна  $1,62$  Дж/м<sup>2</sup>. Рассчитайте радиус использованных наночастиц, считая их одинаковыми по размеру и сферическими.

4. Чему равен радиус наночастиц марганца, при сжигании которых на воздухе образуются наночастицы  $\text{MnO}_2$  радиусом  $7$  нм? Считайте, что число атомов марганца в наночастице не изменяется в ходе реакции.

*Полезная информация:*

Объём  $V$  шара и площадь  $S$  его поверхности связаны с радиусом  $r$ :

$$V = \frac{4}{3} \pi r^3 \quad S = 4\pi r^2$$

$$\rho(\text{Mn}_3\text{O}_4) = 4,84 \text{ г/см}^3, \rho(\text{MnO}_2) = 5,06 \text{ г/см}^3, \rho(\text{Mn}) = 7,81 \text{ г/см}^3.$$