



**Олимпиада школьников
Санкт-Петербургского университета**



**Общеобразовательный предмет «Химия»
Заключительный этап 2024-2025 уч. года**

8 класс

Задание № 1. «Минерал»

Вариант № 1

Составитель: Скрипкин М.Ю.

С образцом некоторого минерала был поставлен ряд однотипных опытов. Навеску вещества в фарфоровой лодочке помещали в кварцевую трубку, последнюю – в трубчатую печь и нагревали вещество при 500 °С в токе различных газов. Изменение массы навески в зависимости от состава используемого газа приведено в таблице ниже:

Газ	Ar	Воздух	HCl	HF	HCl + Cl ₂
Изменение массы, %	-37.0	-32.5	9.2	-65.2	-100

Определите состав исходного минерала. Напишите уравнения протекающих реакций.

Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Определение состава минерала	10
2	Уравнения реакций (5 реакций)	По 3 балла, итого 15 баллов
	Если участник предлагает вместо кобальта никель, балл уменьшается в 2 раза (кроме реакции кварца с фтороводородом)	
	ВСЕГО:	25

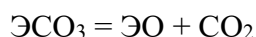
Рекомендации по решению:

Анализируя данные задачи, можно сделать следующие заключения:

- вещество термически неустойчиво,
- образующий его металл (а большинство минералов – производные металлов) может проявлять несколько степеней окисления,

- высший хлорид летуч

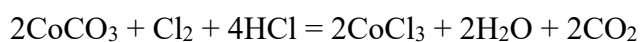
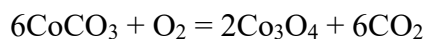
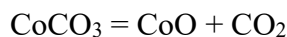
Неустойчивыми к нагреванию могут быть гидроксиды, основные соли, карбонаты, сульфиты, нитраты металлов. Разложение нитрата в присутствии кислорода с повышением степени окисления металла маловероятно. Сульфиты окисляются на воздухе – минералы не образуют. Скорее всего, речь идет либо о карбонате, либо о какой-то основной соли. Проверим первое предположение. Металл при этом должен быть двухвалентный (карбонаты трехвалентных металлов гидролизуются, а щелочных металлов – не разлагаются при нагревании):



По условию задачи на углекислый газ приходится 37% массы. Тогда молярная масса оксида ЭО составляет

$M = 44 \cdot 63 / 37 = 75$ г/моль. Металл – кобальт (никель не подходит – не образует летучего высшего хлорида)

Уравнения реакций:



Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

Проверил: Тимошкин А.Ю.

Задание № 2. «Загадочная смесь»

Вариант № 1

Составитель: Скрипкин М.Ю.

Смесь газообразных простых веществ, образованных элементами А и Б, с плотностью по неону 1.98 имеет бледно-желтый цвет. При ее взаимодействии со стехиометрическим количеством гидроксида бария образуется белое бинарное соединение В с массовой долей А 21.7%, а относительная плотность газовой смеси по неону падает до 1.97, причем окраска газовой смеси исчезает. Полученная газовая смесь способна окислять большинство простых и сложных веществ, при этом в большинстве случаев образуются соединения элементов в высших степенях окисления, а реакция сопровождается воспламенением и, порой, взрывом.

Определите вещества А – В и количественный состав исходной смеси в объемных долях. Напишите уравнения реакций взаимодействия простого вещества, образованного элементом А, с концентрированной серной и азотной кислотами, с нитратом серебра, с медью.

Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Определение элемента А	3
2	Определение вещества В	3
3	Определение элемента Б	4
4	Расчет состава исходной газовой смеси	5
5	Уравнения реакций	По 2 балла, всего 10 баллов
	ВСЕГО:	25 баллов

Рекомендации по решению:

1. Определим состав соединения, образующегося при взаимодействии простого вещества A_x с гидроксидом бария. Массовая доля бария в бинарном соединении BaA_n может быть выражена как:

$w(Ba) = 137,3 / (137,3 + nM) = 78,3$. При $n = 1$ $M = 19$ г/моль, что соответствует фтору

Реакция:



Определим второй компонент газовой смеси. Средняя молярная масса смеси до реакции составляла $1,98 \cdot 20 = 39,6$ г/моль, а после – 39,4 г/моль

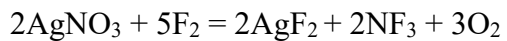
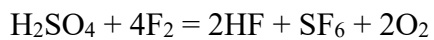
Тогда $38x + M(B) \cdot (1-x) = 39,6$

$$54x/2 + 20x/2 + M(\text{Б}) \cdot (1-x) = 39,4$$

$M(\text{Б}) = 40$ г/моль – аргон

Исходная смесь состояла из 20% фтора и 80% аргона по объему.

Уравнения реакций:



$\text{Cu} + \text{F}_2$ – реакция не идет (пассивация)

Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

Проверил: Тимошкин А.Ю.

Задание № 3. «Две соли»

Вариант № 1

Составитель: Скрипкин М.Ю.

При термическом разложении соли **А** при 350 °С получаются только газообразные продукты, при пропускании которых через избыток концентрированного раствора едкого натра объем газа уменьшается в 3 раза. При термическом разложении соли **Б**, содержащей тот же анион, образуется газовая смесь такого же качественного состава, что и при разложении соли **А**, но с иным соотношением компонентов. Газ, оставшийся после пропускания полученной смеси через раствор едкого натра, способен обесцвечивать подкисленный серной кислотой водный раствор перманганата калия, при этом объем газа остается неизменным. Если раствор едкого натра после поглощения продуктов разложения упарить, обработать концентрированной серной кислотой и пропустить газообразные продукты последней реакции через 0.02 М водный раствор гидроксида кальция, они будут взаимодействовать в соотношении 0.025 г соли **А** – 5,95 мл раствора $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Определите вещества **А** и **Б**, напишите уравнения упомянутых реакций. Составьте уравнения реакций взаимодействия веществ **А** и **Б** с едким натром, соляной кислотой, аммиаком.

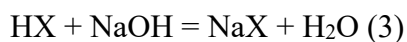
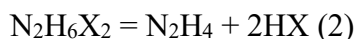
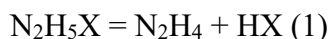
Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Определение вещества А	3 балла
2	Определение вещества Б	3 балла
3	Уравнения реакций 1-3, 6 – 8, 10, 12	По 1 баллу, всего 8 баллов
4	Реакция 4	5 баллов
5	Реакция 5, 9, 12	По 2 балла, всего 6 баллов
	ВСЕГО:	25 баллов

Рекомендации по решению:

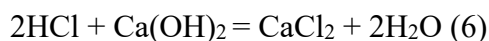
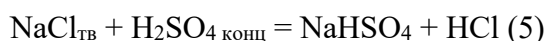
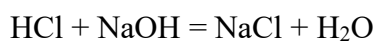
Уменьшение объема при пропускании через раствор щелочи указывает на наличие кислого газа (галогеноводород, углекислый газ, сернистый газ, сероводород). Соль может представлять собой соль аммония – однако аммиак не обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия. Кроме того, в условии указано, что газовая смесь того же качественного, но иного количественного состава может быть получена и разложением соли Б. Данному условию полностью соответствуют соли гидразиния, пары $\text{N}_2\text{H}_5\text{X}$ (Б) – $\text{N}_2\text{H}_6\text{X}_2$ (А). Они разлагаются на

гидразин и кислый газ, при этом в случае состава $N_2H_6X_2$ при пропускании продуктов разложения через раствор щелочи объем уменьшается в 3 раза:



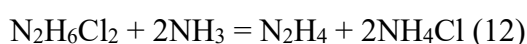
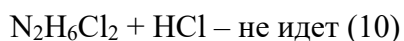
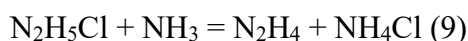
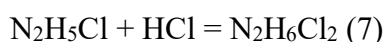
HX , скорее всего, галогеноводород. Тогда при обработке твердого галогенида натрия могут выделяться: фтороводород/хлороводород, бром + сернистый газ, иод + сероводород. Проверим варианты.

Пусть искомая соль – хлорид. Тогда будут протекать реакции:



При разложении 0,025 г соли А выделится $2,38 \cdot 10^{-4}$ моль хлороводорода, для поглощения которого потребуется 5,95 мл раствора гидроксида кальция, что соответствует условию задачи

Реакции:



Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

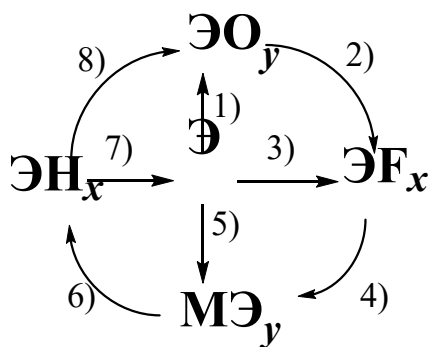
Проверил: Тимошкин А.Ю.

Задание № 4. «Определите элемент»

Вариант № 1

Составитель: Тимошкин А.Ю.

На схеме показаны превращения с участием простого вещества элемента Э. Каждой стрелке на схеме отвечает одна реакция (в которой, кроме указанных соединений, могут получаться и другие продукты). Идентифицируйте элемент Э, если его массовая доля в высшем фториде ЭF_x составляет 13.6%, напишите уравнения всех указанных на схеме реакций и укажите условия их проведения. Какие элементы могут выступать в качестве М? Ответ поясните. Укажите промышленный способ получения простого вещества элемента Э, напишите уравнение протекающей реакции.



Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Правильно определенный элемент Э (углерод) с проверкой % содержания	5
2	Правильно записанная и уравненная реакция с указанием агрегатного состояния и условий её проведения - 2 балла за реакцию (в сумме 16 баллов).	16
3	Неуравненная реакция – минус 0.5 балла, не указаны агрегатные состояния – минус 0.5 балла, не указаны условия – минус 0.5 балла.	-0.5 балла за каждый недочет
4	В качестве М – активные щелочноземельные металлы, образующие ацетилениды (Ca).	2
5	Указание, что Э (углерод) в промышленности получают пиролизом каменного угля или углеводородов с уравнением реакции	2
ВСЕГО:		25

Рекомендации по решению: нет.

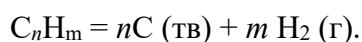
Ответ: Элемент Э – углерод. Ему отвечает высший фторид CF_4 .

(массовая доля углерода в CF_4 составляет 13.6%).

- 1) $C (тв) + O_2 (г) = CO_2 (г)$ (600-700 °C, горение на воздухе)
- 2) $CO_2 (г) + 2 F_2 (г) = 4 CF_4 (г) + O_2$ (при нагревании)
- 3) $C (тв) + 2 F_2 (г) = CF_4 (г)$ (900 °C)
- 4) $2CF_4 (г) + 5 Ca (тв) = CaC_2 (тв) + 4 CaF_2 (тв)$ (при нагревании)
- 5) $2C (тв) + Ca (тв) = CaC_2 (тв)$ (550 °C).
- 6) $CaC_2 (тв) + 2 HCl (разб) = C_2H_2 (г) + CaCl_2 (р-р)$
- 7) $C_2H_2 (г) = 2 C (тв) + H_2 (г)$ (при нагревании без доступа воздуха)
- 8) $C_2H_2 (г) + 2.5 O_2 (г) = 2CO_2 (г) + H_2O (г)$ (горение в избытке воздуха)

В качестве **М** выступают активные щелочноземельные металлы, образующие ацетилениды MC_2 (например, Ca).

Углерод в промышленности получают пиролизом каменного угля или углеводородов без доступа воздуха. В общем виде уравнение реакции:



Использован справочник Р.А.Лидин, В.А.Молочко, Л.Л.Андреева «Неорганическая химия в реакциях», 2-е изд., перераб. и доп. М.: «Дрофа», 2007. 637 с.

Возможность проверки средствами MOODLE: НЕТ

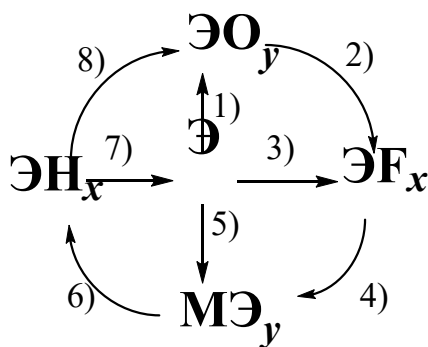
Проверил: Фамилия И.О.

Задание № 4. «Определите элемент»

Вариант № 2

Составитель: Тимошкин А.Ю.

На схеме показаны превращения с участием простого вещества элемента Э. Каждой стрелке на схеме отвечает одна реакция (в которой, кроме указанных соединений, могут получаться и другие продукты). Идентифицируйте элемент Э, если его массовая доля в высшем оксиде ЭO_y составляет 27.3%, напишите уравнения всех указанных на схеме реакций и укажите условия их проведения. Какие элементы могут выступать в качестве М? Ответ поясните. Укажите промышленный способ получения простого вещества элемента Э, напишите уравнения протекающих реакций.



Система оценивания:

№	Критерий	Балл
1	Правильно определенный элемент Э (углерод) с проверкой % содержания	5
2	Правильно записанная и уравненная реакция с указанием агрегатного состояния и условий её проведения - 2 балла за реакцию (в сумме 16 баллов).	16
3	Неуравненная реакция – минус 0.5 балла, не указаны агрегатные состояния – минус 0.5 балла, не указаны условия – минус 0.5 балла.	-0.5 балла за каждый недочет
4	В качестве М – активные щелочноземельные металлы, образующие ацетилениды (Ca).	2
5	Указание, что Э (углерод) в промышленности получают пиролизом каменного угля или углеводородов с уравнением реакции	2
ВСЕГО:		25

Рекомендации по решению: нет.

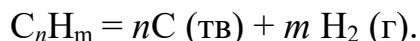
Ответ: Элемент Э – углерод. Ему отвечает высший оксид CO₂.

(массовая доля углерода в CO₂ составляет 27.3%).

- 1) C (тв) + O₂ (г) = CO₂ (г) (600-700 °С, горение на воздухе)
- 2) CO₂ (г) + 2 F₂ (г) = 4 CF₄ (г) + O₂ (при нагревании)
- 3) C (тв) + 2 F₂ (г) = CF₄ (г) (900 °С)
- 4) 2CF₄ (г) + 5 Ca (тв) = CaC₂ (тв) + 4 CaF₂ (тв) (при нагревании)
- 5) 2C (тв) + Ca (тв) = CaC₂ (тв) (550 °С).
- 6) CaC₂ (тв) + 2 HCl (разб) = C₂H₂ (г) + CaCl₂ (р-р)
- 7) C₂H₂ (г) = 2 C (тв) + H₂ (г) (при нагревании без доступа воздуха)
- 8) C₂H₂ (г) + 2.5 O₂ (г) = 2CO₂ (г) + H₂O (г) (горение в избытке воздуха)

В качестве **М** выступают активные щелочноземельные металлы, образующие ацетилениды MC₂ (например, Ca).

Углерод в промышленности получают пиролизом каменного угля или углеводородов без доступа воздуха. В общем виде уравнение реакции:



Использован справочник Р.А.Лидин, В.А.Молочко, Л.Л.Андреева
«Неорганическая химия в реакциях», 2-е изд., перераб. и доп. М.: «Дрофа», 2007.
637 с.