

**Задания заключительного этапа Олимпиады школьников
Санкт-Петербургского государственного университета
2023/2024 учебного года по химии**

8 КЛАСС

Задание 1. «Параллельная Вселенная»

Представьте себе, что параллельно с нашей существует некоторая другая Вселенная, населенная аналогами людей – гоминоидами. В этой параллельной Вселенной квантовые числа имеют следующие значения:

$$n = 1, 2, 3, \dots$$

$$l = 0, 1, 2, \dots n$$

$$m_l = -(l+1) \dots (l+1)$$

$$m_s = +1/2$$

Пользуясь символами химических элементов нашей Вселенной (т.е., считая, что элементы с одинаковым количеством электронов в нашей и параллельной Вселенных обозначаются одинаково):

- 1) постройте первые два периода периодической системы параллельного мира;
- 2) укажите, что пьют и чем умываются гоминоиды; лежат на чем они принимают солнечные ванны;
- 3) напишите уравнения реакций, соответствующих в нашем мире горению основного компонента природного газа в веществе, *порождающем кислоты*, и поглощению продуктов гидроксидом *каменного элемента*.

Решение

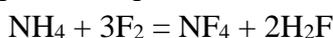
Нетрудно увидеть, что в параллельной Вселенной в первом периоде будет 3 элемента, во втором – 8 элементов, в третьем – 15 элементов.

Построим соответствующий фрагмент периодической таблицы

H				He				Li							
Be		B		C		N		O		F		Ne		Na	
Mg	Al	Si	P	S	Cl	Ar	K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	

Тогда аналогом воды будет соединение водорода со вторым с конца элементом второго периода (важно, что этому элементу должно не хватать двух электронов до заполнения электронного слоя) – H_2F , аналогом песка – соединение четвертого с начала элемента третьего периода (PF_2). Основной компонент природного газа – метан – будет заменен на NF_4 , гидроксид лития (каменного элемента) – на $BeFH$.

Уравнения реакций:



Система оценивания:

Построение двух периодов альтернативной периодической системы – 11 баллов

Определение аналогов воды и диоксида кремния – по 2 балла

Знание основного компонента природного газа и гидроксида каменного элемента в земных условиях – по 2 балла

Составление уравнений реакций в параллельной Вселенной – по 3 балла

Задание 2. «Масс-спектрометрия»

Одним из важнейших методов исследования качественного и количественного состава газовой фазы является масс-спектрометрия – метод, в котором регистрируются заряженные частицы, образующиеся в ходе эксперимента. В масс-спектре воздуха обнаружены пики различной интенсивности при перечисленных ниже значениях m/e (m – масса в атомных единицах массы, e – заряд частицы в единицах заряда электрона). Давление воздуха в масс-спектрометре составляло $5 \cdot 10^{-5}$ мм рт. ст. Основные пики представлены ниже в таблице

m/e	14	16	17	18	20	28
Интенсивность	0.069	0.019	0.001	0.006	0.004	1.000
m/e	29	32	34	40	44	
Интенсивность	0.007	0.240	0.001	0.013	0.002	

А) Каким частицам можно приписать каждый из указанных пиков?

Б) как должны измениться относительные интенсивности пиков при анализе воздуха из промышленно развитых районов?

Решение

Нетрудно догадаться, что наиболее интенсивный пик должен соответствовать основному компоненту воздуха – азоту, точнее, его однократно ионизированному молекулярному иону. Тогда к молекулярному кислороду можно отнести пик при $m/e = 32$, к углекислому газу – 44, к неону – 20, к водяному пару – 18.

m/e	14	16	17	18	20	28
Отнесение	0.069	0.019	0.001	H_2O^+	Ne^+	N_2^+
m/e	29	32	34	40	44	
Отнесение	0.007	O_2^+	0.001	Ar^+	CO_2^+	

При ионизации воздуха возможно образование не только однозарядных, но и двухзарядных молекулярных ионов. Это позволяет отнести пики при $m/e = 14$ и 16 к N_2^{2+} и O_2^{2+} , соответственно. Возможна и диссоциация исходной молекулы, например, распад молекулы воды на H и OH (для последнего $m/e = 17$).

m/e	14	16	17	18	20	28
Отнесение	N_2^{2+}	O_2^{2+}	OH^+	H_2O^+	Ne^+	N_2^+
m/e	29	32	34	40	44	
Отнесение	0.007	O_2^+	0.001	Ar^+	CO_2^+	

Наконец, возможно образование различных изотопологов. Так, пик при $m/e = 29$ можно отнести к $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$, а при 34 – к $^{16}\text{O}^{18}\text{O}$.

В промышленно развитых районах в воздухе должно быть повышено содержание углекислого газа (возрастет интенсивность пика с $m/e = 44$), а также появится пик, соответствующий диоксиду азота ($m/e = 46$).

Система оценивания:

Отнесение первых 6 пиков – по 1,5 балла за каждый, всего 9 баллов

Учет двоекратно ионизированных частиц и изотопологов – по 2,5 балла за каждый, всего 12,5 баллов

Указание на изменение состава воздуха в промышленно развитых районах – 3,5 балла

Задание 3

Предложите последовательность превращений, сопровождающихся следующими изменениями окраски: красный(I) – желтый(I) – серо-зеленый – травянисто-зеленый – оранжевый – синий – фиолетовый – голубой – желтый(II) – красный(II). Все окрашенные вещества содержат один и тот же элемент. Превращения осуществляются в одну стадию. Запишите уравнения соответствующих реакций. Для последнего соединения приведите структурную формулу.

Решение:

Один из возможных ответов: $\text{CrO}_3 - \text{K}_2\text{CrO}_4 - [\text{Cr}(\text{H}_2\text{O})_5\text{Cl}]\text{Cl}_2 - \text{K}[\text{Cr}(\text{OH})_4] - \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 - \text{CrO}_5 - \text{Cr}_2(\text{SO}_4)_3 - \text{CrSO}_4 - \text{Cr}(\text{OH})_2 - \text{Cr}_2(\text{Ac})_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Разбалловка: за каждое уравнение реакции по 2,5 балла (в случае неверных коэффициентов – 1,5 балла). Структурная формула конечного вещества – 2,5 балла

Задание 4. «Гость из космоса»

Бинарное соединение **X** золотистого цвета образует минерал, встречающийся преимущественно в метеоритах. Вещество **X** обладает большой твердостью и используется для нанесения покрытий на различные металлические изделия. Массовое отношение элементов в **X** составляет 3.49. **X** можно получить взаимодействием жидкости **Y**, дымящейся на воздухе и газа **A**, хорошо растворимого в воде. При реакции **A** с газообразным хлороводородом образуется кристаллический продукт с массовой долей хлора 66.4%. Жидкость **Y** также реагирует с хлороводородом, образуя темно-синее вещество с массовой долей хлора 82.0%.

1. Определите формулу вещества **X**.
2. Запишите реакцию образования **X** из **A** и **B**.
3. Почему данный минерал образуется в условиях космоса? Что мешает ему формироваться на Земле?

Решение

1. TiN – **7 баллов**
2. $\text{TiCl}_4 + \text{NH}_3 = \text{TiN} + \text{HCl} + \text{Cl}_2$ - **10 баллов**
3. Наличие кислорода – **8 баллов**

Итого 25 баллов