

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ СПбГУ ПО ХИМИИ.
ЗАДАНИЯ ОТБОРОЧНОГО ЭТАПА**

8 класс

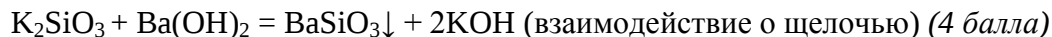
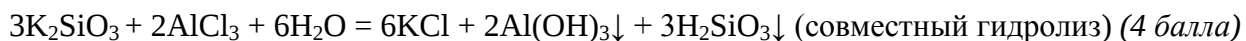
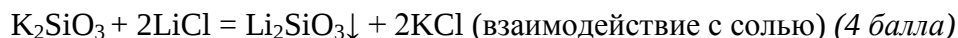
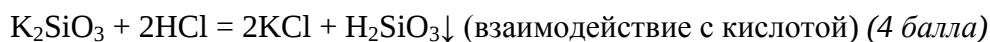
Задача 1. 25 баллов

Предложите формулу соединения, состоящего минимум из трех элементов, названия которых начинаются на одну и ту же букв *русского* алфавита, но их символы при этом, начинаются на различные буквы *латинского* алфавита. Напишите 5 реакций разного типа с участием этого соединения.

Решение.

Наиболее известными в 8 классе соединениями, состоящими минимум из трех атомов, являются соли хлорсодержащих кислот. Сами кислоты и основания не подходят под условия задачи, поскольку водород и кислород начинаются на разные буквы. Таким образом нужно найти два элемента (металл и неметалл) начинающиеся на букву «К». Наиболее простым вариантом представляются кремний и калий (кальций) а само соединение - силикат калия K_2SiO_3 или кальция $CaSiO_3$. (5 баллов) Естественно, возможны и другие варианты решения.

Возможные реакции разного типа с участием первого соединения:



Задача 2. 25 баллов

Вариант 1. На планете Кассиопея инопланетяне научились управлять электронами и получать химические соединения, используя максимальное для данного элемента число электронов. При этом степень окисления другого элемента может остаться привычной для нас. Например, на планете Кассиопея возможно получение соединения натрия с хлором состава $NaCl_{11}$, или для железа с кислородом состава FeO_{13} .

Известно, что число атомов галогена, которые могут присоединить элементы X и Y отличается на 4. Если для элемента X галоген заменить кислородом, то число присоединенных атомов галогена для Y и кислорода для X будет отличаться на 6.

О каких элементах идет речь? Могут ли эти элементы взаимодействовать между собой на планете Земля? Если могут, то напишите уравнение этой химической реакции

Решение.

Число электронов равно порядковому номеру элемента. Следовательно, в первом случае разность атомов галогена совпадает с разностью порядковых номеров X и Y. Во втором условии число атомов галогена в два раза больше числа атомов кислорода. Отсюда можно составить 2 уравнения:

$$x - y = 4 \text{ (5 баллов)}$$

$$y - x/2 = 6 \text{ (5 баллов)}$$

(обратного быть не может, т.к. разность увеличилась, а не уменьшилась).

Решая систему, находим $x = 20$, $y = 16$. Это кальций (5 баллов) и сера (5 баллов).

Взаимодействуя между собой, они образуют сульфид кальция:



Вариант 2. На планете Кассиопея инопланетяне научились управлять электронами и получать химические соединения, используя максимальное для данного элемента число электронов. При этом степень окисления другого элемента может остаться привычной для нас. Например, на планете Кассиопея возможно получение соединения натрия с хлором состава NaCl_{11} , или для железа с кислородом состава FeO_{13} .

Известно, что число атомов галогена, которые могут присоединить элементы X и Y на планете Кассиопея отличается на 2. Если для элемента X галоген заменить кислородом, то число присоединенных атомов галогена для Y и кислорода для X будет отличаться на 5.

О каких элементах идет речь? Могут ли эти элементы взаимодействовать между собой на планете Земля?

Ответ: Mg и Si.

Вариант 3. На планете Кассиопея инопланетяне научились управлять электронами и получать химические соединения, используя максимальное для данного элемента число электронов. При этом степень окисления другого элемента может остаться привычной для нас. Например, на планете Кассиопея возможно получение соединения натрия с хлором состава NaCl_{11} , или для железа с кислородом состава FeO_{13}

Известно, что число атомов галогена, которые могут присоединить элементы X и Y на планете Кассиопея отличается на 13. Если для элемента X галоген заменить кислородом, а для Y азотом, то число присоединенных атомов кислорода и азота будет отличаться на 10. О каких элементах идет речь? Могут ли эти элементы взаимодействовать между собой на планете Земля?

Ответ: Sc и Se.

Задача 3. 25 баллов

Вариант 1. Бесцветные газы **A** и **B** (плотности по водороду 8.5 и 63.95 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде реагируют с образованием твердого белого соединения **C** в качестве единственного продукта реакции. При кипячении **C** со щёлочью выделяется газ **A**.

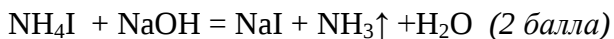
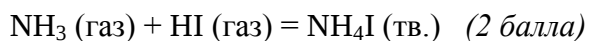
Определите соединения **A**, **B**, **C**, напишите уравнения всех протекающих реакций. В какой цвет окрашивает лакмус водный раствор соединения **B**? Какого типа связь реализуется в соединении **C**?

Решение.

Плотность по водороду равна отношению молярных масс вещества и водорода. (2 балла). Исходя из значений плотности по водороду, найдём молярные массы соединений **A** и **B**, это $8.5 \cdot 2 = 17$ (1 балл) и $63.95 \cdot 2 = 127.9$ (1 балл). Тогда **A** – аммиак (2 балла), **B** – иодоводород (2 балла).

При реакции между ними образуется твердый иодид аммония, **C** – это NH_4I (2 балла).

Уравнения реакций:



Соединение **В** окрашивает лакмус в красный цвет (2 балла), поскольку HI – сильная кислота (1 балл), в растворе диссоциирует нацело (1 балл).

Соединение **С** имеет ионную кристаллическую решётку (2 балла), катион аммония NH_4^+ (1 балл) и иодид-анион I^- (1 балл), связь ионная (3 балла).

Ответ: **А** – аммиак NH_3 , **В** – иодоводород HI , **С** – NH_4I .

Вариант 2. Бесцветные газы **А** и **В** (плотности по метану 1.063 и 5.056 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде реагируют с образованием твердого белого соединения **С** в качестве единственного продукта реакции. При кипячении **С** со щёлочью выделяется газ **А**.

Определите соединения **А**, **В**, **С**, напишите уравнения всех протекающих реакций. В какой цвет окрашивает лакмус водный раствор соединения **В**? Какого типа связь реализуется в соединении **С**?

Ответ: **А** – аммиак NH_3 , **В** – бромоводород HBr , **С** – NH_4Br .

Вариант 3. Бесцветные газы **А** и **В** (плотности по азоту 0.607 и 1.304 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде реагируют с образованием твердого белого соединения **С** в качестве единственного продукта реакции. При кипячении **С** со щёлочью выделяется газ **А**.

Определите соединения **А**, **В**, **С**, напишите уравнения всех протекающих реакций. В какой цвет окрашивает лакмус водный раствор соединения **В**? Какого типа связь реализуется в соединении **С**?

Ответ: **А** – аммиак NH_3 , **В** – хлороводород HCl , **С** – NH_4Cl .

Вариант 4. Бесцветные газы **А** и **В** (плотности по гелию 4.25 и 5.0 соответственно) при комнатной температуре в закрытом стеклянном сосуде реагируют с образованием твердого белого соединения **С** в качестве единственного продукта реакции. При кипячении **С** со щёлочью выделяется газ **А**.

Определите соединения **A**, **B**, **C**, напишите уравнения всех протекающих реакций. В какой цвет окрашивает лакмус водный раствор соединения **B**? Какого типа связь реализуется в соединении **C**?

Ответ: **A** – аммиак NH_3 , **B** – фтороводород HF , **C** – NH_4F .

Задача 4. 25 баллов

Водный раствор №1 содержит серную и соляную кислоту в неизвестных концентрациях.

Водный раствор №2 содержит сульфид натрия и гидроксид бария в неизвестных концентрациях.

При смешении 100 мл раствора №1 и 100 мл раствора №2 происходит их полная взаимная нейтрализация, при этом выделяется 89,6 мл (н.у.) газа и выпадает осадок, масса которого в сухом виде составляет 467 мг.

Если же к 100 мл раствора №1 добавить 200 мл раствора №2, масса сухого осадка увеличится до 700 мг.

Определите молярные концентрации всех реагентов в исходных растворах.

Решение.

Очевидно, что осадок в данной системе представляет собой BaSO_4 (1 балл), а выделяющийся газ – H_2S (1 балл). Возможные реакции:



По условию при смешении равных объёмов растворов происходит полная взаимная нейтрализация. Следовательно, исходя из стехиометрии реакций, между количествами реагентов имеет место соотношение

$$n(\text{H}_2\text{SO}_4) + 0.5 \cdot n(\text{HCl}) = n(\text{Na}_2\text{S}) + n(\text{Ba}(\text{OH})_2) \quad (2 \text{ балла})$$

Количество выделившегося H_2S равняется $89,6/22,4 = 4$ ммоль. (1 балл) Это количество однозначно определяется исходным количеством Na_2S .

Количество выделившегося BaSO_4 равняется $467/233.4 = 2$ ммоль. (1 балл) Это количество может соответствовать как Ba(OH)_2 , так и H_2SO_4 – в зависимости от того, какой из реагентов находится в недостатке.

Из второго эксперимента известно, что при увеличении количества смеси $\text{Na}_2\text{S} + \text{Ba(OH)}_2$ в 2 раза масса выделившегося BaSO_4 получается 700 мг, что соответствует 3 ммоль. (2 балла) Но если бы в первом эксперименте H_2SO_4 была в недостатке по отношению к Ba(OH)_2 , то количество осадка во втором эксперименте бы не поменялось. Следовательно, H_2SO_4 в первом опыте была в избытке и количество 2 ммоль соответствует Ba(OH)_2 . (2 балла)

Если бы H_2SO_4 оставалась в избытке и во втором опыте, то количество осадка возросло бы пропорционально количеству Ba(OH)_2 – до 4 ммоль. (2 балла) Однако по условию оно возросло лишь до 3 ммоль. Следовательно, во втором опыте H_2SO_4 находится в недостатке и её количество равняется 3 ммоль. (2 балла)

Суммарное количество Na_2S и Ba(OH)_2 в первом опыте составляет 6 ммоль. Из них 3 ммоль реагирует с H_2SO_4 . На нейтрализацию оставшихся 3 ммоль потребуется 6 ммоль HCl . Делим на объём 0.1 л и получаем молярные концентрации веществ в исходных растворах:

$$C(\text{H}_2\text{SO}_4) = 0.03 \text{ М (1 балл)}$$

$$C(\text{HCl}) = 0.06 \text{ М (1 балл)}$$

$$C(\text{Na}_2\text{S}) = 0.04 \text{ М (1 балл)}$$

$$C(\text{Ba(OH)}_2) = 0.02 \text{ М (1 балл)}$$