

9 класс

Задача №1. «Непростой минерал». 15 баллов

Для определения состава некоторого минерала были проведены следующие опыты.

- 1) Навеску минерала поместили в пробирку и нагрели. При этом на стенках пробирки появились капли жидкости;
- 2) навеску минерала массой 3,00 г растворили в воде и добавили избыток 10% раствора едкого кали. Выпало 0,70 г белого осадка, растворимого в кислотах, но нерастворимого в щелочах.
- 3) навеску минерала массой 1,00 г растворили в воде и добавили избыток раствора перхлората бария. Выпало 0,99 г белого мелкокристаллического осадка, нерастворимого в кислотах и щелочах.
- 4) навеску минерала массой 1,50 г растворили в воде и добавили избыток раствора перхлората серебра. Выпало 0,87 г белого творожистого осадка, нерастворимого в азотной кислоте.
- 5) навеску минерала массой 2,00 г прокалили при 500 °С. При этом масса навески уменьшилась до 1,57 г.

Определите состав минерала, ответ подтвердите расчетами. Напишите уравнения описанных реакций.

Решение.

Жидкость, появившаяся в первом опыте, вероятно, вода. По-видимому, вещество является кристаллогидратом. Из результатов прокаливания видно, что вода составляет 21,7% минерала по массе.

Нерастворимый в щелочи белый осадок, вероятно, гидроксид магния. Следовательно, исходный минерал содержит магний, притом его содержание составляет по массе 9,7%.

Осадок, выпадающий при действии перхлората бария – сульфат бария. Сульфат-ион составляет 38,6% от массы минерала.

Осадок, выпадающий при действии перхлората серебра – хлорид серебра. Хлорид-ион составляет 14,3% от массы минерала.

Пусть в состав одной формульной единицы минерала входит один ион магния. Тогда количество сульфат-иона составит $24 \cdot 38,6 / (9,7 \cdot 96) = 1$, количество хлорид-иона – $24 \cdot 14,3 / (9,7 \cdot 35,5) = 1$, количество воды – $24 \cdot 21,7 / (9,7 \cdot 18) = 3$.

Очевидно, что в состав минерала входит еще один однозарядный катион. Его масса составит 15,7% от массы минерала. Тогда $M = 24 \cdot 15,7 / 9,7 = 39$ г/моль – калий

Состав минерала $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

Задача №2. «Забытые названия». 15 баллов

Многие элементы до тех пор, пока их названия окончательно утвердились, имели другие названия. Некоторые были названы еще до того, как были на самом деле открыты, а те, кто открыл их дали элементам другие названия. Постарайтесь заполнить приведенную ниже таблицу.

Текущее название	Год открытия	Происхождение текущего названия	Устаревшее название	Значение устаревшего названия
	1728	Из названия минерала (драгоценного камня)	Глициний	
	1808		Тяжелец	Тяжелый
	Открыт в 1939 Назван в 1946	Название страны	Молдавий, Русий Алкалиний	
	1868		Астерий	
	1804	Запах	Птен	Крылатый
Гафний	1914			Племя Кельтов
	1801		Колумбий	В честь Колумба
	1808		Горькоземий	
	1779		Свободный флогистон, Горючий пар	-
	1783	Волчья слюна	Волчек Шеелий	

Решение

Текущее название	Год открытия	Происхождение текущего названия	Устаревшее название	Значение устаревшего названия
Бериллий	1728	Из названия	Глициний	Сладкий

		минерала (драгоценного камня)		
Барий	1808	Тяжелый	Тяжелец	Тяжелый
Франций	Открыт в 1939 Назван в 1946	Название страны	Молдавией, Русий Алкалиний	В честь Молдавии и России; Щелочной
Гелий	1868	Солнце	Астерий	Звездный
Осмий	1804	Запах	Птен	Крылатый
Гафний	1914	Копенгаген	Кельтий	Племя Кельтов
Ниобий	1801	Ниоба – дочь Гантала	Колумбий	В честь Колумба
Магний	1808	Белая магнезия – минерал, названный в честь города Магниссия	Горькоземий	Из-за вкуса соли
Водород	1779	Рождающий воду	Свободный флогистон, Горючий пар	-
Вольфрам	1783	Волчья слюна	Волчец Шеелий	Дословный перевод вольфрам В честь Шееле

Задача №3. «Между двух стульев», 25 баллов

Элементы А, В, С находятся в одной группе ПС, а Х и Y – в другой. Каждый из этих элементов, взятых попарно могут образовать между собой бинарные соединения, за исключением элементов В и С, а Х и Y образуют между собой три бинарных соединения с массовыми долями Y 65.1%, 38.3% и 27.2%. Разность атомных масс С и В немного меньше 100. Соединения, в котором содержатся три элемента, возможны только при наличии в нем элемента А, и их качественный состав АВХ, АСХ и АСУ. Соединение состава АВУ не устойчиво и не может быть выделено в чистом виде.

Установите зашифрованные элементы и напишите формулы упомянутых в задаче соединений. Ответ подтвердите расчетами.

Объясните причину существования тройных соединений. Почему тройные соединения с X устойчивей, чем с Y? Как можно стабилизировать тройное соединение со следующим после Y в группе элементом? (Следующий после C элемент брать нельзя)

Решение

A = H, B = K, C = Cs, X = F, Y = Cl. ABX = KNHF₂, ACX = CsHF₂, ACY = CsHCl₂. Причина образования – водородная связь, которая для фтора гораздо более стабильна. Соединение с хлором стабилизирует больший размер катиона цезия. Тройное соединение с бромом можно стабилизировать взяв больший по размеру катион, чем цезий. Т.к. Франций нельзя по условию задачи, то можно взять триметиламмоний.

Задача №4. «Порошок для наследников», 25 баллов

С тремя оксидами A, B и C, образованными элементами одной группы Периодической системы, провели однотипные эксперименты. В открытую колбу, содержащую соляную кислоту, насыпали гранулы цинка (реакция 1). Через некоторое время в колбу добавляли навеску оксида массой 1,00 г и колбу закрывали (реакции 2-5). После того, как весь оксид прореагировал, образовавшуюся газовую смесь (плотность смеси приведена в таблице) помещали в нагретую до 300 °С стеклянную трубку диаметром 1 см и длиной 10 см. В случае оксидов A и B на поверхности трубки образовывались металлические зеркала (реакции 6 и 7), в случае оксида C видимых изменений не наблюдалось. Образовавшиеся металлические зеркала обрабатывали аммиачным раствором пероксида водорода. В эксперименте с оксидом A зеркало растворялось, в отличие от зеркала, образовавшегося в эксперименте с оксидом B (реакция 8).

Некоторые данные экспериментов, проведенных с оксидами, приведены в таблице:

Оксид	Плотность образующийся газовой смеси (25 ⁰ С, 1 атм) г/л	Изменение массы стеклянной трубки, мг
A	0,366	674,1
B	0,188	730,8
C	0,304	0

- 1) Напишите уравнения описанных реакций 1-8.
- 2) Оксиды каких элементов удовлетворяют условию задачи? Приведите формулы этих оксидов. Обратите внимание, что в отличие от A и C оксид B имеет ионное строение. Определите степень окисления элементов в этом соединении. Изобразите истинную структурную формулу оксида C.

3) Известно, что реакции 6 и 7 не протекают количественно. Определите константы равновесия K_C этих реакций.

4) Газовая смесь, образовавшаяся из оксида С, содержит три газа, причем объемные доли двух из них, являющихся представителями гомологического ряда водородных соединений, составляют 0,15 и 0,01, соответственно. Эта газовая смесь вспыхивает на воздухе (реакции 9-11). Напишите уравнения этих реакций.

5) Описанный процесс с участием оксида А был разработан английским химиком в 1836 г. Какое название получил это процесс и для чего он был разработан?

Ответ

А – As_2O_3

В – Sb_2O_4 ($SbSbO_4$)

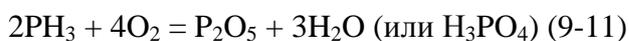
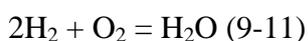
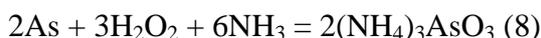
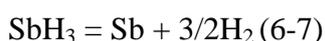
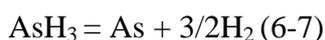
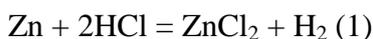
С - P_2O_5

состав смесей и K_C : 10,1 ммоль AsH_3 и 100 ммоль H_2 , $K_C = 11,64$

6,5 ммоль SbH_3 и 100 ммоль H_2 , $K_C = 1172,9$

6,6 ммоль PH_3 , 0,44 ммоль P_2H_4 и 36,96 ммоль H_2

Реакции



Реакция с As_2O_3 – проба Марша, использовалась для определения отравлением мышьяком

Задача №5. «Гесс против Ле-Шателье» 20 баллов.

Одним из методов определения констант равновесия химических процессов является калориметрический. С его помощью можно, например, определить константу равновесия процесса изомеризации бутана. В соответствующем эксперименте в вакуумированный стальной сосуд объемом 3,0 л поместили 2 г катализатора – оксида алюминия, наполнили сосуд бутаном при 25 °С (давление 2 атм), закрыли сосуд и нагрели его до 400 °С. Далее

через некоторые промежутки времени к сосуду подсоединяли предварительно нагретую до той же температуры вакуумированную газовую пипетку объемом 200 мл, отбирали пробу реакционной смеси и определяли теплоту ее сгорания. Значения теплот сгорания, приведенные к одним и тем же условиям, в зависимости от времени выдержки при 400 °С приведены ниже в таблице.

t, ч	0	0,5	1	2	3
Q, кДж	43,93	42,63	41,34	38,75	36,17

1. Определите константу равновесия процесса изомеризации бутана при указанных условиях. Удельные теплоты сгорания бутана и изобутана примите равными 49,52 и 49,46 кДж/г, соответственно.
2. Как изменится константа равновесия: а) при увеличении количества вещества оксида алюминия в 2 раза; б) при повышении начального давления до 3 атм; в) при увеличении объема реакционного сосуда в 2 раза.

Решение

Определим количество вещества в отбираемых порциях газа

$$1. t = 0. n = pV/RT = 3 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 101325 / (8,31 \cdot 298,15) = 0,245 \text{ моль}$$

В первой пробе содержалось

$$n_1 = 0,245 \cdot 200 / 3200 = 0,0153 \text{ моль}$$

$$n_2 = (0,245 - 0,0153) \cdot 200 / 3200 = 0,0144 \text{ моль}$$

$$n_3 = (0,245 - 0,0153 - 0,0144) \cdot 200 / 3200 = 0,0135 \text{ моль}$$

$$n_4 = (0,245 - 0,0153 - 0,0144 - 0,0135) \cdot 200 / 3200 = 0,0126 \text{ моль}$$

$$n_5 = (0,245 - 0,0153 - 0,0144 - 0,0135 - 0,0126) \cdot 200 / 3200 = 0,0117 \text{ моль}$$

Приведем теплоты сгорания к 1 моль газа

$$Q_1 = 2872,2 \text{ кДж}$$

$$Q_2 = 2871,3 \text{ кДж}$$

$$Q_3 = 2870,4 \text{ кДж}$$

$$Q_4 = 2869,7 \text{ кДж}$$

$$Q_5 = 2869,8 \text{ кДж}$$

Примем теплоту сгорания смеси равной 2869,8 кДж

Для определения мольных долей бутана и изобутана составим уравнение:

$$x \cdot 49,52 + (1-x) \cdot 49,46 = 2869,8 / 58 = 49,48$$

$$x = 1/3$$

$$K = (1-x)/x = 2$$

От перечисленных факторов значение константы равновесия зависеть не будет.