

2018-19 химия 3 этап 7-8

Задача 1

Какое основание сильнее – а) CuOH или $\text{Cu}(\text{OH})_2$? б) $\text{Ca}(\text{OH})_2$ или $\text{Ba}(\text{OH})_2$? Объясните свою точку зрения.

Решение:

А) Сильнее CuOH (1 б.). Чем больше заряд катиона, тем сильнее он притягивает гидроксид-ионы (по закону Кулона). Значит, тем хуже они отщепляются (основание слабее). (1 б.)

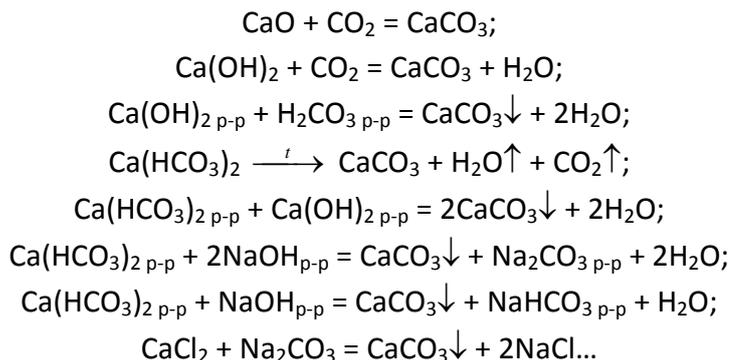
Б) Сильнее $\text{Ba}(\text{OH})_2$ (1 б.). Чем больше радиус катиона, тем слабее он притягивает гидроксид-ионы (опять же по закону Кулона). Значит, тем лучше они отщепляются (основание сильнее) (1 б.)

Итого 4 б.

Задача 2.

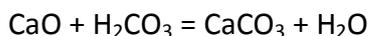
Приведите не менее 5 способов получения карбоната кальция. Напишите уравнения реакций. Укажите условия, если они отличаются от обычных. Если реакция протекает в растворе, отметьте это.

Решение:



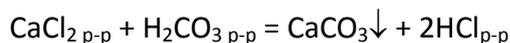
(5 реакций по 1 б.)

Реакции типа:



смысла не имеют, т.к. H_2CO_3 существует только в растворе, а CaO при попадании в воду сразу превращается в $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Реакции типа:



категорически неверны, т.к. слабая разбавленная кислота не может вытеснить из соли сильную. На самом деле идет обратная реакция.

Итого 5 б.

Задача 3.

По данным электронографического эксперимента межъядерные расстояния в молекуле AX_3 оказались равны: $r(\text{A-X}) = 0,137$ нм, $r(\text{X-X}) = 0,213$ нм. Определите, какую геометрическую фигуру образуют ядра атомов в этой молекуле. Приведите пример молекулы, имеющей такую форму.

Решение:

Найдем валентный угол по теореме косинусов.

$$r(X-X)^2 = r(A-X)^2 + r(A-X)^2 - 2r(A-X) \cdot r(A-X) \cdot \cos(\text{XAX}) = 2r(A-X)^2 \cdot (1 - \cos(\text{XAX})).$$

Отсюда

$$\cos(\text{XAX}) = 1 - r(X-X)^2 / 2r(A-X)^2 = 1 - 0,213^2 / 2 \cdot 0,137^2 = -0,21,$$

угол равен 102° . (2 б.)

Это меньше центрального угла равностороннего треугольника (120°). Следовательно, молекула неплоская и представляет собой треугольную пирамиду (1 б.) с атомом А в вершине и атомами Х в основании. (1 б.)

Примеры – NH_3 , NF_3 (это именно он), NCl_3 ... (1 б.)

Итого 5 б.

Задача 4.

Посмотрите фильм по адресу: <https://www.youtube.com/watch?v=MHrlwBVdhO8>

1) В 100 мл воды осторожно растворили m г натрия. Образовался прозрачный раствор, не утративший прозрачности после охлаждения.

Определите объем V_1 выделившегося газа в литрах (н.у.).

Каковы допустимые значения m в этой задаче? Растворимость NaOH при н.у. 42 г / 100 г воды.

2) К полученному раствору добавили n г алюминия. Определите объем V_2 выделившегося газа в литрах (н.у.).

Решение:

1) Запишем уравнение реакции:



Из 1 моля натрия (23 г) образуется 0,5 моля водорода (11,2 л). Тогда из m г натрия образуется

$$V_1 = 11,2m/23 = \mathbf{0,49m} \text{ л водорода. (1 б.)}$$

Для того, чтобы натрий прореагировал полностью, необходимо, чтобы он прежде всего был в недостатке. Т.е. его количество $m/23$ моль не должно превышать количество воды 100/18 моль. Таким образом,

$$m \leq 100 \cdot 23 / 18 = 128 \text{ г.}$$

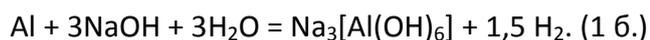
Однако это условие недостаточно, ведь образующийся гидроксид натрия должен полностью раствориться. Количество образующегося гидроксида натрия $m/23$ моль, его масса $40m/23 = 1,74m$ г. В реакции расходуется $m/23$ моль воды, т.е. $18m/23 = 0,78m$ г, остается $100 - 0,87m$ г воды. Если в 100 г воды растворяется 42 г NaOH , то в $100 - 0,87m$ г должно раствориться $1,74m$ г. Составим пропорцию:

$$\begin{array}{cc} 100 & 42 \\ 100 - 0,87m & 1,74m \\ 42(100 - 0,87m) = 100 \cdot 1,74m, \end{array}$$

отсюда граничное значение $m = \mathbf{30,55}$ г. (2 б.)

Если растворимость не учтена, но область значений $m \leq 128$ г получена – ставится 1 б.

2) Уравнение реакции алюминия с раствором гидроксида натрия:



На 1 моль алюминия (27 г) выделяется 1,5 моль (33,6 л) водорода. Тогда из n г алюминия получится

$$V_2 = 33,6n/27 = 1,24n \text{ л водорода. (1 б.) Итого 6 б.}$$

Задача 5.

Бордово-красное твердое вещество X, закристаллизовавшееся при охлаждении розового раствора, прокалили на воздухе. Получилось голубое твердое вещество Y, содержащее 54,6% хлора. Если не запаять Y в ампулу или хотя бы не накрыть стаканом, это вещество постепенно розовеет, и содержание хлора в нем уменьшается.



Слева – X, справа – Y

Определите X и Y. Запишите уравнение реакции, протекающей при прокаливании.

Объясните, почему с веществом Y происходят описанные изменения, если оно находится не в закрытой посуде.

Рассчитайте содержание хлора в веществе X.

Решение:

Розовые растворы характерны для солей кобальта (а также самария, неодима... но эти варианты имеет смысл рассматривать, когда исключены очевидные). Проверим. Если голубое вещество Y – хлорид какого-то элемента Э, то можно рассчитать молярную массу элемента в зависимости от его валентности n :

$$\omega(\text{Cl}) = 0,546 = 35,5n/(\text{Э}+35,5n),$$

отсюда

$$\text{Э} = 29,5n.$$

Состав Y	Э
ЭCl	29,5 нет соответствий
ЭCl ₂	59 Co или Ni, по цвету подходит кобальт
ЭCl ₃	88,5 Y (хотя у иттрия молярная масса скорее 89) – по цвету не подходит
ЭCl ₄	118 Sn (хотя у олова молярная масса скорее 119) – не подходит, хлорид олова (IV) жидкий
ЭCl ₅	147,5 нет соответствий
ЭCl ₆	177 нет соответствий
ЭCl ₇	248,5 нет соответствий

Таким образом, несмотря на несколько найденных соответствий, подходит только кобальт. Вещество Y – CoCl₂. (2 б.)

Из водных растворов солей кобальта кристаллизуются кристаллогидраты. Для хлорида кристаллогидрат, содержащий максимальное количество воды – это $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$. Таков состав вещества X. (1 б.)

Уравнение реакции при прокаливании:



На открытом воздухе безводный хлорид кобальта розовеет, т.к. поглощает влагу и частично гидратируется (разумеется, не сразу в $\text{CoCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$, а через гидраты промежуточного состава сиреневый $\text{CoCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ и розовый $\text{CoCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$). Разумеется, при этом процент хлора в веществе понижается. (1 б.)

Итого 5 б.

За весь комплект – 25 баллов.