

Задача 1.

10 баллов

Смесь азота и водорода объемом 15 мл (н.у.), имеющую плотность 0,264 г/л (при н.у.), нагрели в сосуде над платиновым катализатором. После установления равновесия объем газовой смеси в пересчете на нормальные условия составил 13,5 мл.

Определите:

- 1) содержание компонентов в исходной смеси (в объемных долях или мл);
- 2) содержание компонентов в равновесной смеси (в объемных долях или мл).
- 3) Каким образом равновесие реакции можно сдвинуть в сторону образования аммиака?

Решение:

1) Состав исходной смеси:

Средняя молярная масса смеси — $0,264 \times 22,4 = 5,91$ г/моль.

Пусть x — доля азота, тогда доля водорода $1-x$.

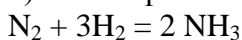
Запишем выражение для средней молярной массы смеси

$$28x + 2(1-x) = 5,91,$$

тогда $x = 0,15$ (азота), $1-x = 0,85$ (водорода)

Состав в мл: 2,25 мл азота, 12,75 мл водорода, объемные доли 15% и 85% соответственно.

2) Состав равновесной смеси



Пусть a мл азота вступило в реакцию, тогда по стехиометрии $3a$ мл водорода вступило в реакцию, получилось $2a$ мл аммиака.

Тогда состав смеси $(2,25 - a) + (12,75 - 3a) + 2a = 13,5$, откуда $a = 0,75$

Другой вариант — объем смеси изменился на 1,5 мл. Запишем изменение объема смеси

$$a + 3a - 2a = 1,5, \text{ отсюда } a = 0,75$$

Состав конечной смеси 1,5 мл азота, 10,5 мл водорода и 1,5 мл аммиака

В долях: 11,11%, 77,77%, 11,11%

3) Реакция получения аммиака является экзотермической:



В ходе реакции объем смеси уменьшается (из четырех молей газов получается два). Таким образом, по принципу Ле-Шателье можно сдвинуть равновесие в сторону образования аммиака, понизив температуру, увеличив давление (или уменьшив объем), повысив концентрация исходных реагентов или отводя из реакционной смеси аммиак.

Задача 2.

14 баллов

При разложении при нагревании 2,0 г коричневой жидкости **A** образуется 0,571 г темного порошка простого вещества **B** и бесцветный газ **C**. При окислении **B** кислородом образуется 0,816 г вещества **D**. Сжигание газа **C** в кислороде и пропускание продуктов сгорания через избыток раствора гидроксида кальция приводит к образованию 5,102 г осадка. Определите вещества **A – D**.

Ответ подтвердите расчетом. Напишите уравнения реакций.

Решение:

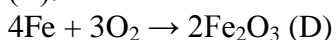
1) При окислении простого вещества **B** образуется оксид **D**.

Определение эквивалента вещества:

из 0,571 г получается 0,816 г оксида

из \mathcal{E} г получится $\mathcal{E}+8$, составим пропорцию, из которой $\mathcal{E} = 18,6$ г

Если степень окисления $n = 1$, то атомная масса близка к фтору, но он не темный порошок; $n = 2$ атомная масса в районе инертного газа — не подходит, $n = 3$, атомная масса 55,8 г/моль — железо (**B**).



2) Осадок при пропускании продуктов сгорания через избыток раствора гидроксида кальция — очевидно карбонат кальция.

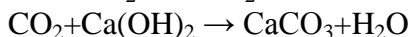
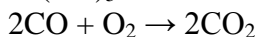
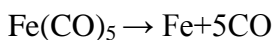
Таким образом, газ **C** это **CO**

3) Расчёты для определения вещества **A**

Железа имеется 0,0102 моль

Карбоната кальция и, следовательно, и **CO**: 0,05102 моль

Т.е. соотношение 5 к 1, формула $\text{Fe}(\text{CO})_5$, карбонил железа



Задача 3.

18 баллов

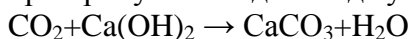
Сжигание 5,8 г оптически активного органического вещества *A*, пары которого в два раза тяжелее воздуха, привело к образованию только диоксида углерода и 5,4 г воды. При пропускании всего полученного диоксида углерода в 2,0 литра раствора гидроксида кальция с концентрацией 0,1 моль/л образовалось 10,0 г осадка.

Определите брутто-формулу и строение вещества *A*.

Ответ подтвердите расчетом.

Решение:

При сжигании было получено 5,4 г = 0,3 моль воды. Т.е. в веществе было 0,6 моль Н при пропускании диоксида углерода в избыток гидроксида кальция первоначально идет реакция:



10 г осадка соответствуют 0,1 моль CO_2 , следовательно 0,1 моль С содержится в веществе.
 $5,8 - 1,2 - 0,6 = 4,0$ г кислорода в навеске вещества, т.е. 0,25 моль.

Таким образом соотношение С : Н : О = 1 : 6 : 2,5 = 2 : 12 : 5.

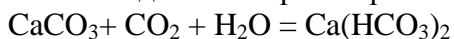
Простейшая формула соединения — $\text{C}_2\text{H}_{12}\text{O}_5$ – такого соединения быть не может.

Остается предположить, что CO_2 был в избытке по отношению к гидроксиду кальция.

Найдем его количество. Количество гидроксида кальция составляет 0,2 моль

Если приведенная выше реакция прошла с его полным осаждением, то израсходовано 0,2 моль CO_2 .

Затем осадок начал растворяться по реакции



Так как осталось 0,1 моль осадка, то и растворилось 0,1 моль осадка, т.е. израсходован 0,1 моль CO_2

Всего 0,3 моль CO_2

Кислород: $5,8 - 0,6 - 0,3 \times 12 = 5,8 - 0,6 - 3,6 = 1,6$

Соотношение С : Н : О = 3 : 6 : 1 Формула $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}$

Этой формуле соответствует достаточно много изомерных веществ, например, ацетон и пропаналь, но из всех изомеров оптическим центром обладает только пропиленоксид.

Вещества, имеющие кратную формулу (например, $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_2$) не подходят, так как по условию пары вещества вдвое тяжелее воздуха (мол. масса 58)

Задача 4.

16 баллов

К 8,0 г вещества, имеющего брутто-формулу $C_3H_6O_2$, прибавили аммиачный раствор оксида серебра, полученный из 17,0 г нитрата серебра. Выпавший осадок **A** отфильтровали, а к фильтрату прибавляли раствор гидроксида бария до окончания выпадения осадка **B**. Что представляют собой осадки **A** и **B**? Какое количество гидроксида бария добавили? Какое строение имеет исходное органическое вещество?

Решение:

1) Выпавший осадок **A** — это серебро, образовавшееся по реакции серебряного зеркала.

Поскольку вещество вступает в реакцию серебряного зеркала, то оно должно содержать концевую альдегидную группу, т.е. быть либо альдегидом, либо производным муравьиной кислоты. По брутто-формуле можно выбрать три варианта: этилформиат, который при окислении образует карбонат аммония и этанол (тогда осадок выпадает карбонат бария); 2-гидроксипропионовый и 3-гидроксипропионовый альдегиды, которые при окислении образуют соответственно 2-гидроксипропионовую (молочную) и 3-гидроксипропионовую кислоту. Однако бариевые соли этих кислот растворимы в воде.

Таким образом, исходным веществом является этилформиат, а осадок **B** — карбонат бария.



Рассчитаем количество гидроксида бария:

В 17,0 г нитрата серебра содержится 0,1 моль серебра = 10,8 г.

Количество органического вещества больше 0,1 моль, т.е. серебро находится в недостатке, и серебро полностью прореагировало

С 0,1 моль серебра в реакцию вступило 0,05 моль органического вещества.

Получено 0,05 моль карбоната аммония.

Для его осаждения требуется 0,05 моль гидроксида бария, что составляет 8,55 г.

Так как растворимость бариевых солей указанных карбоновых кислот — труднодоступная информация, вариант решения, в котором исходным веществом считался 2-гидроксипропионовый или 3-гидроксипропионовый альдегид, а в осадке бариевая соль соответствующей кислоты, также засчитывался.

В этом случае кислота взаимодействует с карбонатом бария в соотношении 2:1, тогда количество гидроксида бария будет составлять 0,025 моль.

Максимальное количество баллов при таком варианте решения задачи = 12.