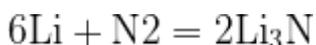


Основные задания по химии, рассмотренные в рамках консультаций для обучающихся предвуниверситетской сетевой школы

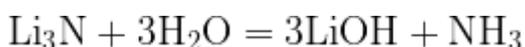
Пример 1: Продукт взаимодействия лития с азотом обработали водой. Полученный газ пропустили через раствор серной кислоты до прекращения химических реакций. Полученный раствор обработали хлоридом бария. Раствор профильтровали, а фильтрат смешали с раствором нитрита натрия и нагрели.

Решение:

1. Литий реагирует с азотом при комнатной температуре, образуя твёрдый нитрид лития:



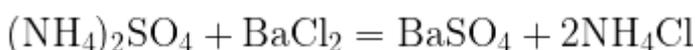
2. При взаимодействии нитридов с водой образуется аммиак:



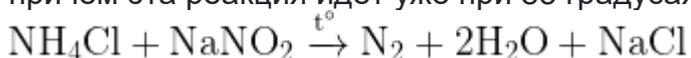
3. Аммиак реагирует с кислотами, образуя средние и кислые соли. Слова в тексте «до прекращения химических реакций» означают, что образуется средняя соль, ведь первоначально получившаяся кислая соль далее будет взаимодействовать с аммиаком и в итоге в растворе будет сульфат аммония:



4. Обменная реакция между сульфатом аммония и хлоридом бария протекает с образованием осадка сульфата бария:



5. После удаления осадка фильтрат содержит хлорид аммония, при взаимодействии которого с раствором нитрита натрия выделяется азот, причём эта реакция идёт уже при 85 градусах:



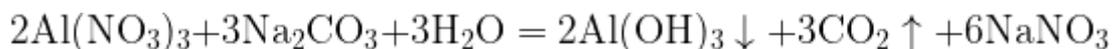
Пример 2: Навеску алюминия растворили в разбавленной азотной кислоте, при этом выделялось газообразное простое вещество. К полученному раствору добавили карбонат натрия до полного прекращения выделения газа. Выпавший **осадок отфильтровали** и **прокалили**, фильтрат **упарили**, полученный твёрдый **остаток сплавил** с хлоридом аммония. Выделившийся газ смешали с аммиаком и нагрели полученную смесь.

Решение:

1. Алюминий окисляется азотной кислотой, образуя нитрат алюминия. А вот продукт восстановления азота может быть разным, в зависимости от концентрации кислоты. Но надо помнить, что при взаимодействии азотной кислоты с металлами **не выделяется водород!** Поэтому простым веществом может быть только азот:



2. Если к раствору нитрата алюминия добавить карбонат натрия, то идёт процесс взаимного гидролиза (карбонат алюминия не существует в водном растворе, поэтому катион алюминия и карбонат-анион взаимодействуют с водой). Образуется осадок гидроксида алюминия и выделяется углекислый газ:



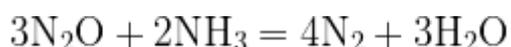
3. Осадок — гидроксид алюминия, при нагревании разлагается на оксид и воду:



4. В растворе остался нитрат натрия. При его сплавлении с солями аммония идёт окислительно-восстановительная реакция и выделяется оксид азота (I) (такой же процесс происходит при прокаливании нитрата аммония):



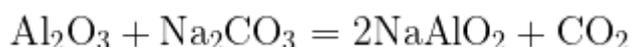
5. Оксид азота (I) — является активным окислителем, реагирует с восстановителями, образуя азот:



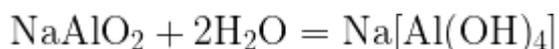
Пример 3: Оксид алюминия сплавляли с карбонатом натрия, полученное твёрдое вещество растворили в воде. Через полученный раствор пропускали сернистый газ до полного прекращения взаимодействия. Выпавший осадок отфильтровали, а к профильтрованному раствору прибавили бромную воду. Полученный раствор нейтрализовали гидроксидом натрия.

Решение:

1. Оксид алюминия — амфотерный оксид, при сплавлении со щелочами или карбонатами щелочных металлов образует алюминаты:



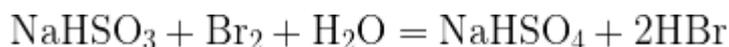
2. Алюминат натрия при растворении в воде образует гидроксокомплекс:



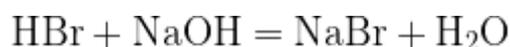
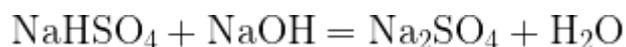
3. Растворы гидроксокомплексов реагируют с кислотами и кислотными оксидами в растворе, образуя соли. Однако, сульфит алюминия в водном растворе не существует, поэтому будет выпадать осадок гидроксида алюминия. Обратите внимание, что в реакции получится кислая соль — гидросульфит калия:



4. Гидросульфит калия является восстановителем и окисляется бромной водой до гидросульфата:



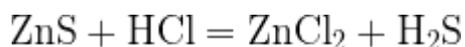
5. Полученный раствор содержит гидросульфат калия и бромоводородную кислоту. При добавлении щелочи нужно учесть взаимодействие с ней обоих веществ:



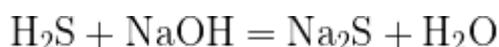
Пример 4: Сульфид цинка обработали раствором соляной кислоты, полученный газ пропустили через избыток раствора гидроксида натрия, затем добавили раствор хлорида железа (II). Полученный осадок подвергли обжигу. Полученный газ смешали с кислородом и пропустили над катализатором.

Решение:

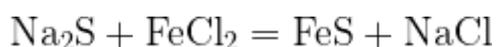
1. Сульфид цинка реагирует с соляной кислотой, при этом выделяется газ — сероводород:



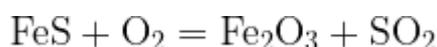
2. Сероводород — в водном растворе реагирует со щелочами, образуя кислые и средние соли. Поскольку в задании говорится про избыток гидроксида натрия, следовательно, образуется средняя соль — сульфид натрия:



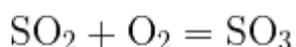
3. Сульфид натрия реагирует с хлоридом двухвалентного железа, образуется осадок сульфида железа (II):



4. Обжиг — это взаимодействие твёрдых веществ с кислородом при высокой температуре. При обжиге сульфидов выделяется сернистый газ и образуется оксид железа (III):



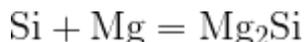
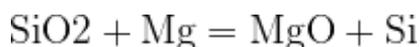
5. Сернистый газ реагирует с кислородом в присутствии катализатора, образуя серный ангидрид:



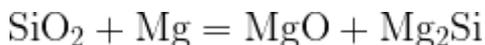
Пример 5: Оксид кремния прокалили с большим избытком магния. Полученную смесь веществ обработали водой. При этом выделился газ, который сожгли в кислороде. Твёрдый продукт сжигания растворили в концентрированном растворе гидроксида цезия. К полученному раствору добавили соляную кислоту.

Решение:

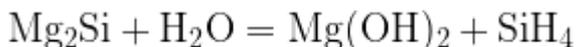
1. При восстановлении оксида кремния магнием образуется кремний, который реагирует с избытком магния. При этом получается силицид магния:



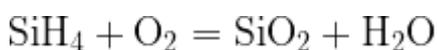
Можно записать при большом избытке магния суммарное уравнение реакции:



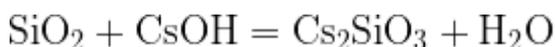
2. При растворении в воде полученной смеси растворяется силицид магния, образуется гидроксид магния и силан (оксид магния реагирует с водой только при кипячении):



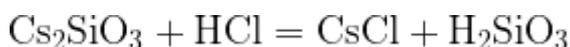
3. Силан при сгорании образует оксид кремния:



4. Оксид кремния — кислотный оксид, он реагирует со щелочами, образуя силикаты:



5. При действии на растворы силикатов кислот, более сильных, чем кремниевая, она выделяется в виде осадка:



ЗАДАЧИ на определение формулы вещества

Пример 1.

Определить формулу вещества, если оно содержит 84,21%С и 15,78%Н и имеет относительную плотность по воздуху, равную 3,93.

Решение примера 1.

1. Пусть масса вещества равна 100 г. Тогда масса С будет равна 84,21 г, а масса Н — 15,79 г.

2. Найдём количество вещества каждого атома:

$$\nu(\text{C}) = m/M = 84,21/12 = 7,0175 \text{ моль,}$$

$$\nu(\text{H}) = 15,79/1 = 15,79 \text{ моль.}$$

3. Определяем мольное соотношение атомов С и Н:

$$\text{C} : \text{H} = 7,0175 : 15,79 \text{ (сократим оба числа на меньшее)} = 1 : 2,25 \text{ (домножим на 4)} = 4 : 9.$$

Таким образом, простейшая формула — C_4H_9 . Однако вещества с такой формулой не существует. Для нахождения молекулярной формулы нам

потребуется домножить простейшую формулу на небольшие числа: 2, 3 и т. п. Например при домножении эмпирической формулы на 2 мы получаем алкан, имеющий в своём составе 8 атомов углерода: C_8H_{18} .

Чтобы проверить, правильна ли найденная нами формула, необходимо использовать дополнительные данные, которые всегда указаны в задаче. Это могут быть либо химические свойства вещества, либо информация, позволяющая вычислить его молярную массу. В данном случае дана относительная плотность соединения по воздуху.

4. По относительной плотности рассчитаем молярную массу:

$$M = D_{(B)} \cdot 29 = 114 \text{ г/моль.}$$

Молярная масса, соответствующая простейшей формуле C_4H_9 — 57 г/моль, это в 2 раза меньше истинно молярной массы.

Значит, истинная формула C_8H_{18} .

Есть гораздо более простой метод решения такой задачи, **но, к сожалению, за него не поставят полный балл**. Зато он подойдёт для проверки истинной формулы, т.е. с его помощью вы можете проверить своё решение.

Метод 2: Находим истинную молярную массу (114 г/моль), а затем находим массы атомов углерода и водорода в этом веществе по их массовым долям.

$$m(\text{C}) = 114 \cdot 0,8421 = 96; \text{ т.е. число атомов } \text{C} 96/12 = 8$$

$$m(\text{H}) = 114 \cdot 0,1579 = 18; \text{ т.е. число атомов } \text{H} 18/1 = 18.$$

Формула вещества C_8H_{18} .

Ответ: C_8H_{18} .

Пример 2.

Определить формулу алкина с плотностью 2,41 г/л при нормальных условиях.

Решение примера 2.

Общая формула алкина $\text{C}_n\text{H}_{2n-2}$

Как, имея плотность газообразного алкина, найти его молярную массу? Плотность ρ — это масса 1 литра газа при нормальных условиях.

Так как 1 моль вещества занимает объём 22,4 л, то необходимо узнать, сколько весят 22,4 л такого газа:

$$M = (\text{плотность } \rho) \cdot (\text{молярный объём } V_m = 2,41 \text{ г/л} \cdot 22,4 \text{ л/моль}) \\ = 54 \text{ г/моль.}$$

Далее, составим уравнение, связывающее молярную массу и n :

$$14 \cdot n - 2 = 54, n = 4.$$

Значит, алкин имеет формулу C_4H_6 .

Ответ: C_4H_6

Пример 3.

Определить формулу предельного альдегида, если известно, что $3 \cdot 10^{22}$ молекул этого альдегида весят 4,3 г.

Решение примера 3.

В этой задаче дано число молекул и соответствующая масса. Исходя из этих данных, нам необходимо вновь найти величину молярной массы вещества.

Для этого нужно вспомнить, какое число молекул содержится в 1 моль вещества.

Это число Авогадро: $N_a = 6,02 \cdot 10^{23}$ (молекул).

Значит, можно найти количество вещества альдегида:

$$\nu = N/N_a = 3 \cdot 10^{22} / 6,02 \cdot 10^{23} = 0,05 \text{ моль,}$$

и молярную массу:

$$M = m/\nu = 4,3 / 0,05 = 86 \text{ г/моль.}$$

Далее, как в предыдущем примере, составляем уравнение и находим n .

Общая формула предельного альдегида $C_nH_{2n}O$, то есть $M = 14n + 16 = 86$, $n = 5$.

Ответ: $C_5H_{10}O$, пентаналь.

Пример 4.

Определить формулу дихлоралкана, содержащего 31,86% углерода.

Решение примера 4.

Общая формула дихлоралкана: $C_nH_{2n}Cl_2$, там 2 атома хлора и n атомов углерода.

Тогда массовая доля углерода равна:

$$\omega(C) = (\text{число атомов } C \text{ в молекуле}) \cdot (\text{атомная масса } C) / (\text{молекулярная масса дихлоралкана})$$

$$0,3186 = n \cdot 12 / (14n + 71)$$

$n = 3$, вещество — дихлорпропан.

Ответ: $C_3H_6Cl_2$, дихлорпропан.

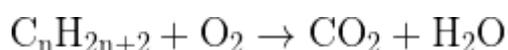
Пример 5.

448 мл (н. у.) газообразного предельного нециклического углеводорода сожгли, и продукты реакции пропустили через избыток известковой воды, при этом образовалось 8 г осадка. Какой углеводород был взят?

Решение примера 5.

1. Общая формула газообразного предельного нециклического углеводорода (алкана) — C_nH_{2n+2}

Тогда схема реакции сгорания выглядит так:

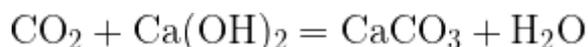


Нетрудно заметить, что при сгорании 1 моль алкана выделится n моль углекислого газа.

Количество вещества алкана находим по его объёму (не забудьте перевести миллилитры в литры!):

$$\nu(C_nH_{2n+2}) = 0,448/22,4 = 0,02 \text{ моль.}$$

2. При пропускании углекислого газа через известковую воду $Ca(OH)_2$ выпадает осадок карбоната кальция:



Масса осадка карбоната кальция — 8 г, молярная масса карбоната кальция 100 г/моль.

Значит, его количество вещества

$$\nu(CaCO_3) = 8/100 = 0,08 \text{ моль.}$$

Количество вещества углекислого газа тоже 0,08 моль.

3. Количество углекислого газа в 4 раза больше чем алкана, значит формула алкана C_4H_{10} .

Ответ: C_4H_{10}

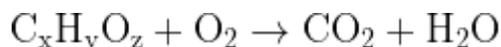
Пример 6.

Относительная плотность паров органического соединения по азоту равна 2. При сжигании 9,8 г этого соединения образуется 15,68 л углекислого газа (н. у) и 12,6 г воды. Выведите молекулярную формулу органического соединения.

Решение примера 6.

Так как вещество при сгорании превращается в углекислый газ и воду, значит, оно состоит из атомов C , H и, возможно, O . Поэтому его общую формулу можно записать как $C_xH_yO_z$.

1. Схему реакции сгорания мы можем записать (без расстановки коэффициентов):



Весь углерод из исходного вещества переходит в углекислый газ, а весь водород — в воду.

2. Находим количества веществ CO_2 и H_2O , и определяем, сколько моль атомов C и H в них содержится:

$$\nu(CO_2) = V/V_m = 15,68/22,4 = 0,7 \text{ моль.}$$

На одну молекулу CO_2 приходится **один** атом C , значит, углерода столько же моль, сколько CO_2 .

$$\nu(C) = 0,7 \text{ моль}$$

$$\nu(H_2O) = m/M = 12,6/18 = 0,7 \text{ моль.}$$

В одной молекуле воды содержатся **два** атома H , значит количество водорода **в два раза больше**, чем воды.

$$\nu(H) = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ моль.}$$

3. Проверяем наличие в веществе кислорода. Для этого из массы всего исходного вещества надо вычесть массы C и H .

$$m(C) = 0,7 \cdot 12 = 8,4 \text{ г}, m(H) = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{ г}$$

Масса всего вещества $9,8 \text{ г}$.

$$m(O) = 9,8 - 8,4 - 1,4 = 0, \text{ т.е. в данном веществе нет атомов кислорода.}$$

Если бы кислород в данном веществе присутствовал, то по его массе можно было бы найти количество вещества и рассчитывать простейшую формулу, исходя из наличия трёх разных атомов.

4. Дальнейшие действия вам уже знакомы: поиск простейшей и истинной формул.

$$C : H = 0,7 : 1,4 = 1 : 2$$

Простейшая формула CH_2 .

5. Истинную молярную массу ищем по относительной плотности газа по азоту (не забудьте, что азот состоит из **двухатомных** молекул N_2 и его молярная масса 28 г/моль):

$$M = D_{\text{по } N_2} \cdot M_{(N_2)} = 2 \cdot 28 = 56 \text{ г/моль.}$$

Истинная формула CH_2 , её молярная масса 14 .

$$56/14 = 4$$

Истинная формула C_4H_8 .

Ответ: C_4H_8

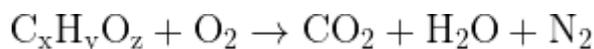
Пример 7.

Определите молекулярную формулу вещества, при сгорании 9 г которого образовалось $17,6$ г CO_2 , $12,6$ г воды и азот. Относительная плотность этого вещества по водороду — $22,5$. Определить молекулярную формулу вещества.

Решение примера 7.

1. Вещество содержит атомы C , H и N . Так как масса азота в продуктах сгорания не дана, её надо будет рассчитывать, исходя из массы всего органического вещества.

Схема реакции горения:



2. Находим количества веществ CO_2 и H_2O , и определяем, сколько моль атомов C и H в них содержится:

$$\nu(CO_2) = m/M = 17,6/44 = 0,4 \text{ моль.}$$

$$\nu(C) = 0,4 \text{ моль.}$$

$$\nu(H_2O) = m/M = 12,6/18 = 0,7 \text{ моль.}$$

$$\nu(H) = 0,7 \cdot 2 = 1,4 \text{ моль.}$$

3. Находим массу азота в исходном веществе.

Для этого из массы всего исходного вещества надо вычесть массы C и H .

$$m(C) = 0,4 \cdot 12 = 4,8 \text{ г,}$$

$$m(H) = 1,4 \cdot 1 = 1,4 \text{ г}$$

Масса всего вещества $9,8$ г.

$$m(N) = 9 - 4,8 - 1,4 = 2,8 \text{ г,}$$

$$\nu(\text{N}) = m/M = 2,8/14 = 0,2 \text{ моль.}$$

4. $\text{C} : \text{H} : \text{N} = 0,4 : 1,4 : 0,2 = 2 : 7 : 1$

Простейшая формула — $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$

Истинная молярная масса

$$M = D_{\text{по H}_2} \cdot M_{(\text{H}_2)} = 22,5 \cdot 2 = 45 \text{ г/моль.}$$

Она совпадает с молярной массой, рассчитанной для простейшей формулы. То есть это и есть истинная формула вещества.

Ответ: $\text{C}_2\text{H}_7\text{N}$