

Задача 1. (8 класс) Кристаллогидрат сульфата магния ($MgSO_4 \cdot nH_2O$) массой 36,9 г прокалили при $250^\circ C$ до полного удаления воды. При этом потеря массы составила 18,9 г.

Определите количество молекул воды в кристаллогидрате (величину n). Атомную массу магния считайте равной 24.

Решение:

Молекулярная масса безводного сульфата магния: $24 + 32 + 64 = 120$, молекулярная масса воды: 18. Молекулярную массу кристаллогидрата можно представить как $120 + 18n$.

Составим пропорцию

$120 + 18n$ г кристаллогидрата — теряет при прокаливании $18n$ г 36,9 г
— 18,9 г

$(120 + 18n)18,9 = 36,9 \times 18n$. Решая уравнение, получаем $n = 7$.

Ответ: 7

Оценка: 4 балла

Задача 2. (8-9 классы) Два сосуда соединены трубкой, на которой находится кран, изолирующий содержимое одного сосуда от другого. Объем первого сосуда — 1 литр, он заполнен аргоном, давление в этом сосуде — 100 кПа. Второй сосуд объемом 2 литра заполнен неоном, давление в нем — 150 кПа. Кран открыли и дали содержимому сосудов перемешаться.

Какое давление в итоге установится в системе (в кПа)? Объемом соединительной трубки пренебречь, температура в ходе опыта не меняется. Ответ округлите до целого числа и укажите его без размерности.

Решение:

Когда кран открыли, газы перемешались, теперь каждый газ занимает весь объем — 3 литра. По закону Бойля-Мариотта $p_1V_1 = p_2V_2$ давление газа снижается пропорционально увеличению объема.

Для аргона: $p_1 = 100$ кПа, $V_1 = 1$ л, $V_2 = 3$ л, следовательно
 $p_2 = 33,3$ кПа

Для неона: $p_1 = 150$ кПа, $V_1 = 2$ л, $V_2 = 3$ л, следовательно
 $p_2 = 100$ кПа

Чтобы найти общее давление в системе, парциальные давления газов следует сложить:

$100 + 33,3 = 133,3$ кПа. Округление до целого, как указано в условии, дает 133 кПа.

Ответ: 133

Оценка: 6 баллов

Задача 4. (8-10 классы) Студент получил задание измерить плотность цезия на основании объема вытесненной им жидкости. Так как он знал, что цезий активно взаимодействует с водой, то в качестве жидкости он взял керосин с плотностью $0,7493 \text{ г/см}^3$ и заполнил им до краев химический стакан объемом 100 мл и массой 96,30 г. Масса заполненного стакана оказалась равной 184,71 г. Так как стакан не был мерным и его объем был указан лишь приблизительно, прежде всего необходимо было рассчитать точный объем стакана, что оказалось возможно на основании полученных данных. Далее студент аккуратно положил в стакан кусок металлического цезия, при этом часть керосина вылилась через край. Теперь масса стакана с содержимым оказалась равной 207,18 г. Студент удалил кусок цезия и снова взвесил стакан, на этот раз его масса составила 169,72 г.

1) Рассчитайте точный объем химического стакана.

Приведите необходимые расчеты.

2) Рассчитайте плотность металлического цезия.

Приведите необходимые расчеты.

Решение:

1) Объем стакана

Масса керосина в стакане составляет: $184,71 - 96,30 = 88,41 \text{ г}$

Таким образом, объем стакана: $88,41 : 0,7493 = 117,99 \text{ мл}$

2) Плотность металлического цезия

Масса цезия в стакане: $207,18 - 169,72 = 37,46 \text{ г}$

Объем цезия равен объему вытесненного им керосина:

Масса вытесненного керосина: $184,71 - 169,72 = 14,99 \text{ г}$

Объем керосина: $14,99 : 0,7493 = 20 \text{ мл}$

Плотность цезия: $37,46 : 20 = 1,873 \text{ г/см}^3$

Ответ и оценка

1) Объем составляет 117,99 (118) мл

Расчет

2 балла

Ответ

2 балла

2) Плотность металлического цезия составляет $1,873 \text{ г/см}^3$

Расчет

6 баллов

Ответ (без расчета не оценивается)

2 балла

Всего за задачу 12 баллов

Задача 5. (9-10 классы) Анализ раствора показал наличие следующих ионов в следующих концентрациях:

Ион	Концентрация, мг/л
Ba^{2+}	164,4
K^+	78
Cl^-	99,4
NO_3^-	

Заполните пустую ячейку.

Решение:

Концентрацию нитрат-ионов мы можем определить из условия электронейтральности раствора.

Раствор содержит $164,4 : 137 = 1,2$ ммоль/л катионов бария и $2,0$ ммоль/л катионов калия. С учетом заряда $+2$ у бария, получаем $2,4 + 2,0 = 4,4$ эквивалента положительного заряда.

Количество вещества хлорид-иона составляет $2,8$ ммоль/л.

До электронейтральности не хватает $4,4 - 2,8 = 1,6$ ммоль/л нитрат-ионов, что соответствует концентрации $99,2$ мг/л.

Ответ $99,2$

Оценка: 6 баллов

Задача 6. (9-10 классы) Газообразное вещество A разлагается с образованием газов B и C по уравнению: $2A(\text{газ}) \rightarrow B(\text{газ}) + xC(\text{газ})$.

Некоторое количество газа A ввели в закрытый сосуд неизменного объема и провели реакцию разложения до установления равновесия. В тот момент, когда исходное количество A уменьшилось на 20% , давление внутри сосуда повысилось на 10% .

1) Определите величину x .

2) Если в этот же момент в сосуде находилось $0,05$ моль вещества B , сколько вещества A (в моль) было взято первоначально? В ответе укажите число без размерности.

Решение:

1) Определение величины x .

Пусть исходное количество реагента составляет N моль. К моменту, когда количество уменьшилось на 20% , в реакцию вступило $0,2N$ моль A , при этом (согласно уравнению реакции) образовался $0,1N$ моль вещества B и $0,1Nx$ моль вещества C . Количество оставшегося A — $0,8N$ моль.

Суммарное количество вещества в системе составляет:

$$0,1N + 0,1Nx + 0,8N = 0,9N + 0,2Nx$$

Так как давление газа при неизменных внешних условиях пропорционально количеству вещества, то значит после реакции сосуд содержит

1,1N моль газов.

$0,9N + 0,1Nx = 1,1N$. Решая уравнение, получаем $x = 2$.

2) Количество $B = 0,05$ моль. $0,1N = 0,05$. $N = 0,5$.

То есть исходное количество A составляет 0,5 моль.

Ответ и оценка:

1) 2 *4 балла*

2) 0,5 *4 балла*

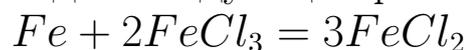
Всего за задачу 8 баллов

Задача 7. (10-11 классы) Шарик, изготовленный из железа, массой 13,44 г поместили в раствор хлорида железа(III). В момент, когда диаметр шарика уменьшился вдвое, раствор содержал одинаковые количества ионов Fe^{2+} и Fe^{3+} .

Определите массу хлорида железа(III) в исходном растворе (в граммах). В ответе укажите число без размерности.

Решение:

При погружении шарика из железа в раствор хлорида железа(III) происходит следующая реакция:



Когда диаметр шарика уменьшился вдвое, в реакцию вступило $7/8$ имеющегося железа, что составляет 11,76 г или 0,21 моль.

По уравнению реакции, в этот момент в растворе находилось 0,63 моля ионов Fe^{2+} .

Согласно условию, также в этот момент в растворе было 0,63 моля ионов Fe^{3+} .

В реакции же было израсходовано 0,42 моля Fe^{3+} . Таким образом, первоначально раствор содержал 1,05 моль этих ионов, то есть 1,05 моль хлорида железа(III), что составляет 170,625 г.

Ответ: 170,625

Оценка: 8 баллов

Задача 8. (10-11 классы) Сплав двух металлов массой 2,12 г полностью растворили в воде. При этом было получено 4,032 л газа (н.у.). При постепенном подкислении полученного раствора выпал осадок, который легко растворился при дальнейшем добавлении кислоты.

1) Из каких металлов состоит сплав? В ответе укажите только химические символы металлов.

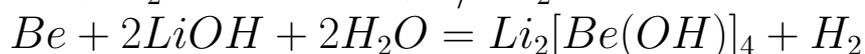
2) Определите массы обоих металлов в сплаве (в граммах). В ответе укажите массу металла с большей молекулярной массой (без размерности).

Решение:

При растворении 2,12 г металлов получено 0,18 моль газа, следовательно средний эквивалент металлов в сплаве меньше 6. При этом хотя бы один из металлов достаточно активен, чтобы растворяться в воде (скорее всего это щелочной металл), а второй либо тоже растворяется в воде, либо в щелочи, которая образуется при взаимодействии с водой щелочного металла. Вторым вариантом более вероятен, так как дальнейшие превращения указывают на амфотерность одного из металлов.

Всем этим условиям удовлетворяет только пара литий и бериллий.

Остается провести расчет.



x моль Li и y моль Be

$$0,5x + y = 0,18$$

$$7x + 9y = 2,12. \text{ Решение системы уравнений дает: } x = 0,2, y = 0,08.$$

Масса лития — 1,4 г, масса бериллия — 0,72 г. В ответе следует указать массу бериллия.

Ответ и оценка:

1) Be, Li 8 баллов

2) 0,72 6 баллов

Всего за задачу: 14 баллов

Задача 9. (10-11классы) При пропускании газа A в водный раствор кислоты B выделяется газ V с неприятным запахом и выпадает осадок Γ в виде черно-фиолетовых кристаллов. Некоторое количество газа A растворяют в растворе $NaOH$. Полученный раствор взаимодействует с солью D (которая образована кислотой B и металлом первой группы периодической системы), при этом выпадает осадок. При добавлении раствора аммиака осадок частично растворяется с образованием вещества E (в растворе), а в осадке остается вещество Γ . Известно, что при взаимодействии с хлоридом бария кислота B образует осадок, содержащий 58,8% бария, а соль D содержит 40% металла.

1) Определите вещества $A-E$. В ответе укажите формулы вещества в строчку.

2) Приведите необходимые рассуждения и расчеты

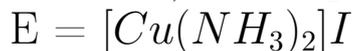
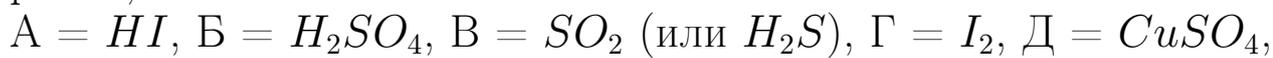
3) Напишите уравнения реакций.

Решение:

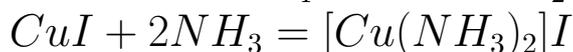
Так как осадок с барием выпадает в кислой среде, это указывает на сульфат бария, проверка содержания бария это подтверждает ($BaSO_4$ содержит 58,8% бария). Не делая такого предположения, можно обозна-

читать сульфат бария за BaX и рассчитать массу кислотного остатка X , которая составит 96, что ведет к той же серной кислоте.

Таким образом, Б = серная кислота. Соль Д — сульфат, по содержанию металла можно определить, что это сульфат меди. Описанные химические превращения указывают на то, что газ А — иодид водорода. Таким образом,



Уравнения реакций:



Оценка:

1) Вещества по 1 баллу, всего 6 баллов (при наличии рассуждений и подтверждения расчетом, иначе максимум 2 балла за все вещества)

2) рассуждения и расчеты 6 баллов

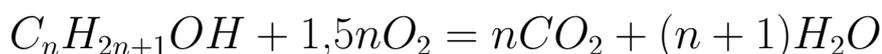
3) Уравнения реакций 3 балла

Всего за задачу 15 баллов

Задача 10. (11 класс) При полном сгорании 0,15 моль предельного одноатомного спирта было израсходовано 20,16 л кислорода.

Сколько изомерных спиртов удовлетворяют условию задачи? В ответе укажите число изомеров. *Оптические изомеры учитывать не надо.*

Решение:



На 0,15 моль спирта требуется 0,9 моль кислорода. Следовательно на один моль спирта потребуется 6 моль O_2 .

$1,5n = 6, n = 4$, бутиловый спирт. Для него возможно 4 структурных изомера:

бутанол-1 и бутанол-2 с прямой цепью, 2-метилпропанол-1 и 2-метилпропанол-2 с разветвленной цепью.

Ответ: 4

Оценка: 4 балла

Задача 11. (11 класс) Вещество А состоит из двух элементов, один из них металл, его массовая доля 57,14%. При взаимодействии А с водой образуется горючий газ В, способный взаимодействовать с бромом. При этом 4,0 г В может присоединить 32 г брома. Кроме того В взаимодействует с водой в присутствии катализатора. Помимо образования газа,

при реакции вещества A с водой выпадает осадок. При отделении и прокаливании осадка получается вещество B , содержащее 40% кислорода.

- 1) Определите вещество A , в ответе напишите его формулу (в строчку).
- 2) Определите молекулярную массу вещества, которое получается при взаимодействии B с водой. В ответе укажите число (без размерности).

Решение:

Описание химических превращений указывает на то, что газ B — предельный углеводород (алкин, судя по реакции с водой), а вещество A скорее всего карбид металла. Вещество B — оксид этого металла. По содержанию кислорода это оказывается MgO . Таким образом исходное вещество — карбид магния, его формулу можно рассчитать на основании содержания металла, это Mg_2C_3 . При гидролизе данного карбида образуется пропин, что можно проверить по количеству брома, которое он присоединяет: 4,0 г составляют 0,1 моль пропина, а 32 г брома соответствуют 0,2 моль, что соответствует предположению. При взаимодействии пропина с водой (реакция Кучерова) образуется ацетон.

Ответ и оценка:

- 1) Mg_2C_3 10 баллов
- 2) 58 2 балла

Всего за задачу 12 баллов

Задача 12. (11класс) Вещество A представляет собой сложный эфир с молекулярной массой менее 140, образованный предельной монокарбоновой кислотой B и спиртом V . При сжигании 3,48 г вещества A было получено 4,032 л (н.у.) углекислого газа и 3,24 г воды. Известно, что натриевая соль кислоты B содержит 23,96% натрия по массе, а спирт V может быть получен присоединением воды к соответствующему алкену в присутствии кислотного катализатора.

- 1) Определите брутто-формулу A .
Приведите соответствующий расчет
- 2) Определите кислоту B .
Приведите соответствующий расчет
- 3) Определите спирт V , напишите его название по систематической номенклатуре.

Решение:

Получено 0,18 моль CO_2 и 0,18 моль воды.

Это соответствует 2,16 г C и 0,36 г H в исходной навеске. Значит масса кислорода составляет $3,48 - 2,16 - 0,36 = 0,96$ г, а количество вещества 0,06 моль

$$C : H : O = 0,18 : 0,36 : 0,06 = 3 : 6 : 1$$

Так как это эфир и в молекуле должно быть два кислорода, то получается $C_6H_{12}O_2$

Формулу натриевой соли карбоновой кислоты в общем виде можно записать как $C_nH_{2n+1}COONa$. По содержанию натрия легко определить, что это пропионат натрия и соответственно пропионовая кислота.

Следовательно спирт C_3H_7OH . Так как этот спирт получается при гидратации алкена, то в соответствии с правилом Марковникова это пропанол-2 (изопропиловый спирт)

Ответ и оценка:

1) формула $C_6H_{12}O_2$ 2 балла

Расчет 4 балла

2) пропионовая кислота 2 балла

(брутто формула кислоты 1 балл, название или формула C_2H_5COOH при отсутствии расчета также 1 балл)

Расчет 2 балла

3) пропанол-2 3 балла

Всего за задачу 13 баллов