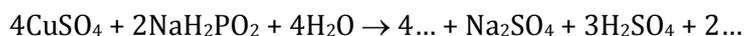
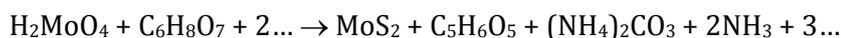
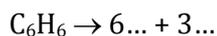


Тренировочный тур

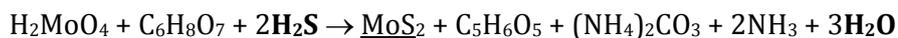
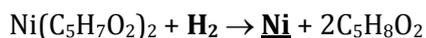
Простые вопросы

1 задача

Ниже приведены уравнения реакций получения различных наночастиц (для них приведены только брутто-формулы). Все коэффициенты расставлены. Завершите эти уравнения, заполнив пропуски. Подчеркните формулы наночастиц.



Решение:



2 задача

Масса одной углеродной нанотрубки составляет $2,99 \cdot 10^{-19}$ г. Сколько атомов углерода входит в состав этой частицы?

Решение:

Молярная масса нанотрубки:

$$M(\text{C}_n) = 2,99 \cdot 10^{-19} \text{ г} \cdot 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1} = 180\,000 \text{ г/моль},$$

$$n = 180\,000 / 12 = \mathbf{15\,000}$$

3 задача

Сколько наноалмазов радиусом 5 нм теоретически можно получить из 1 г тринитротолуола $\text{C}_7\text{H}_5(\text{NO}_2)_3$? Плотность алмаза $3,5 \text{ г/см}^3$.

Решение:

$$\nu(\text{C}) = 7\nu(\text{ТНТ}) = 7/227 = 3,08 \cdot 10^{-2} \text{ моль}$$

$$m(\text{C}) = 3,08 \cdot 10^{-2} \cdot 12 = 0,370 \text{ г}.$$

$$V(C) = 0,370 / 3,5 = 0,106 \text{ см}^3 = 1,06 \cdot 10^{20} \text{ нм}^3 \quad (1 \text{ см}^3 = (10^7 \text{ нм})^3 = 10^{21} \text{ нм}^3)$$

$$V(\text{наноалм.}) = 1/6 \pi d^3 = 65,4 \text{ нм}^3$$

$$N(\text{наноалм.}) = 1,06 \cdot 10^{20} / 65,4 = \mathbf{1,62 \cdot 10^{18}}$$

4 задача

Имеются два наноматериала одного и того же химического состава, состоящие из частиц сферической формы. Средний радиус частиц первого материала – 200 нм, а второго – 50 нм. Какой из двух материалов имеет большую удельную поверхность и во сколько раз?

Решение:

Пусть в образце содержится N сферических частиц радиуса r и плотности ρ . Удельная поверхность:

$$S_{\text{уд}} = \frac{S}{m} = \frac{S}{\rho V} = \frac{N \cdot 4\pi r^2}{\rho N \cdot \frac{4}{3}\pi r^3} = \frac{3}{\rho r} \sim \frac{1}{r}$$

Удельная поверхность обратно пропорциональна радиусу. Она больше у второго материала в 4 раза.

5 задача

В реакции фуллерена C_{60} с избытком монохлорида иода ICl образовалось вещество, молекула которого тяжелее исходного фуллерена на 49.3%. Установите формулу продукта реакции.

Решение:

$$M(X) = 720 \cdot 1.493 = 1075 \text{ г/моль}$$

$$M(X) - M(C_{60}) = 355 \text{ г/моль, что соответствует 10 молям Cl.}$$

Формула продукта – $C_{60}Cl_{10}$.

Более сложные задачи

1. Модификация фуллерена

Высокая электроотрицательность фуллерена C_{60} позволяет использовать его при изготовлении солнечных батарей, в нанoeлектронике и наномедицине. Еще большую электроотрицательность имеют фторфуллерены. Высшим полифторфуллереном является $C_{60}F_{48}$, который получают прямым фторированием фуллерена. Обработка C_{60} фторидами металлов, находящихся в высших степенях окисления (MnF_3 , CeF_4 , K_2PtF_6 и т.п.) приводит к фторфуллеренам с меньшим содержанием фтора. В одном из них $\omega_C = 67.82 \%$.

1. Определите молекулярную формулу этого полифторфуллерена.

В 2010 г. было изучено взаимодействие C_{60} с AsF_5 в жидком SO_2 . После окончания реакции и упаривания летучих продуктов был выделен продукт **A**, содержащий 65.61 масс.% углерода.

Наилучший выход **A** достигается при соотношении $C_{60}:AsF_5 = 1:3$. Полученное соединение – очень эффективный акцептор электронов. Оно легко восстанавливается, например, иодидом натрия. Кроме того, **A** даже при комнатной температуре проявляет слабую электрическую проводимость. Однако в отличие от обычных полифторфуллеренов **A** оказался неустойчивым на воздухе, а продукт его восстановления не содержит фтора.

2. Определите формулу вещества **A** и предположите его возможное строение.

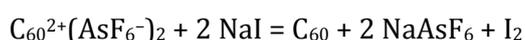
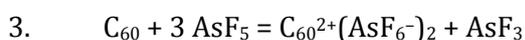
3. Напишите уравнения реакции образования **A** и реакции **A** с иодидом натрия.

Примечание: поскольку молекулы полигалогенфуллеренов содержат большое число атомов, для расчета необходимо использовать точные, а не округленные атомные массы элементов.

Решение:

1. Соединение имеет формулу $C_{60}F_n$. Содержание углерода в нем равно $720.66 / (720.66 + 18.998n) = 0.6782$. Тогда $231.908 = 12.884n$. Отсюда $n = 18$. Это – $C_{60}F_{18}$.

2. Рассчитаем молекулярную массу **A**. Она равна $720.66 / 0.6561 = 1098.4$. Если соединение **A** содержит только углерод и фтор, это значение близко соответствует молекулярной формуле $C_{60}F_{20}$. Такое соединение действительно существует, однако оно ведет себя аналогично другим полифторфуллеренам. Если предположить, что **A** содержит также мышьяк, получаем возможные ответы: $C_{60}AsF_{16}$ ($M = 1099.55$), $C_{60}As_2F_{12}$ ($M = 1098.48$), $C_{60}As_3F_8$ ($M = 1097.41$). Электрическая проводимость **A** говорит о том, что это – ионное соединение. Тогда оптимальное соотношение $C_{60}:AsF_5$ для синтеза **A** (1:3) и рассчитанная молекулярная масса свидетельствуют в пользу $C_{60}As_2F_{12}$, причем соединение имеет формулу $C_{60}^{2+}(AsF_6^-)_2$. Оно образуется в результате окислительно-восстановительной реакции, в которой AsF_5 выступает в качестве окислителя, превращаясь в AsF_3 .



2. Пирофорный нанопорошок

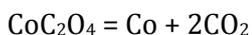
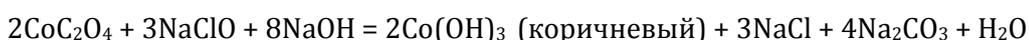
Для приготовления пирофорного нанопорошка металла юный химик использовал двухосновную кислоту **A**, содержащую 26.67% углерода по массе, и розовый порошок **B** (содержит 10,1% углерода по массе), разлагающийся кислотой с выделением газа, имеющего плотность при н.у. 1.97 г/л. В результате реакции был получен розово-красный осадок вещества **B**, чернеющий под действием сероводорода и становящийся коричневым под действием раствора гипохлорита натрия. При нагревании вещества **B** до 400°C в инертной атмосфере был получен нанопорошок металла **Г** с размером частиц 50 нм. На воздухе порошок самораскаляется, постепенно превращаясь в черно-коричневый порошок **Д**, содержащий 21.3% кислорода по массе.

1) Назовите неизвестные вещества и запишите уравнения реакций.

2) Приведите примеры получения пирофорных порошков других металлов.

Решение:

1) Из описания химических свойств можно предположить, что речь идет о соединениях кобальта. Этот вывод можно подтвердить выводом формулы оксида **Д**. В общем случае для оксида MO_x , где $x = 0,5; 1; 1,5; 2$ и т.д. имеем $16x/(M + 16x) = 0,213$. При $x = 1$, $M = 59$, кобальт. Выделяющийся при действии на вещество **Б** газ – углекислый ($M = 1,97 \cdot 22,4 = 44$ г/моль). Значит, вещество **Б** – карбонат кобальта $CoCO_3$. Проверяем по массовой доле углерода: $12/(59 + 60) = 0,101$. Органическая кислота **А**, по-видимому, содержит в своем составе углерод, водород и кислород, ее формула $C_xH_yO_z$. Массовая доля углерода равна $12x/(12x + y + 16z) = 0,267$. Получаем, $32,9x = y + 16z$. Перебором ($x = 2, 3, 4$; $y = 3, 4, 4, 6$; $z = 2, 3, 4$) получаем $x = 2, y = 2, z = 4$, что соответствует двухосновной щавелевой кислоте $H_2C_2O_4$: $HOOC-COOH$ (вещество **А**). Вещество **В** – оксалат кобальта CoC_2O_4 , **Г** – металлический кобальт.



2) Можно получить пирофорные железо и никель разложением оксалатов, формиатов, цитратов, тартратов.

3. Нанотехнологии бобоводства

Бобовые культуры, такие как горох, бобы, люпин являются ценным источником пищевого и кормового белка. Повышение их урожайности – весьма важная задача, актуальная для всех стран.

В её решении решил принять участие и юный, но уже известный гном Кобдик. Для изготовления суперудобрения для бобовых культур он взял лампочку, разбил её и аккуратно срезал проволочки, на которых висела вольфрамовая нить. Далее он сплавил их с калиевыми щёлочью и селитрой, потом полученный плав растворил в воде. Затем он добавил сульфат аммония и прокипятил раствор, после чего добавил ещё серной кислоты до кислого значения pH. В полученный кипящий раствор Кобдик кинул щепотку аскорбиновой кислоты и ещё некоторое время нагревал раствор. Затем он аккуратно нейтрализовал его до pH 5,5, охладил и опрыскал им плантацию гороха.

Урожай в тот год был просто небывалый.

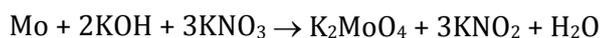
1) Опишите процессы, которые провёл Кобдик и поясните его выбор реакций и реагентов. Напишите уравнения проведённых реакций.

2) Какое вещество он получил в итоге, как и почему оно подействовало на урожайность гороха?

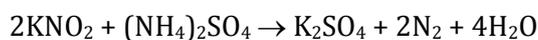
3) В этой работе Кобдика присутствует одна ошибка, которая, впрочем, не повлияла на итоговый результат. Найдите и поясните её. Объясните, почему она не повлияла на итоговый результат.

Решение:

1) Разбив лампочку, Кобдик добыл металлический молибден. При сплавлении с щёлочью и селитрой он получил молибдат калия:



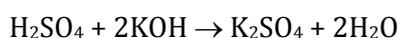
При кипячении с сульфатом аммония Кобдик удалил нитрит-ионы, которые могли остаться после переплавки селитры.



Аскорбиновая кислота в сернокислой среде превратила молибдат-ион в молибденовую синь.



Затем – нейтрализация полученного кислого раствора.



Пояснения причин выбора реагентов.

Калиевые селитра и щёлочь нужны для окисления молибдена + одновременно это ценные калийные удобрения. Серная кислота как удобрение существенно лучше хлоридов. Нитриты – токсичные ионы, обладают некоторой мутагенной активностью. Впрочем, для растений они сравнительно малоопасны. Однако, для надёжности Кобдик полностью удалил их. Нагрев и кислая среда необходимы для получения молибденовой сини. Наконец, нейтрализация раствора гидроксидом калия превращает его в конечное удобрение.

2) Кобдик получил молибденовое микроудобрение, в виде наночастиц соединений молибдена. Наночастицы часто имеют существенно лучшую усвояемость, чем соответствующие ионы. Молибден жизненно необходим азотфиксирующим бактериям-симбионтам бобовых культур. Эффективная фиксация атмосферного азота обеспечивает рост растений и их урожайность.

3) Ошибка заключается в нейтрализации горячего раствора. Дело в том, что активность протонов существенно больше зависит от температуры, чем активность гидроксид-ионов. Поэтому при охлаждении pH повысится до величины порядка 7 – 7,5. Слабощелочной pH неопасен для растений, поэтому ошибка не повлияла на итог.