



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 1. Металлические наночастицы

В результате термического разложения навески кристаллов соединения **A** количеством $\nu(\mathbf{A}) = 19,63$ ммоль образовались наночастицы металла **X** массой 1,00 г и выделился бесцветный газ **Y** объёмом $V = 2,64$ л (н.у.). Плотность газа по водороду равна 14, он горит на воздухе с образованием единственного продукта.

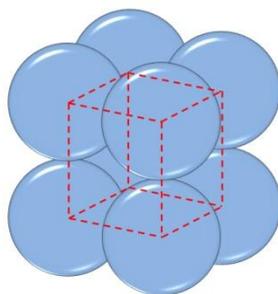
1. Определите неизвестные вещества **A**, **X** и **Y**. Ответ подтвердите расчётами. **(3 балла)**
2. Напишите уравнение реакции разложения **A**. **(1 балл)**
3. Какова степень окисления металла **X** в соединении **A**? **(1 балл)**
4. В результате синтеза образовалось $N = 3,13 \cdot 10^{17}$ наночастиц металла **X**, плотность которого равна $\rho = 6,11$ г/см³. Считая металлические наночастицы шарообразными и одинаковыми, вычислите их радиус. **(3 балла)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 2. Шаровая упаковка



Для описания структуры кристаллов используют модель, согласно которой ионы можно представить в виде упорядоченных жёстких шаров. Например, примитивная кубическая решётка представляет собой каркас из шариков, расположенных в вершинах куба.

Катионы каких из перечисленных элементов могут разместиться в свободном пространстве между анионами кислорода радиусом $R = 0,140$ нм, расположенными в вершинах куба: Li^+ ($R = 0,074$ нм), Na^+ ($R = 0,102$ нм), K^+ ($R = 0,138$ нм), Ca^{2+} ($R = 0,100$ нм), Sr^{2+} ($R = 0,126$ нм)? Ответ подтвердите расчетом.

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 3. Красное и черное

4,0 г простого вещества **A** растворили в 10%-й азотной кислоте, при этом выделилось 1,513 л (н.у.) бесцветного газа **B**, быстро окисляющегося на воздухе, и образовался бесцветный раствор вещества **B**. Мольное соотношение исходного вещества и газообразного продукта при этом составляет

$$\frac{n(\text{A})}{n(\text{B})} = \frac{3}{4}$$

Газ **B** окисляется подкисленным раствором перманганата калия, причем окисление протекает до высшей степени окисления азота.

Через полученный раствор вещества **B** на холоде пропустили избыток сернистого газа. При этом выделился темно-красный осадок вещества **A**, масса которого после сушки составила 3,97 г.



Дополнительные опыты с веществом **A** показали, что при нагревании он превращается в продукт **Г** темного цвета, с блестящей поверхностью, растворимый в сероуглероде.

1. Определите вещества **A**, **B** и **B**, считая, что выход первого и второго превращения составляет 100%. Рассчитайте выход последней реакции. **(4 балла)**
2. Напишите уравнения описанных реакций. **(3 балла)**
3. Каковы физические свойства вещества **A**? Опишите электрические свойства **A** и **Г**. Какое из них нашло применение в электротехнике? **(1 балл)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 4. Соединения серебра

Бинарные соединения **A** и **B** содержат по 87,1 масс.% серебра. Оба вещества представляют собой чёрные кристаллы, практически нерастворимые в воде. В концентрированной азотной кислоте растворяются оба соединения с выделением бурого газа **B** с плотностью по водороду 23 (в случае вещества **A**) и бесцветного газа **Г** с плотностью по водороду 16 (в случае вещества **B**).

1. Определите неизвестные вещества **A – Г**. Ответ подтвердите расчётом. (4 балла)
2. Напишите уравнения реакций взаимодействия соединений **A** и **B** с концентрированной азотной кислотой. (3 балла)
3. Определите степень окисления серебра в соединениях **A** и **B**. (1 балл)

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 5. Связь с золотом

Органическое соединение **A** при обычных условиях представляет собой кристаллическое вещество белого цвета с температурой плавления 37-42°C. Сжигание 1,900 г соединения **A** приводит к образованию трех газообразных продуктов и воды. Суммарный объем газообразных продуктов процесса горения составляет 2,554 л (н.у.). Продукты горения способны обесцветить 10,0 мл кислого раствора дихромата калия с концентрацией $K_2Cr_2O_7$ 0,507 М. Прошедшие через реактор с дихроматом калия газообразные продукты пропустили через известковый раствор. Масса выделившегося осадка составила 9,12 г.

Благодаря особому расположению функциональных групп, соединение **A** имеет высокую практическую значимость в области химии поверхности и нанохимии как агент, модифицирующий поверхность золота, серебра и кремния. Так, для модифицирования поверхности пленок золота, пластинки помещают в раствор соединения **A** в этиловом спирте, а затем в этиловый спирт на несколько дней для удаления избытка реагента.

Для синтеза химически модифицированных наночастиц золота также применяют соединение **A** и два его структурных изомера.

1. Назовите соединение **A**. Изобразите его структурную формулу. (3 балла)
2. Напишите уравнения упомянутых реакций. (3 балла)
3. Приведите формулы двух структурных изомеров соединения **A**, имеющих такие же функциональные группы. (1 балл)
4. Каким образом соединение **A** и его структурные изомеры образуют химическую связь с поверхностью наночастиц золота? (1 балл)

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Задача 6. «Угадайка»

Неизвестное вещество **X** массой 16 г при нагревании в токе водорода превратилось в порошок **Y** массой 6,4 г и летучие пары, которые, реагируя с безводным сульфатом меди(II), увеличивают его массу на 10,8 г. Вещество **Y** реагирует с соляной кислотой с выделением газа **L**, имеющего плотность по водороду 13. Полученный при этом раствор при действии на него избытком карбоната натрия выделяет белый осадок **Z** массой 10,0 г, растворимый в кислотах. Нагревание газа **L** на катализаторе FeCl_3 приводит к образованию нанотрубок вещества **M**.

Определите все неизвестные вещества (подтвердите расчетами) и напишите уравнения всех реакций.

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Задача 7. Графен для сорбции

Двумерный материал графен обладает рекордно большой поверхностью. Но как можно экспериментально определить эту величину? В вашем распоряжении имеется камера, заполненная парами азота и весы.

1. Какие измерения вы предлагаете сделать? Опишите ваш эксперимент. **(2 балла)**
2. При какой температуре его следует проводить? **(1 балл)**
3. Запишите формулу, которая позволит рассчитать площадь поверхности графена в единицах $\text{м}^2\text{г}^{-1}$ по вашим экспериментальным данным. Примите, что молекула азота занимает на углеродной поверхности площадь $16,2 \text{ \AA}^2$. **(1,5 балла)**
4. Какие допущения вы сделали при выводе вашей расчетной формулы? **(0,5 балла)**
5. А можно рассчитать площадь поверхности графена без эксперимента? Вам известно расстояние между атомами углерода в графене, оно равно $1,415 \text{ \AA}$. Запишите нужную расчетную формулу. Объясните ее вывод. **(2 балла)**
6. По вашей формуле проведите численный расчет. Ответ нужно дать в $\text{м}^2\text{г}^{-1}$. **(1 балл)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 8. Химия моллюсков

Прочность зубов некоторых моллюсков обусловлена наличием в них нановолокон вещества **X**, погруженных в белково-хитиновый матрикс. Для выделения вещества **X** юный экспериментатор обработал препарат зубов моллюска соляной кислотой. При этом образовался желтый раствор вещества **Y**, с которым были проделаны следующие эксперименты:

- (1) При действии на **Y** раствором нитрата серебра выпадает белый творожистый осадок.
- (2) При добавлении в раствор **Y** медной пластинки раствор бледнеет.
- (3) При действии на **Y** иодидом калия раствор приобретает коричневый цвет, при высокой концентрации реагентов из раствора могут выделиться серые блестящие кристаллы.
- (4) При добавлении к раствору **Y** водного раствора аммиака выпадает коричневый осадок, который при слабом нагревании постепенно переходит в **X**.

1. Определите состав вещества **X**, если известно, что при нагревании **X** в избытке водорода масса твердого остатка составляет 62,8% от массы **X**. **(2 балла)**
2. Запишите уравнения всех упомянутых реакций. **(6 баллов)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап)

Задача 9. Пористый оксид алюминия

Юный гений Колбочков поступил на Факультет Наук о Материалах и начал работать в Группе электрохимического наноструктурирования. Научный руководитель дал ему задачу синтезировать пористый анодный оксид алюминия (АОА, рис. 1). Колбочков закрепил алюминий на установке и подключил программу. После окончания процесса на компьютере высветился график анодного окисления – зависимость силы тока от времени (рис. 2), из которой студент очень легко посчитал плотность АОА.

1. Рассчитайте плотность пористого анодного оксида алюминия, если в результате синтеза образовался оксид массой 1,08 г, при этом при прохождении 2 Кл через алюминий образуется 1 мкм АОА на 1 см² площади образца. **(6 баллов)**

На следующий день Колбочков снова пришёл анодировать, но вечером аспирант Пробиркин изменил программу, и после анодирования получился другой график (рис. 3). Масса образца была такой же, как и в предыдущем опыте.

2. Изменилась ли плотность АОА? Объясните влияние силы тока на плотность. **(2 балла)**

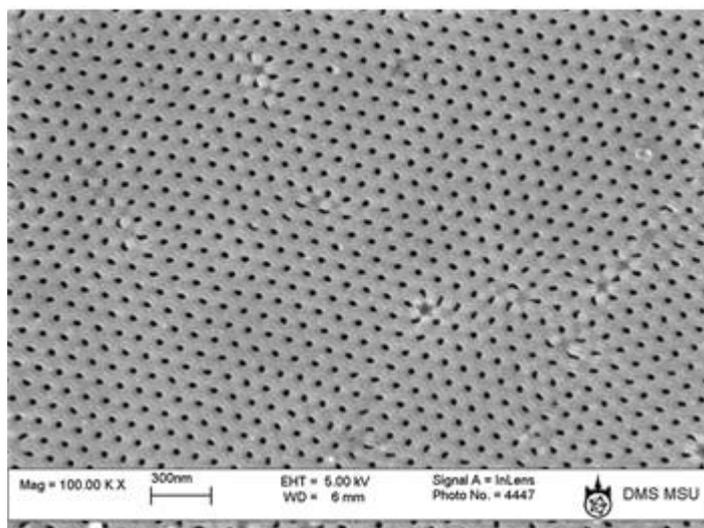


Рис. 1. Пористая структура АОА.
 Изображение с сайта eng.fnm.msu.ru

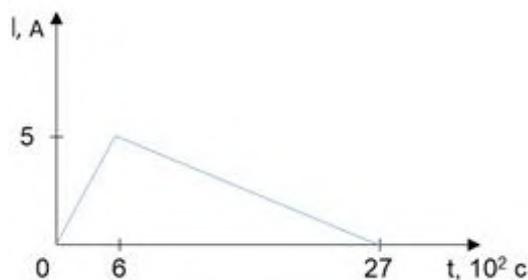


Рис. 2

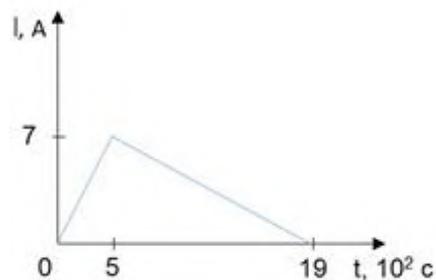


Рис.3.

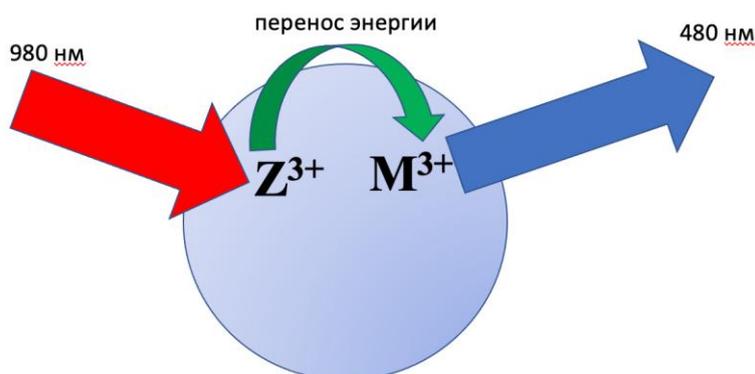
Всего – 8 баллов



Химия для школьников 10 – 11 классов (отборочный этап) Задача 10. Материал для ап-конверсии

Для получения нанокристаллов вещества X в системе $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{NaF}-\text{L}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2$ студент приготовил смесь карбонатов натрия и кальция с фторидом натрия, оксидами алюминия, кремния и элемента L, содержащего небольшое количество родственных друг другу элементов Z и M. Известно, что Z и M расположены в Периодической системе по соседству, один из них назван в честь легендарного острова на севере Европы, а второй – в честь населенного пункта.

Эту смесь он засыпал в платиновый тигель, который поместил в электропечь и нагрел до 1500°C (нагревательные элементы в печи выполнены из MoSi_2). Полученный вязкий расплав студент вылил на горячую стальную плиту с ограничителями и поставил ее на 1 час в муфель, нагретый до 500°C . Полученный материал представлял собой прозрачную пластину. При нагревании до 600°C пластина оставалась прозрачной, но начинала испускать свет под действием ИК-излучения. Механизм этого процесса, называемого ап-конверсией, представлен на рисунке.



Длительное нагревание пластины в этих условиях приводило к помутнению материала, вызванного образованием кристаллической фазы X. Для получения крупных кристаллов X смешивали растворы хлоридов Z, L, M в органическом растворителе с раствором гидрофторида аммония. Смесь нагревали в автоклаве при 170°C . Из раствора выделялись кристаллы X. Известно, что массовая доля элемента L в веществе X, не содержащем атомов Z и M, составляет 47,34%.

1. Определите вещество X, химические элементы Z, L, M. Подтвердите расчетом. **(4 балла)**
2. Зачем полученный материал вновь нагревают, помещая его в муфельную печь? **(1 балл)**
3. Какой класс неорганических материалов получен после длительно вторичного нагревания? **(1 балл)**
4. Выскажите предположение, почему после нескольких синтезов данного материала печь выходит из строя. **(2 балла)**

Всего – 8 баллов