

Время выполнения заданий – 180 минут

Максимальное количество баллов – 100

Задание 1 (20 баллов)

[Справочные таблицы](#)

Для скачивания документа нажмите на ссылку правой кнопкой мыши и выберите «Открыть в новой вкладке».

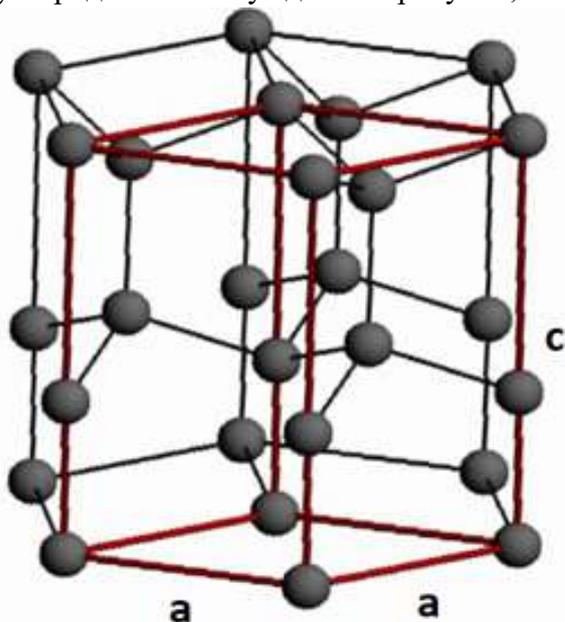
Химический анализ неизвестного минерала А показал, что при его обжиге выделяется газ В и остается твердое вещество С. Твердый остаток С нагрели до  $500^{\circ}\text{C}$  на воздухе, при этом образовалось оранжевое вещество D, которое при добавлении в азотную кислоту образовало бесцветный раствор и темно-коричневый осадок E.

**Вопросы:**

1. Определите состав веществ А-Е, если известно, что газ В обесцвечивает подкисленный раствор перманганата калия, а вещество E, наоборот, придает фиолетовую окраску сернокислому раствору сульфата марганца (II).
2. В старых картинах использовался пигмент X, который со временем чернел и превращался в вещество, аналогичное по составу минералу А. Художники-реставраторы для того, чтобы вернуть пигменту X его изначальный белый цвет, обрабатывают картины пероксидом водорода. Запишите две реакции, соответствующие почернению пигмента и восстановлению его белого цвета.

Задание 2 (20 баллов)

Перед вами элементарная ячейка (выделена красным цветом) одной из аллотропных модификаций углерода – лонсдейлита. На этом рисунке серыми шарами обозначены атомы углерода. Используя данный рисунок, ответьте на несколько вопросов, приведенных ниже.



Вопросы:

1. Элементарная ячейка – это минимальный объем кристалла, параллельными переносами которого по трем осям координат можно построить кристаллическую структуру. На рисунке видно, что элементарной ячейкой является красный параллелепипед, который можно сдвинуть по трем осям координат. Тогда можно ли представить в виде элементарной ячейки гексагональную призму, т.е. всю структуру, изображенную на рисунке (здесь мы не учитываем, что элементарная ячейка – минимальный объем кристалла)? Если можно, приведите пример (рисунок), если нельзя, докажите, почему.

2. Рассчитайте плотность лонсдейлита до 3 знака после запятой (в г/см<sup>3</sup>).

*Внимание: данный пункт без расчетов не оценивается.*

Дополнительная информация:  $a = 2.52 \text{ \AA}$ ,  $c = 4.18 \text{ \AA}$ ,  $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ м}$

Площадь параллелограмма:  $S = ab \sin \alpha$ , объем призмы =  $Sh$  ( $S$  – площадь основания призмы,  $h$  – высота)

### Задание 3 (20 баллов)

2.13 г средней соли **A** элемента **X** легко реагируют с 600 мл 0.05 моль/л раствора гидроксида натрия с образованием 0,78 г белого осадка **B**. Однако, если добавить ещё 200 мл NaOH с той же концентрацией, весь выпавший осадок растворится, и образуется 1,18 г соединения **C**. Если же прокалить **B** при температуре 600<sup>0</sup>C, образуется вещество **D**. Потеря массы при этом составит 34,62%.

1. Определите все вещества **A – D**, элемент **X**, и напишите уравнения всех описанных реакций. Все свои предположения подтвердите расчётом.

Известно, что вещество, образованное элементом **X**, используют в металлургии для получения металлов из их оксидов. Например, таким способом можно получать Cr из Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, а в качестве побочного продукта образуется вещество **D**.

2. Как называют метод получения металлов с помощью **X**? Напишите уравнения реакции получения хрома из его оксида. Экзотермическим или эндотермическим является этот процесс?

Оказалось, что если вместо **A** взять непосредственно элемент **X** и подействовать щёлочью на него, то сразу же образуется **C**, при этом выделяется лёгкий газ **E**, молярная масса которого меньше массы гелия.

3. Напишите уравнение реакции и определите газ **E**.

### Задание 4 (20 баллов)

Наночастицы (от лат. nanos – карлик) в современном мире находят все больше и больше применения. В следующей задаче будут описаны некоторые методы получения наночастиц и их свойства.

Опыт №1

В стакан наливают 10 мл 0.5 М раствора хлорида железа (II) и 20 мл 0.5 М раствора хлорида железа (III). После этого в другой стакан объемом 0.5 л добавляют 170 мл нашатырного спирта и 30 мл изопропилового спирта. Далее ставят стакан с нашатырным спиртом на магнитную мешалку и при перемешивании приливают раствор солей железа, при этом постепенно выпадает черный осадок. После этого стакан ставят на магнит и аккуратно сливают половину жидкости, заменяя ее дистиллятом, и перемешивают. Эту процедуру повторяют 2-3 раза, в итоге сливая максимум жидкости. К полученной кашеце добавляют 1-2 мл олеиновой кислоты (CH<sub>3</sub>(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>CH=CH(CH<sub>2</sub>)<sub>7</sub>COOH) и перемешивают при 80-

90°C 20 минут, после чего извлекают магнит, добавляют керосин и удаляют водный слой. Верхний черный слой оставляют для дальнейшего применения.

1. Напишите: какое вещество мы получили в данном опыте; название минерала с таким же составом; какими свойствами обладает данное вещество.
2. Экспериментатор приготовил растворы хлорида железа, но отвлекся на месяц для проведения другого эксперимента. Вернувшись через месяц, он провел процедуру синтеза наночастиц, но они не обладали нужными свойствами. Почему эксперимент не удался?
3. В некоторых статьях по получению описанных выше наночастиц берут небольшой избыток раствора соли железа (II). Объясните, с чем это связано, и скажите, какую соль железа (II) необходимо применить, чтобы проводить реакцию без избытка соли Fe(II).

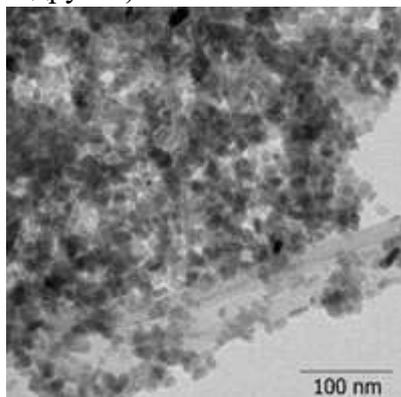
#### Опыт №2

Простое вещество желтого цвета растворили в смеси концентрированных азотной и соляной кислот. Полученное вещество выделяют и делают из него раствор с концентрацией 1 ммоль/л, после чего наливают 20 мл этого раствора в стакан. Стакан устанавливают на магнитную мешалку, после чего нагревают и при перемешивании добавляют 3 мл 25 ммоль/л раствора цитрата натрия. Нагрев продолжают около 10 минут, пока не образуется рубиновая окраска вещества X. После этого раствор вещества X охлаждают. В зависимости от восстановителя и ионной силы среды могут образоваться пурпурный раствор вещества Y и синий раствор вещества Z.

4. Определите вещества X-Z.

#### Задание 5 (20 баллов)

Для современных технологий большой интерес представляют новые магнитные материалы, в частности, магнитные жидкости. Получение стабильной жидкости, в которой диспергированы магнитные частицы, расширяет спектр применения магнитного материала, позволяя получать покрытия из частиц; а сами магнитные жидкости обладают рядом полезных свойств, которыми не обладает твердый материал (биомедицинские, оптические и другие).



Одним из наиболее перспективных материалов, способным образовывать стабильные коллоидные растворы, является X (снимок с просвечивающего электронного микроскопа представлен выше). Обычно X получают при помощи стеклокерамического метода: смесь прекурсоров ( $\text{SrCO}_3$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{H}_3\text{BO}_3$ ) в стехиометрических соотношениях, соответствующих составу стекла, смешивают, после чего подвергают высокотемпературному плавлению и быстрой закалке для получения стекла. Затем стекло отжигают для кристаллизации соответствующего вещества. Частицы X выделяют растворением боратной матрицы в

растворе соляной кислоты. После последней отмывки частицы заливают дистиллированной водой, таким образом, получая коллоидный раствор.

Вопросы:

1. Рассчитайте состав стекла, если для его получения взяли 134,68 г  $\text{SrCO}_3$ , 67,2 г  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  и 52,08 г  $\text{H}_3\text{BO}_3$ .
2. Рассчитайте формулу **X**, если после отмывки частицы взвесили и оказалось, что образец потерял 61,05% от изначальной массы, а элементный анализ показал, что в продукте содержится 8,27% стронция и 63,158% железа по массе.
3. К чему может привести чрезмерная отмывка соляной кислотой вещества **X**?
4. Одним из способов изменения магнитных свойств вещества является замещение атомов, входящих в его состав. Обычно замещаются атомы, имеющие схожий заряд, чтобы не менять кристаллическую структуру. Например, при добавлении к стандартным прекурсорам  $\text{NaHCO}_3$  и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  при помощи описанного стеклокерамического синтеза с изменёнными условиями возможно получить вещество **Y**, которое представляет собой **X**, но с замещением отдельных атомов железа на атомы алюминия. Рассчитайте состав **Y**, если известно, что массовая доля алюминия в данном соединении равна 1,523%.
5. Предположите, зачем нужна такая сложная методика с использованием боратного стекла. Почему нельзя просто сплавить прекурсоры без борной кислоты, измельчить полученный сплав и залить водой?