



## Химия. Отборочный этап

Химия

Категория участников: школьники 7-11 классов

Блок теоретических заданий отборочного этапа по **химии для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на заключительный этап желательно решить задачи не только по химии, но и по математике, биологии, физике, чтобы набрать больше баллов. Дополнительные баллы (50%) будут добавлены за прохождение **тестов ЗНТШ** по [химии](#), [физике](#), [математике](#), [биологии](#).

Перед отправкой заявки, пожалуйста, внимательно ознакомьтесь с [инструкцией по загрузке работ](#).

### Задания

#### 1. Материалы для химических источников тока

Элемент X – один из наиболее часто используемых элементов в химических источниках тока. При взаимодействии простого вещества X с кислородом образуется вещество А белого цвета, принадлежащее к классу соединений I. Элементы, находящиеся в одной группе с элементом X...

#### 2. Оксид графена

Графеном называют двумерный слой, плоскость, отделенную от кристалла графита. Известно химическое соединение, которое называется оксид графита (ОГ). Оно образуется в результате химической реакции графита со смесью перманганата калия и серной кислоты...

#### 3. Кремниевые нановискеры

В результате взаимодействия тетрахлорида кремния с водородом, взятых в стехиометрическом соотношении, были синтезированы кремниевые нановискеры диаметром 50 нм, при этом количество водорода уменьшилось в 4 раза...

#### **4. Масса мембраны**

Мембраны из оксида алюминия можно получить анодным окислением алюминиевой пластинки, в результате которого пористая оксидная плёнка растёт непосредственно на самой металлической заготовке. Однако для дальнейшего применения таких мембран необходимо...

#### **5. Сложный оксид**

В результате обжига в инертной атмосфере при 1200°C смеси оксалата двухвалентного металла А (белый порошок) и оксалата двухвалентного металла В (розовый порошок), взятых в мольном соотношении 9:1, был синтезирован зелёный порошок соединения С...

#### **6. Новое соединение**

В химическую лабораторию для подтверждения элементного состава поступил новый образец, представляющий собой белые пластинчатые кристаллы размером до нескольких миллиметров. Согласно заявке, образец представляет собой новое соединение...

#### **7. Нанонити**

С помощью метода гидротермального синтеза учеными был синтезирован новый материал с удельной площадью поверхности более 50 м<sup>2</sup>/г. Электронная микроскопия образца показала, что частицы имеют форму нанонитей длиной более 1 см, толщиной 3-5 мкм...

#### **8. Дружелюбные белки**

Белки выполняют самые разнообразные функции в организме. В ряде случаев они образуют наноразмерные комплексы с представителями других классов биологически важных молекул, причем способность к комплексообразованию, во многом, определяется свойствами боковых заместителей...

#### **9. Наночастицы на целлюлозе**

Для синтеза наночастиц металла **X** на поверхности целлюлозы можно использовать восстановитель **Y** – вещество белого цвета, растворимое в воде и нерастворимое в эфире. Раствор **Y** в воде неустойчив, и при хранении из него выделяется легкий горючий газ. Этот процесс можно ускорить...

## 10. Превращения наночастиц

Синтез сферических наночастиц **X** проводили путем взаимодействия бесцветной жидкости **A** с водно-этанольным раствором. В ходе реакции концентрация этанола в растворе повысилась, хотя выделения газов не наблюдалось. В результате реакции образовался коллоидный раствор...



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 1. Материалы для химических источников тока

Элемент X – один из наиболее часто используемых элементов в химических источниках тока. При взаимодействии простого вещества X с кислородом образуется вещество А белого цвета, принадлежащее к классу соединений I. Элементы, находящиеся в одной группе с элементом X, взаимодействуют с кислородом с образованием веществ других классов: элемент Y образует соединение В бледно-желтого цвета, принадлежащее к классу II, остальные элементы образуют соединения оранжевого или коричневого цвета, принадлежащие к классу III.

1. Определите неизвестные элементы и вещества, запишите уравнения описанных реакций, укажите названия упомянутых классов соединений. **(4,5 балла)**

Соединение С элемента X, принадлежащее к классу II, является перспективным материалом для химических источников тока из-за рекордного напряжения батареи и высокой плотности энергии. Однако, данное вещество является диэлектриком, поэтому электрохимические реакции могут проходить лишь на поверхности электрода. Возможным решением данной проблемы является создание проводящей суспензии наночастиц вещества С. Для исследования они были синтезированы следующим способом: простое вещество X массой 0,282 г растворили в 400 мл 96%-го этилового спирта (реакция 1), после чего в полученный раствор резко вливали 3 мл 37%-й перекиси водорода (реакция 2). После окончания реакции растворитель удаляли при помощи вакуумной перегонки.

2. Определите соединение С. Запишите общее уравнение реакции, проходящей при разряде такого металл-кислородного аккумулятора. **(1 балл)**
3. Запишите уравнения реакций 1 и 2. **(1,5 балла)**
4. Почему в синтезе наночастиц предпочтительнее перегонка при пониженном давлении? **(1 балл)**
5. Найдите массу полученного в результате синтеза вещества С. Выход примите равным 100%. **(0,5 балла)**
6. Рассчитайте ЭДС реакции из п. 2, если известно, что электрохимическая ячейка с таким количеством вещества С может запастись энергией в 11,42 кДж. **(1,5 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 2. Оксид графена

Графеном называют двумерный слой, плоскость, отделенную от кристалла графита. Известно химическое соединение, которое называется оксид графита (ОГ). Оно образуется в результате химической реакции графита со смесью перманганата калия и серной кислоты. Твердый оксид графита имеет приблизительную формулу  $\text{CO}_x\text{H}_y$ , где  $x = 0,3-0,6$ ,  $y = 0,05-0,2$ .

1. Водный раствор  $\text{CO}_x\text{H}_y$  называют раствором оксида графена. Почему? Почему не существует водного раствора графена? **(1 балл)**
2. Твердый  $\text{CO}_x\text{H}_y$  – это порошок, состоящий из сферических частиц радиусом 1 мкм. Частицы сохраняют слоистую структуру графита. Расстояние между слоями – 10 Å. Плотность материала составляет  $d = 2 \text{ г/см}^3$ . Какую максимальную концентрацию оксида графена (размерность концентрации: «число 2D-структур»/л) можно получить, если растворить в 10 мл воды 5 мг  $\text{CO}_x\text{H}_y$ ?  
 Какова средняя площадь получающихся двумерных структур?  
 Какова будет концентрация 2D структур средней площади? **(4 балла)**

ОГ в водном растворе способен сорбировать катионы металлов, например,  $\text{Pb}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$  и, таким образом, очищать воду. На рисунке ниже показано возможное расположение кислородсодержащих групп на поверхности оксида графена (модель Лерфа-Клиновского).

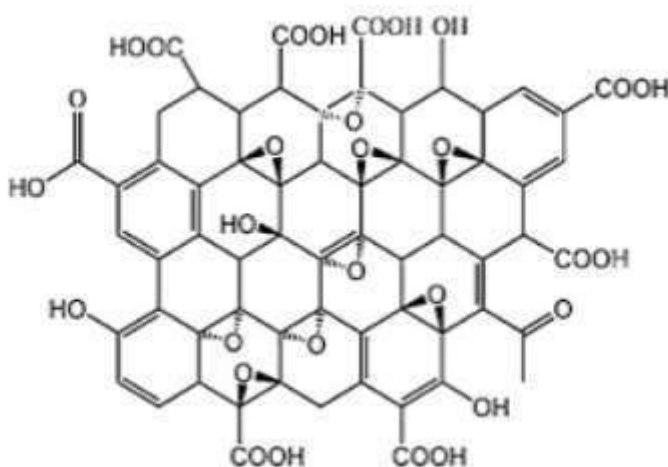


Рис. 1. Модель оксида графена

3. Как может связываться катион  $\text{Pb}^{2+}$  с поверхностью оксида графена? Укажите три возможных типа присоединения.  
 Как влияет на сорбцию катиона свинца pH водного раствора?  
 Влияние pH раствора на сорбцию является термодинамическим или кинетическим фактором? **(3 балла)**
4. Количество сорбированного катиона  $\alpha(\text{Fe}^{3+})$ , по экспериментальным данным, пропорционально концентрации 2D-структур в растворе,  $c_{2D}$ , при низких концентрациях. При увеличении концентрации зависимость становится более сложной – степенной:  $\alpha(\text{Fe}^{3+}) \sim c_{2D}^x$ , где  $1 < x < 2$ . Объясните подобное явление. **(2 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 3. Кремниевые нановискеры

В результате взаимодействия тетрахлорида кремния с водородом, взятых в стехиометрическом соотношении, были синтезированы кремниевые нановискеры диаметром 50 нм, при этом количество водорода уменьшилось в 4 раза, а давление в камере реактора объёмом 1 л увеличилось на 5 кПа. Температура в течение всего процесса составляла 363°C.

1. Напишите уравнение реакции синтеза кремниевых нановискеров. **(2 балла)**
2. Определите массу синтезированных нановискеров. **(5 баллов)**
3. Рассчитайте суммарную длину всех нановискеров. Плотность кремния 2,33 г/см<sup>3</sup>. Нановискеры можно считать идеальными цилиндрами. **(3 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 4. Масса мембраны

Мембраны из оксида алюминия можно получить анодным окислением алюминиевой пластинки, в результате которого пористая оксидная плёнка растёт непосредственно на самой металлической заготовке. Однако для дальнейшего применения таких мембран необходимо удалять металлический алюминий, который остаётся в виде подложки после завершения процесса окисления. Для этого часто используют селективное растворение алюминия в присутствии его оксида.

1. Что из перечисленного можно использовать для селективного удаления алюминия?

- a. 12%-й раствор NaOH
- b. 9%-й раствор HCl
- c. 6%-ный раствор  $\text{CuCl}_2$
- d. 3%-й раствор  $\text{Br}_2$

Ответ обоснуйте, запишите уравнения соответствующих химических реакций.  
**(5 баллов)**

2. Для экспериментов синтезировали две мембраны из оксида алюминия. Обе представляют собой плёнки площадью  $S = 2 \text{ см}^2$  и толщиной  $H = 200 \text{ мкм}$ , которые пронизаны сквозными цилиндрическими порами. Число пор в единице объёма обеих мембран одинаково и составляет  $n = 98$  пор на  $1 \text{ мкм}^3$ , однако диаметр пор в первой мембране равен  $d_1 = 20 \text{ нм}$ , а во второй  $d_2 = 50 \text{ нм}$ . Определите, во сколько раз отличаются плотности этих мембран. **(5 баллов)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 5. Сложный оксид

В результате обжига в инертной атмосфере при 1200°C смеси оксалата двухвалентного металла А (белый порошок) и оксалата двухвалентного металла В (розовый порошок), взятых в мольном соотношении 9:1, был синтезирован зелёный порошок соединения С, состоящий из шарообразных наночастиц радиуса 30 нм. Известно, что из 2,0240 г исходной смеси оксалатов образовалось 1,0699 г вещества С, а молярная масса оксалата металла А в 1,8998 раза больше молярной массы соединения С.

1. Определите металлы А и В, а также состав соединения С. Ответ подтвердите расчётом. **(6 баллов)**
2. Напишите уравнение реакции обжига с образованием наночастиц вещества С. **(1 балл)**
3. Рассчитайте площадь поверхности всего полученного порошка, если плотность соединения С равна 5,65 г/см<sup>3</sup>. **(3 балла)**

**Всего – 10 баллов**





## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 6. Новое соединение

В химическую лабораторию для подтверждения элементного состава поступил новый образец, представляющий собой белые пластинчатые кристаллы размером до нескольких миллиметров. Согласно заявке, образец представляет собой новое соединение, о котором известно, что оно устойчиво на воздухе в сухих условиях, однако при контакте с этанолом или водой кристаллы окисляются воздухом.

Был проведен рентгенофазовый анализ, показавший весьма сложный вид дифрактограммы для образца. Состав соединения установлен не был.

Образец был термически разложен в токе кислорода. При этом термическая обработка 1,000 мг образца до температуры 500°C привела к образованию черного продукта массой 0,356 мг. Черный осадок не растворяется в воде, однако растворяется в серной кислоте при нагревании, окрашивая раствор в голубой цвет. Остальные элементы, входящие в состав соединения, были удалены в виде газообразных продуктов. Масса элемента с  $A_r = 80$  в составе газообразных продуктов составила 0,537 мг.

Образец исходного вещества растворили в концентрированной серной кислоте. Реакция растворения прошла бурно. Образовалась пена, а раствор окрасился в коричневый цвет. Взбалтывание раствора с несколькими каплями бензола приводит к окрашиванию слоя бензола в коричневый цвет и обесцвечиванию водной фазы.

В ЯМР спектре  $^{15}\text{N}$  исходного соединения имеется единственный пик при 148 ppm, а в ЯМР на ядрах  $^{13}\text{C}$  – три пика: при 146,2 ppm, 142,1 ppm и 127,1 ppm.

1. Назовите соединение, которое принесли на анализ. Приведите его брутто-формулу. Запишите реакции окисления и термического разложения соединения. **(7 баллов)**
2. Предложите способ синтеза данного соединения. Запишите уравнения реакций, укажите условия их протекания (растворитель, атмосфера, иные условия). **(3 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 7. Нанонити

С помощью метода гидротермального синтеза учеными был синтезирован новый материал с удельной площадью поверхности более  $50 \text{ м}^2/\text{г}$ . Электронная микроскопия образца показала, что частицы имеют форму нанонитей длиной более 1 см, толщиной 3-5 мкм (рис. 1). Образец нанонитей имеет желтоватый цвет (рис. 1, вставка).

Для проведения химического анализа навеску вещества попробовали растворить в азотной кислоте, однако она растворилась не полностью, образовав бледно-желтый раствор. Полное растворение произошло лишь при добавлении перекиси водорода, при этом процесс сопровождался бурным выделением газа и изменением цвета раствора на бордовый. Анализ показал присутствие единственного металла в составе материала.

При постепенном нагревании образца материала в токе воздуха до температуры  $700^\circ\text{C}$  было показано, что при  $370^\circ\text{C}$  потеря массы образцом составляет 4,71% за счет паров воды. Выше  $500^\circ\text{C}$  нанонити спекаются, образуя более крупные частицы, однако изменения массы не происходит. При температурах выше  $600^\circ\text{C}$  образец приобретает более темную окраску, что может быть вызвано изменением стехиометрии соединения, сопровождающегося постепенной потерей массы за счет удаления кислорода.

При проведении последнего эксперимента был выбран алундовый тигель, так как новый материал способен при нагревании бурно реагировать с алюминием с выделением тепла.

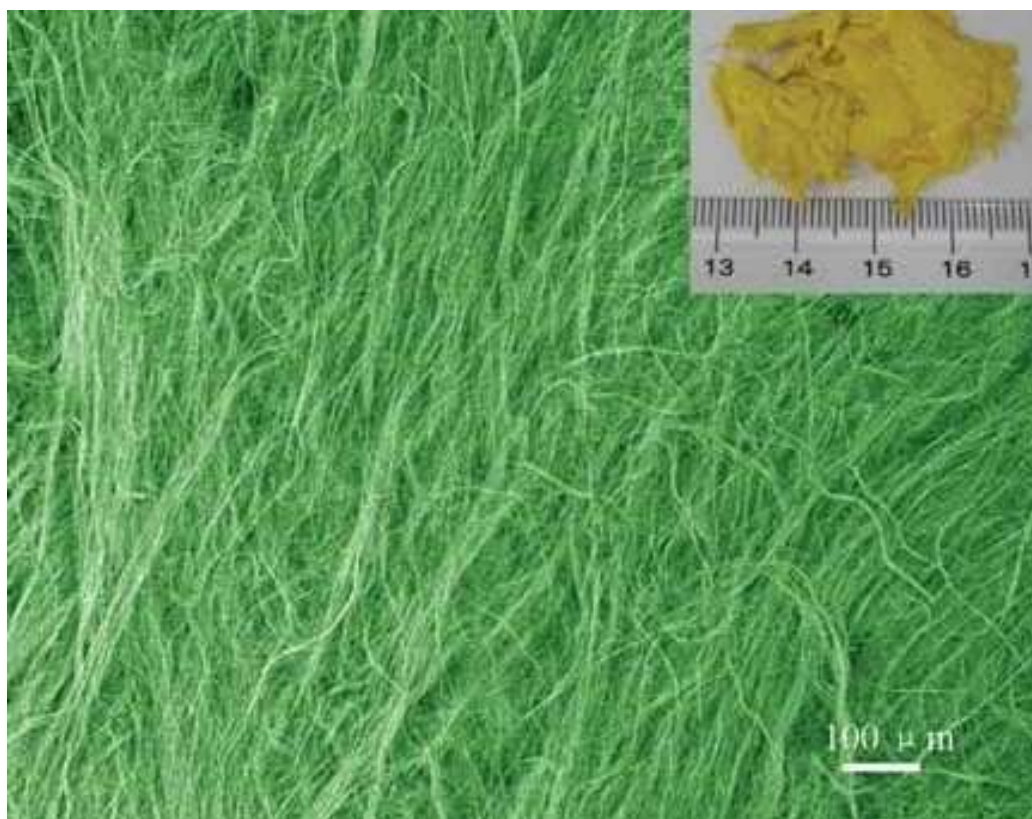


Рис. 1. Микрофотография нанонитей. На вставке – фотография образца материала

1. Предположите состав соединения. Ответ подтвердите расчетом. (4 балла)

2. Напишите уравнения всех упомянутых химических реакций. **(3 балла)**
3. Может ли полученный материал быть перспективен для применения в литий-ионных аккумуляторах? Ответ обоснуйте. **(2 балла)**
4. Предложите возможное практическое применение для нанонитей, покрытых наночастицами золота. **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**

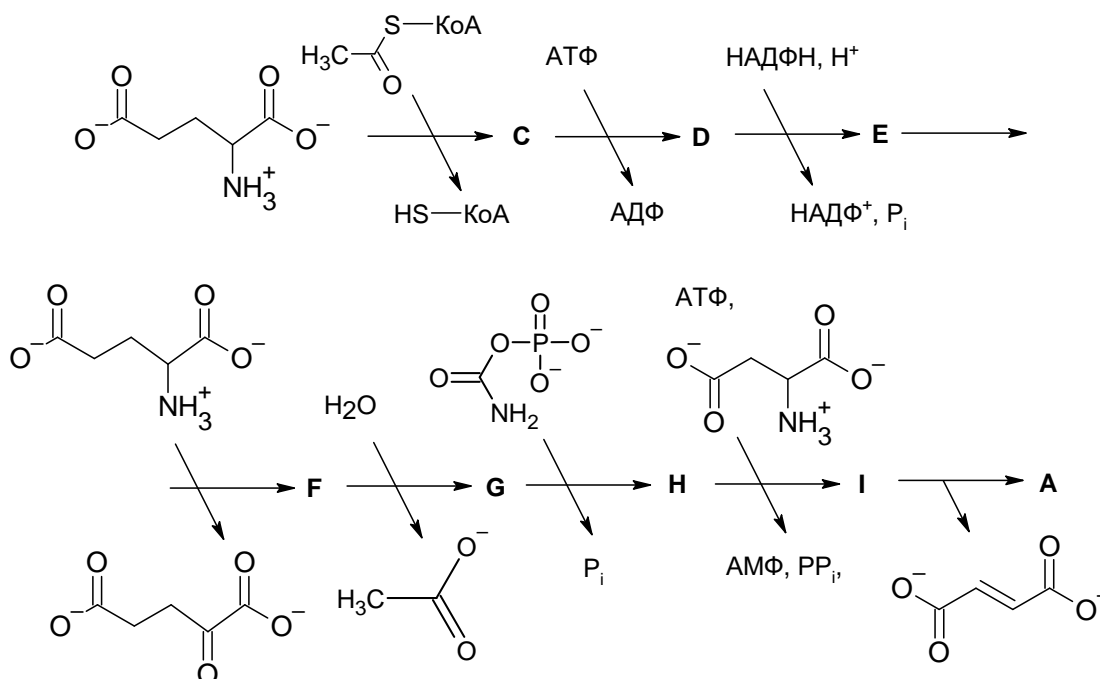


## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 8. Дружелюбные белки

Белки выполняют самые разнообразные функции в организме. В ряде случаев они образуют наноразмерные комплексы с представителями других классов биологически важных молекул, причем способность к комплексообразованию, во многом, определяется свойствами боковых заместителей аминокислотных остатков, входящих в состав белка.

Остатки канонических  $\alpha$ -аминокислот **A** и **B** входят в состав белков, способствующих правильной упаковке полимерных биомолекул (ПБ), содержащих в своем составе азотистые основания. Путь биосинтеза **A** из глутамата (аниона глутаминовой кислоты) представлен ниже:



1. (4.5 балла) Изобразите структуры A – I, если известно, что:

- АТФ, АДФ и АМФ – аденозинтри-, ди- и монофосфат,  $\text{NADP}^+$   $\text{NADPH}$  – окисленная и восстановленная формы никотинамидадениндинуклеотидфосфата, соответственно,  $\text{P}_i$  – неорганический фосфат,  $\text{KoA-SH}$  – кофермент А;
- в **C** присутствует амидная связь;
- в **D** присутствует ангидридная связь;
- фосфорилирование **C** необходимо для активации группы, вступающей в реакции на последующей стадии;
- **G** - неканоническая  $\alpha$ -аминокислота, являющаяся гомологом **B** (содержит на одну  $\text{CH}_2$ -группу меньше);
- **H** – трикарбоновая аминокислота.

2. **G** может быть получена из **A** в результате одностадийного процесса. Запишите данную реакцию. (0.5 балла)

3. В каком типе взаимодействий участвуют боковые заместители **A** и **B** при образовании комплекса с ПБ? **(0.5 балла)**

Белки, содержащие остатки **A** и **B**, образуют белковый октамер (БО) за счет гидрофобных взаимодействий между субъединицами. БО в первом приближении можно представить в виде куба, который может быть вписан в сферу радиусом 7 нм. При комплексообразовании ПБ «накручивается» на БО, делая 1,8 витка вокруг минимального сечения куба октамера.

4. Рассчитайте количество контактов между группами ПБ и одного БО, если длина мономерного остатка в ПБ составляет 0.35 нм. **(2 балла)**
5. Помимо взаимодействия с боковыми заместителями остатков **A** и **B**, ПБ контактирует с группами основной цепи белка. Укажите тип связи данных контактов. **(0.5 балла)**
6. Как повлияет на прочность всего комплекса БО и ПБ внесение в систему все возрастающих количеств изопропанола? **(1 балл)**
7. Изобразите общую формулу мономерного звена ПБ (обозначьте азотистое основание как **N**), если при биосинтезе мономера требуются восстановительные эквиваленты NADPH вне зависимости от азотистого основания. **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 9. Наночастицы на целлюлозе

Для синтеза наночастиц металла **X** на поверхности целлюлозы можно использовать восстановитель **Y** – вещество белого цвета, растворимое в воде и нерастворимое в эфире. Раствор **Y** в воде неустойчив, и при хранении из него выделяется легкий горючий газ. Этот процесс можно ускорить металлическими катализаторами и использовать в топливных элементах.

Синтез наночастиц проводят так: бумажную салфетку вымачивают в растворимой соли металла **X**, затем промывают в этиловом спирте и помещают в водный раствор вещества **Y**.

Соль металла **X** можно получить растворением 2,00 г металлического **X** в избытке 50%-го раствора азотной кислоты. При этом из полученного раствора максимально можно выделить 3,15 г соли.

Вещество **Y** получают из бесцветной жидкости **Z**, сгорающей на воздухе зеленым пламенем, и гидрида натрия. Массовая доля самого тяжелого элемента в **Y** составляет чуть больше 60%.

1. Определите неизвестные вещества **X**, **Y**, **Z**. Подтвердите расчетами. **(6 баллов)**
2. Запишите уравнения всех описанных реакций. **(3 балла)**
3. Для каких целей может быть использована целлюлоза с нанесенными на нее наночастицами **X**? **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (отборочный этап)

### Задача 10. Превращения наночастиц

Синтез сферических наночастиц **X** проводили путем взаимодействия бесцветной жидкости **A** с водно-этанольным раствором. В ходе реакции концентрация этанола в растворе повысилась, хотя выделения газов не наблюдалось. В результате реакции образовался коллоидный раствор (золь) наночастиц **X** размером от 10 до 100 нм. Полученный золь смешали с водным раствором сахарозы. Полученную смесь обработали ультразвуком, тщательно перемешали и высушили. Сухой остаток представлял собой белый порошок **B**. Его нагревали в атмосфере аргона до тех пор, пока его масса не перестала изменяться. В результате прокаливании порошок приобрел черную окраску (порошок **B**). Его поместили в индукционную вакуумную печь, где нагревали до 700 °С в течение двух часов. Затем порошок отожгли на воздухе при этой же температуре, в результате чего его цвет стал серым. Полученный порошок состоит из наночастиц вещества **Y**.

Вещество **Y** устойчиво к действию большинства кислот, но переходит в раствор под действием смеси азотной и плавиковой кислот. Если к полученный раствор нейтрализовать гидроксидом калия, наблюдается выделение кристаллов **Z**, содержащих 35,45 % самого тяжелого элемента по массе.

1. Определите неизвестные вещества **A**, **B**, **X**, **Y**, **Z**. Подтвердите расчетом. **(5 баллов)**
2. Запишите уравнения всех описанных реакций. **(3 балла)**
3. С чем связано изменение окраски порошка при его отжиге на воздухе? **(0,5 балла)**
4. В каком массовом отношении надо взять сахарозу и порошок **X**, чтобы синтез прошел количественно? **(1 балл)**
5. Для каких целей используют вещество **Y**? **(0,5 балла)**

**Всего – 10 баллов**