



## Химия для школьников

Химия

Категория участников: школьники 7-11 классов

Блок теоретических заданий по **химии для школьников 7-11 классов** включает задачи разной сложности. Для повышения вероятности прохождения на очный тур Вам желательно решить задачи не только по химии, но и по физике, биологии, математике, чтобы набрать больше баллов. Дополнительные баллы будут начислены за прохождение тестов [викторин по предметам](#). Все прошедшие на очный тур обязательно решают задачи по всем четырем предметам.

### Задания

#### 1. Синтез нанопорошка

Два простых вещества X и Y взаимодействуют друг с другом с образованием Z. Однако такой способ не позволяет получить вещество Z в виде наноразмерного порошка. Для получения нанопорошка Z использовали реагент X<sub>2</sub>, который получили растворением X в кислоте X<sub>1</sub>...

#### 2. Синтез в сверхкритической воде

Сверхкритические флюиды служат прекрасной средой для проведения синтеза наночастиц различных классов. Один из перспективных катодных материалов D в виде наночастиц предложено получать взаимодействием реагентов A и B в сверхкритической воде при 390°C и давлении 230 атм...

#### 3. Превращение минерала в наночастицы

Серый, блестящий минерал при измельчении превращается в черный порошок, устойчивый к действию воды и кислот-неокислителей. Для переработки навеску минерала X массой 5.6 г поместили в стальной реактор объемом 3.0 л, заполненный кислородом...

#### **4. Нитрид кремния**

Нитрид кремния можно получить методом химического осаждения из газовой фазы, где реагентами служат силан и аммиак, взятые в стехиометрическом соотношении. В результате такого процесса, протекающего в герметичном сосуде объемом 1.0 л ( $V = \text{const}$ )...

#### **5. Нанонити**

Одним из методов получения наноматериалов является темплатный синтез, то есть формирование наночастиц в специально подготовленном шаблоне. Примером может служить электрохимическое осаждение нанонитей никеля в порах анодного оксида алюминия...

#### **6. Графеновые мембраны**

Известно, что оксид графена, синтезированный методом Хаммерса (окислением графита перманганатом калия в присутствии серной кислоты и нитрата натрия), является перспективным мембранным материалом, поскольку он имеет малую толщину и содержит дефекты в виде пор...

#### **7. Желтое вещество**

Школьник нашел ампулу без этикетки с желтыми кристаллами игольчатой формы. Масса навески составила 3.2 г. В перчаточном боксе в атмосфере азота была взята навеска 1.0 г. Навеска перенесена в пробирку растворена в азотной кислоте (объем 10 мл, концентрация 40 масс.%)...

#### **8. Золотое безумие**

Гальванические методы формирования покрытий знакомы многим по предметам бытовой продукции, однако имеют высокую значимость также в производстве техники и промышленного оборудования, изделий для военных применений...

#### **9. Древнерусские пигменты**

Среди множества пигментов, применявшихся древнерусскими мастерами, были минеральные красители разных цветов. Найденный в деревне в Ярославской области черепок глиняного горшочка был изрядно потерт, однако рисунок на его поверхности сохранился...

## 10. Синтез двух фуллеренов

В некотором реакторе при температуре  $900\text{ }^{\circ}\text{C}$  в атмосфере инертного газа был проведен синтез смеси двух фуллеренов  $\text{C}_{n1}$  и  $\text{C}_{n2}$ . Помимо них, полученная смесь продуктов содержит еще два продукта:  $\text{A}_1$  и  $\text{A}_2$ . Навеска такой смеси сгорает без остатка с образованием двух газов X и Y...



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 1. Синтез нанопорошка

Два простых вещества X и Y взаимодействуют друг с другом с образованием Z. Однако такой способ не позволяет получить вещество Z в виде наноразмерного порошка.

Для получения нанопорошка Z использовали реагент X<sub>2</sub>, который получили растворением X в кислоте X<sub>1</sub>. При этом наблюдалось выделение бурого газа X<sub>3</sub>, а раствор после кипячения обесцветился. Из раствора выделили бесцветные кристаллы X<sub>2</sub>. Из 1.0 г X получено 1.57 г X<sub>2</sub> (выход реакции составил 99.7%).

Вещество Y для синтеза нанопорошка растворили в растворе гидроксида натрия, полученный раствор выпарили и нагревали в токе водорода до постоянной массы. Полученное при этом вещество Y<sub>1</sub> растворили в воде. Из 1.0 г Y образуется 2.4 г Y<sub>1</sub> (суммарный выход реакций синтеза Y составил 98.5%).

Синтез нанопорошка Z осуществляли следующим образом. К раствору X<sub>2</sub> добавили цитрат натрия, а затем прилили к нему при перемешивании избыток раствора Y<sub>1</sub>. Образующийся продукт отделили центрифугированием. Он состоял из частиц размером 500 нм.

1. Назовите неизвестные вещества, запишите уравнения реакций. **(6 баллов)**
2. Какую роль играет цитрат натрия в синтезе нанопорошка Z? **(1 балл)**
3. При использовании недостатка реагента Y<sub>1</sub> образуется порошок, представляющий собой смесь двух веществ. Выскажите предположения о том, какие это вещества. Запишите уравнение реакции. **(2 балла)**
4. Какое применение находит нанопорошок Z? **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 2. Синтез в сверхкритической воде

Сверхкритические флюиды служат прекрасной средой для проведения синтеза наночастиц различных классов. Один из перспективных катодных материалов D в виде наночастиц предложено получать взаимодействием реагентов A и B в сверхкритической воде при 390°C и давлении 230 атм. Реагент A представляет собой бесцветные кристаллы, хорошо растворимые в воде. Его получают действием на вещество X азотной кислоты. Из 7.4 г X образуется 24.6 г A и выделяется газ объемом 2.24 л (н.у.), вызывающий помутнение известковой воды. При выдерживании A в эксикаторе над фосфорным ангидридом его масса уменьшается на 43.9%. Реагент B представляет собой кристаллический порошок зеленого цвета, который при подкислении пахнет уксусом. Синтез проводят путем смешения равных объемов 0.1 М растворов A и B. После завершения синтеза полученный продукт D отделяют фильтрованием. В состав D входят три элемента, среди них – два металла с массовыми долями 6.61% и 61.58%.

1. Определите неизвестные вещества X, A, B, D, запишите уравнения реакций. При выводе формулы вещества D используйте точные значения атомных масс элементов, округленные до сотых. **(8 баллов)**
2. Опишите действие устройства, в котором используются материалы класса вещества D. **(2 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 3. Превращение минерала в наночастицы

Серый, блестящий минерал при измельчении превращается в черный порошок, устойчивый к действию воды и кислот-неокислителей. Для переработки навеску минерала X массой 5.6 г поместили в стальной реактор объемом 3.0 л, заполненный кислородом при атмосферном давлении и температуре 20 °С и нагрели. После охлаждения реактора до прежней температуры давление в нем составило 58.7 кПа. На стенках сосуда было обнаружено 5.04 г вещества Y.

Газ Z, образовавшийся в реакторе в ходе нагревания минерала X, дает осадок с известковой водой и обесцвечивает бромную воду и раствор перманганата калия.

Для синтеза наночастиц вещества X поступили следующим образом. Вещество Y нагревали в трубчатом реакторе в токе водорода до тех пор, пока его масса не перестала уменьшаться. Затем водород вытеснили угарным газом и продолжали нагревание до тех пор, пока масса порошка не увеличилась в 2.75 раза. Полученный продукт D ввели в реакцию с суспензией серы в толуоле.

1. Определите неизвестные вещества (подтвердите расчетами), запишите уравнения реакций. **(8 баллов)**
2. Назовите минерал X (тривиальное название). **(0.5 балла)**
3. Какое применение находят наночастицы вещества X? **(0.5 балла)**
4. Какие другие способы получения наночастиц X из минерала X вам известны (не менее двух)? **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 4. Нитрид кремния

Нитрид кремния можно получить методом химического осаждения из газовой фазы, где реагентами служат силан и аммиак, взятые в стехиометрическом соотношении. В результате такого процесса, протекающего в герметичном сосуде объёмом 1.0 л ( $V = \text{const}$ ) при температуре 800 °С, образуется плёнка из  $\text{Si}_3\text{N}_4$ .

1. Напишите уравнение химической реакции. **(2 балла)**
2. Уменьшится или увеличится давление в сосуде в результате данной реакции? Объясните. **(1 балл)**
3. Определите толщину образовавшейся однородной плёнки, если давление в системе изменилось на 50 Па, а весь продукт сформировался только на специальной подложке площадью 10 см<sup>2</sup>. Плотность нитрида кремния равна 3.44 г/см<sup>3</sup>. **(7 баллов)**

**Всего – 10 баллов**

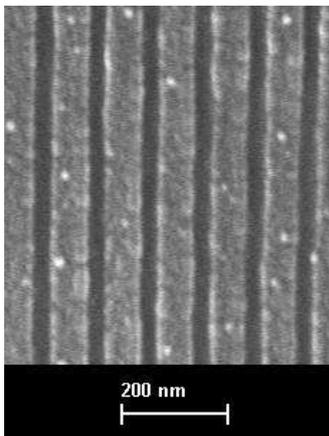
**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 5. Нанонити

Одним из методов получения наноматериалов является темплатный синтез, то есть формирование наночастиц в специально подготовленном шаблоне. Примером может служить электрохимическое осаждение нанонитей никеля в порах анодного оксида алюминия – материала с цилиндрическими нанопорами одного диаметра.



1. Определите массу образовавшегося металлического никеля, если на его восстановление из раствора  $\text{NiSO}_4$  потребовалось 25 Кл. Напишите уравнения реакций на катоде и аноде, а также суммарное уравнение реакции. **(4 балла)**
2. Оцените, какому количеству нанонитей это соответствует, если электроосаждение проводили в пористую плёнку площадью  $1 \text{ см}^2$ , а диаметр пор равен 40 нм. Плотность пористого оксида  $3.2 \text{ г/см}^3$ , плотность сплошного оксида  $3.6 \text{ г/см}^3$ . Все нанонити целиком заполняют объём занимаемой поры. **(3 балла)**
3. Рассчитайте длину синтезированных нанонитей. **(2 балла)**
4. Предложите метод извлечения полученных нанонитей из оксидной матрицы. **(1 балл)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 6. Графеновые мембраны

Известно, что оксид графена, синтезированный методом Хаммерса (окислением графита перманганатом калия в присутствии серной кислоты и нитрата натрия), является перспективным мембранным материалом, поскольку он имеет малую толщину и содержит дефекты в виде пор диаметром в единицы нанометров.

1. Какие ионы ( $\text{Na}^+$  или  $\text{Cl}^-$ ) преимущественно будут проникать через такую мембрану, разделяющую водный раствор  $\text{NaCl}$  и дистиллированную воду? Объясните. **(2 балла)**
2. Можно ли полностью разделить хлорид-анионы и катионы металла с помощью подобной мембраны в случае 0,1 М водных растворов:
  - а) хлорида калия,
  - б) хлорида лития?Ответы обоснуйте. **(2 балла)**
3. Определите формулу оксида графена, полученного методом Хаммерса, если для полного сгорания 145,5 мг синтезированного оксида необходимо 132,7 мл кислорода (условия нормальные). **(6 баллов)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 7. Желтое вещество

Школьник нашел ампулу без этикетки с желтыми кристаллами игольчатой формы. Масса навески составила 3.2 г. В перчаточном боксе в атмосфере азота была взята навеска 1.0 г. Навеска перенесена в пробирку растворена в азотной кислоте (объем 10 мл, концентрация 40 масс.%). Раствор приобрел бурую окраску. При добавлении в пробирку 2 мл четыреххлористого углерода органическая фаза окрашивается в желтый цвет, а водный раствор становится практически бесцветным.

Опытным путем школьником установлено, что при добавлении к оставшейся порции избытка водного раствора сульфида аммония или тиомочевины наблюдается выпадение кристаллов черного цвета массой около 0.4 г, а при добавлении к такому же водному раствору 2 мл 1 М раствора иодида калия формируются желтые кристаллы массой 0.79 г.

Было установлено, что разложение желтого вещества происходит при температуре 690-700 К. При взаимодействии с подкисленным раствором  $K[Vi_4]$  выпадает красный осадок. После этих наблюдений школьник вычислил состав желтого вещества.

Известно, что из желтого вещества могут быть получены квантовые точки. Коллоидный раствор квантовых точек в толуоле окрашен в желтый цвет. Квантовые точки люминесцируют под действием УФ-лазера, при этом цвет свечения вещества зависит от размера наночастиц. Так для наночастиц размером  $6.5 \pm 0.8$  нм положение максимума фотолюминесценции составляет 510-520 нм.



1. Определите состав желтого вещества на основании проведенного химического анализа. Объясните все наблюдаемые явления и напишите уравнения реакций. **(8 баллов)**
2. Оцените величину энергетического перехода для квантовых точек желтого вещества, вызвав ответ в эВ. **(2 балла)**

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 8. Золотое безумие

Гальванические методы формирования покрытий знакомы многим по предметам бытовой продукции, однако имеют высокую значимость также в производстве техники и промышленного оборудования, изделий для военных применений. Активное исследование процессов гальванического осаждения металлов началось в XVIII веке с работ Алессандро Вольта и уже в XX веке гальваника сыграла важную роль в технологии обработки металлов.

Как обывателям, нам в большей степени знакомы покрытия из серебра и золота, нанесенные электрохимически на стальные изделия. Такие покрытия предотвращают контакт с организмом токсичных металлов, компонентов сплавов, таких как, например, хром, вызывающих раздражение кожи и слизистых. Золото также интересно как один из химически инертных металлов, что важно, в том числе, для формирования токопроводящих покрытий и нанопокровтий с эффектом поверхностного плазмонного резонанса для оптических сенсоров.



1. Рассчитайте время, необходимое для электрохимического осаждения 10 мг золота на металлическую пластину площадью  $1 \text{ см}^2$ , полностью погруженную в 50 мл электролита золота с концентрацией золота  $\text{Au(III)}$  5 ммоль/л. Плотность тока постоянна и составляет  $25 \text{ mA/cm}^2$ . Площадь контакта провода с электродом считайте пренебрежимо малой. В расчете не учитывайте протекание возможных побочных процессов. Молярную массу золота примите равной  $197 \text{ г/моль}$ . Плотность золота  $19.32 \text{ г/см}^3$ . **(3 балла)**
2. Рассчитайте толщину полученного покрытия. Ответ выразите в нанометрах. **(4 балла)**
3. В интернете для любителей электронных часов предлагается сервис по гальваническому покрытию корпуса часов и стального браслета золотом (например, <https://www.honeydipped.com/products/apple-watch-band-plating>). Предложите свою методику покрытия золотом корпуса часов Apple Watch с размером корпуса 40 мм с указанием условий проведения процесса, используемых веществ, материалов, оборудования. Расчетная толщина покрытия должна составлять 1000 нм. Предполагаем, что поверхность корпуса часов является металлическим алюминием. **(3 балла)**

Внимание! Данная задача должна быть решена теоретически. Гибель дорогостоящих гаджетов в процессе решения авторами задачи не предусмотрена.

**Всего – 10 баллов**



## Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

### Задача 9. Древнерусские пигменты

Среди множества пигментов, применявшихся древнерусскими мастерами, были минеральные красители разных цветов. Найденный в деревне в Ярославской области черепок глиняного горшочка был изрядно потерт, однако рисунок на его поверхности сохранился. Черепок был окрашен самыми популярными на Руси цветами: красным, зеленым и белым.

Чтобы не возить находку на экспертизу в город, дети, нашедшие его, решили самостоятельно провести химическую экспертизу красок с применением доступных бытовых реагентов, доступных в аптеках, продуктовых и бытовых магазинах.

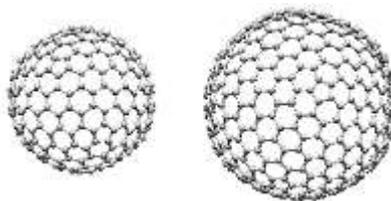
Эксперимент показал, что при нагревании белая и красная краска превращаются в желтый порошок, а зеленая плавится и после образует черный твердый осадок.

1. Предположите состав минеральных пигментов, которыми может быть сделан рисунок на поверхности черепка. **(3 балла)**
2. Опишите химические превращения, происходящие с красками при нагревании, записав соответствующие химические реакции. **(5 баллов)**
3. Назовите три современных аналитических метода, применяемых для анализа структурного и элементного состава пленок, которыми состав пигментом на черепке мог бы быть изучен неdestructивно (без необходимости отделения краски от поверхности черепка). **(2 балла)**

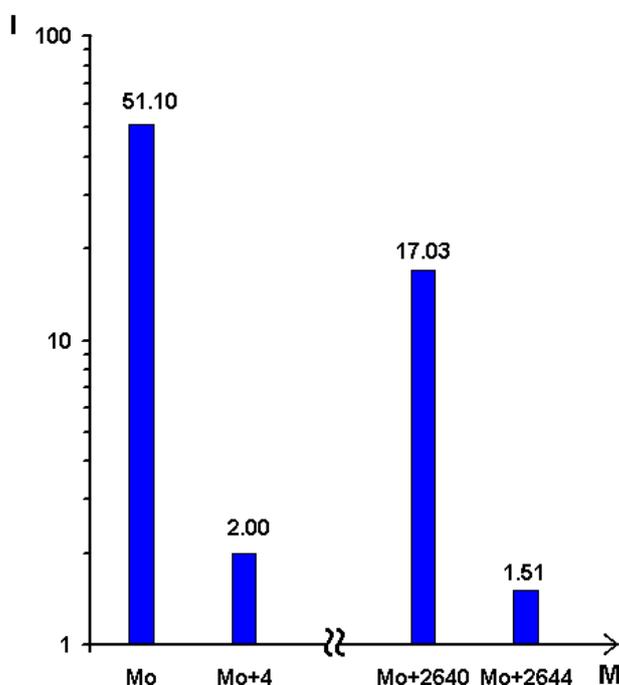
**Всего – 10 баллов**



**Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)**  
**Задача 10. Синтез двух фуллеренов**



В некотором реакторе при температуре 900 °С в атмосфере инертного газа был проведен синтез смеси двух фуллеренов  $C_{n_1}$  и  $C_{n_2}$ . Помимо них, полученная смесь продуктов содержит еще два продукта:  $A_1$  и  $A_2$ . Навеска такой смеси сгорает без остатка с образованием двух газов  $X$  и  $Y$ , при этом  $D_Y(X) = 11$ . Упрощенный масс-спектр полученной смеси приведен на рисунке.



1. Расшифруйте  $X$  и  $Y$ . (1 балл)
2. Опишите структуру  $A_1$  и  $A_2$ . Как называется такой тип соединений? Приведите еще несколько примеров соединений такого же типа. (2 балла)
3. На основании данных масс-спектра:
  - 3.1. Оцените значения  $n_1$  и  $n_2$ . (4 балла)
  - 3.2. Найдите парциальное давление инертного газа в реакторе (в атм). (3 балла)

По пп. 3.1 – 3.2 перечислите сделанные вами допущения.

Длину связи С–С в обоих фуллеренах примите постоянной и равной 0.142 нм.

**Всего – 10 баллов**