



Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур) Простые задачи (вариант 1)

Задача 1. Синтез нанопленки

Одно из веществ, из которых получают нанопленки, состоит из двух соседних элементов 5-го периода, мольные доли которых отличаются в 1.5 раза. Пленку получают электрохимическим восстановлением смеси двух соединений этих элементов. Молярная масса вещества равна 626.3 г/моль. Установите формулу вещества и предположите, какие исходные соединения взяли для синтеза.

Всего – 8 баллов

Задача 2. Люминесцентный материал

Для создания люминесцентного материала нанокристаллы люминофора X равномерно распределили в объеме полимера. Для этого к 100 мл жидкого мономера добавили 5.0 мл раствора X в гексане (концентрация 20 мг/мл), полученную смесь полимеризовали под действием света и растворитель испарили. Оцените, сколько наночастиц содержится в одном кубическом сантиметре полимера. Средняя масса нанокристалла $4.0 \cdot 10^{-18}$ г. Примите, что полимеризация происходит без изменения объема.

Всего – 8 баллов

Задача 3. Оксид графена

Установите простейшую формулу оксида графена, в котором 15% атомов находятся в sp^3 гибридном состоянии. Примите, что кислород входит только в состав эпоксидных групп



С—С. (4 балла) Сколько граммов сверхкритического пропанола-2 потребуется для полного восстановления одного грамма оксида графена? (4 балла)

Всего – 8 баллов

Задача 4. Нанопорошок

Нанопорошок неизвестного оксида металла не растворяется в воде, распределяясь на границе раздела воды и воздуха. Он также не взаимодействует с растворами щелочей, однако медленно растворяется в соляной кислоте, окрашивая раствор в бледный зелено-голубой цвет. В твердом виде нанопорошок реагирует с металлическим магнием и алюминием, восстанавливаясь до металла. На полное восстановление 0.100 г оксида тратится 0.036 г алюминия. Размер частиц порошка составляет 10-30 нм. Определите состав неизвестного нанопорошка. (4 балла) Запишите уравнения описанных реакций. (4 балла)

Всего – 8 баллов

Задача 5. Анодное окисление

Одним из наиболее перспективных мембранных материалов является анодный оксид алюминия, получаемый электрохимическим окислением алюминиевой пластинки в кислой среде. Среди его преимуществ можно отметить простоту синтеза и удобство контроля параметров мембраны. Например, толщину подобных оксидных плёнок легко контролировать кулонометрически, то есть по величине заряда, пропускаемого через раствор.

1. Напишите уравнения процессов, происходящих на катоде и аноде при электрохимическом окислении алюминия. Составьте полное уравнение реакции. **(4 балла)**
2. Определите толщину полученной плёнки анодного оксида алюминия, если на её синтез затратили 200 Кл. Площадь образца равна 1.13 см^2 , а плотность получаемого оксида 3.2 г/см^3 . Постоянная Фарадея $F = 96485 \text{ Кл/моль}$. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур) Простые задачи (вариант 2)

Задача 1. Синтез нанопленки

Одно из веществ, из которых получают нанопленки, представляет собой соединение металла и неметалла, в котором массовая доля первого равна 73.4%. Пленку получают осаждением гидроксида металла и его длительным нагреванием на воздухе. Установите формулу вещества и напишите уравнение реакции его синтеза.

Всего – 8 баллов

Задача 2. Люминесцентный материал

Для создания люминесцентного материала нанокристаллы люминофора **X** равномерно распределили в объеме полимера. Для этого к 20 мл жидкого мономера добавили 2.5 мл раствора **X** в гексане (концентрация 10 мг/мл), полученную смесь полимеризовали под действием света и растворитель испарили. Оцените, сколько наночастиц содержится в одном кубическом сантиметре полимера. Средняя масса нанокристалла $5.0 \cdot 10^{-18}$ г. Примите, что полимеризация происходит без изменения объема.

Всего – 8 баллов

Задача 3. Оксид графена

Установите простейшую формулу оксида графена, в котором 20% атомов находятся в sp^3 гибридном состоянии. Примите, что кислород входит только в состав эпоксидных групп



(4 балла) Сколько граммов сверхкритического пропанола-2 потребуется для полного восстановления одного грамма оксида графена? **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Задача 4. Нанопорошок

Нанопорошок неизвестного оксида металла не растворяется в воде, распределяясь на границе раздела воды и воздуха. Он также не взаимодействует с растворами щелочей, однако медленно растворяется в соляной кислоте, окрашивая раствор в бледный зелено-голубой цвет. В твердом виде нанопорошок реагирует с металлическим магнием и алюминием, восстанавливаясь до металла. На полное восстановление 1.0 г оксида тратится 0.36 г алюминия. Размер частиц порошка составляет 10-30 нм. Определите состав неизвестного нанопорошка. **(4 балла)** Запишите уравнения описанных реакций. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Задача 5. Анодное окисление

Одним из наиболее перспективных мембранных материалов является анодный оксид алюминия, получаемый электрохимическим окислением алюминиевой пластинки в кислой среде. Среди его преимуществ можно отметить простоту синтеза и удобство контроля параметров мембраны. Например, толщину подобных оксидных плёнок легко контролировать кулонометрически, то есть по величине заряда, пропускаемого через раствор.

1. Напишите уравнения процессов, происходящих на катоде и аноде при электрохимическом окислении алюминия. Составьте полное уравнение реакции. **(4 балла)**
2. Определите плотность полученной плёнки анодного оксида алюминия, если на её синтез затратили 100 Кл. Площадь образца равна 1.13 см^2 , а его толщина составляет 50 мкм. Постоянная Фарадея $F = 96485 \text{ Кл/моль}$. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур) Простые задачи (вариант 3)

Задача 1. Синтез нанопленки

Одно из веществ, из которых получают нанопленки, состоит из двух элементов 4-го периода, металла и неметалла. Мольные доли элементов отличаются в 1.5 раза, а массовые – в 1.21 раза. Пленку получают электрохимическим восстановлением смеси двух соединений этих элементов. Установите формулу вещества и предположите, какие исходные соединения взяли для синтеза.

Всего – 8 баллов

Задача 2. Люминесцентный материал

Для создания люминесцентного материала нанокристаллы люминофора **X** равномерно распределили в объеме полимера. Для этого к 50 мл жидкого мономера добавили 2.5 мл раствора **X** в гексане (концентрация 15 мг/мл), полученную смесь полимеризовали под действием света и растворитель испарили. Оцените, сколько наночастиц содержится в одном кубическом сантиметре полимера. Средняя масса нанокристалла $6.0 \cdot 10^{-18}$ г. Примите, что полимеризация происходит без изменения объема.

Всего – 8 баллов

Задача 3. Оксид графена

Оксид графена имеет простейшую формулу $C_{13}O_2$. Сколько процентов атомов в этом веществе находятся в sp^3 гибридном состоянии? Примите, что кислород входит только в

состав эпоксидных групп . **(4 балла)** Сколько граммов сверхкритического пропанола-2 потребуется для полного восстановления одного грамма оксида графена? **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Задача 4. Нанопорошок

Нанопорошок неизвестного оксида металла не растворяется в воде, распределяясь на границе раздела воды и воздуха. Он также не взаимодействует с растворами щелочей, однако медленно растворяется в соляной кислоте, окрашивая раствор в бледный зелено-голубой цвет. В твердом виде нанопорошок реагирует с металлическим магнием и алюминием, восстанавливаясь до металла. На полное восстановление 0.50 г оксида тратится 0.18 г алюминия. Размер частиц порошка составляет 10-30 нм. Определите состав неизвестного нанопорошка. **(4 балла)** Запишите уравнения описанных реакций. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Задача 5. Анодное окисление

Одним из наиболее перспективных мембранных материалов является анодный оксид алюминия, получаемый электрохимическим окислением алюминиевой пластинки в кислой среде. Среди его преимуществ можно отметить простоту синтеза и удобство контроля параметров мембраны. Например, толщину подобных оксидных плёнок легко контролировать кулонометрически, то есть по величине заряда, пропускаемого через раствор.

1. Напишите уравнения процессов, происходящих на катоде и аноде при электрохимическом окислении алюминия. Составьте полное уравнение реакции. **(4 балла)**
2. Определите заряд, который необходимо затратить для синтеза плёнки анодного оксида алюминия толщиной 200 мкм. Площадь образца равна 1.13 см^2 , а плотность получаемого оксида 3.2 г/см^3 . Постоянная Фарадея $F = 96485 \text{ Кл/моль}$. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур) Простые задачи (вариант 4)

Задача 1. Синтез нанопленки

Одно из веществ, из которых получают нанопленки, состоит из металла 4-го периода и неметалла 5-го периода. Мольные доли элементов отличаются в 1.5 раза, а массовые – в 1.34 раза. Пленку получают электрохимическим восстановлением смеси двух соединений этих элементов. Установите формулу вещества и предположите, какие исходные соединения взяли для синтеза.

Всего – 8 баллов

Задача 2. Люминесцентный материал

Для создания люминесцентного материала нанокристаллы люминофора **X** равномерно распределили в объеме полимера. Для этого к 150 мл жидкого мономера добавили 3.0 мл раствора **X** в гексане (концентрация 40 мг/мл), полученную смесь полимеризовали под действием света и растворитель испарили. Оцените, сколько наночастиц содержится в одном кубическом сантиметре полимера. Средняя масса нанокристалла $3.2 \cdot 10^{-18}$ г. Примите, что полимеризация происходит без изменения объема.

Всего – 8 баллов

Задача 3. Оксид графена

Оксид графена имеет простейшую формулу $C_{23}O_2$. Сколько процентов атомов в этом веществе находятся в sp^3 гибридном состоянии? Примите, что кислород входит только в

состав эпоксидных групп . **(4 балла)** Сколько граммов сверхкритического пропанола-2 потребуется для полного восстановления одного грамма оксида графена? **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Задача 4. Нанопорошок

Нанопорошок неизвестного оксида металла не растворяется в воде, распределяясь на границе раздела воды и воздуха. Он также не взаимодействует с растворами щелочей, однако медленно растворяется в соляной кислоте, окрашивая раствор в бледный зелено-голубой цвет. В твердом виде нанопорошок реагирует с металлическим магнием и алюминием, восстанавливаясь до металла. На полное восстановление 2.50 г оксида тратится 0.90 г алюминия. Размер частиц порошка составляет 10-30 нм. Определите состав неизвестного нанопорошка. **(4 балла)** Запишите уравнения описанных реакций. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов

Задача 5. Анодное окисление

Одним из наиболее перспективных мембранных материалов является анодный оксид алюминия, получаемый электрохимическим окислением алюминиевой пластинки в кислой среде. Среди его преимуществ можно отметить простоту синтеза и удобство контроля параметров мембраны. Например, толщину подобных оксидных плёнок легко контролировать кулонометрически, то есть по величине заряда, пропускаемого через раствор.

1. Напишите уравнения процессов, происходящих на катоде и аноде при электрохимическом окислении алюминия. Составьте полное уравнение реакции. **(4 балла)**
2. Определите площадь полученной плёнки анодного оксида алюминия, если на её синтез затратили 300 Кл. Толщина образца равна 150 мкм, а плотность получаемого оксида 3.2 г/см³. Постоянная Фарадея $F = 96485$ Кл/моль. **(4 балла)**

Всего – 8 баллов



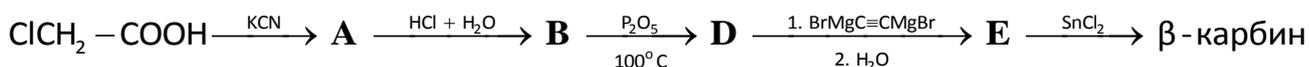
Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур) Более сложные задачи

Задача 6. Карбин

Одной из аллотропных модификаций углерода является карбин, который представляет собой полимерные углеродные цепочки. При этом различают α - и β -карбин. Стоит отметить, что «карбин» – это исторически сложившееся название, которое не означает принадлежность к какому-либо классу органических соединений.

1. Изобразите структурные формулы α - и β -карбина и поясните их отличия. **(2 балла)**
2. Предложите химический метод, позволяющий различить эти модификации. **(4 баллов)**

β -карбин можно синтезировать по следующей схеме:



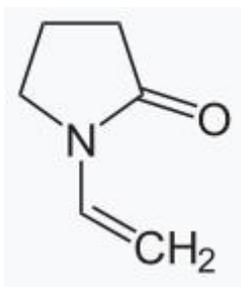
Известно, что молекула **D** содержит 52.96 масс.% углерода. При нормальных условиях данное вещество является бесцветным газом с резким запахом.

3. Определите соединения **A** – **E**. Напишите уравнения соответствующих реакций. **(14 баллов)**

Всего – 20 баллов

Задача 7. Полимерный наноматериал

N-винилпирролидон широко используется как мономер для получения полимера.



Поли-N-винилпирролидон, в отличие от многих других полимеров, хорошо растворим в этаноле. Это свойство используют для стабилизации наночастиц. Чтобы превратить вещество **X** в наночастицы, использовали следующий прием.

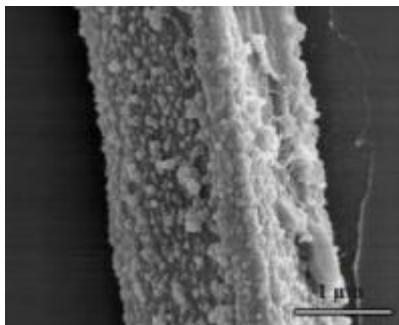
1.97 г простого вещества **X** растворили в растворе кислоты **Y** с образованием бесцветного раствора. Реакция сопровождалась выделением бурого газа. При медленном концентрировании этого раствора из него выделились кристаллы вещества **Z**. Масса полученных кристаллов составила 0.93 г, что соответствует выходу 30%.

К этанольному раствору поли-N-винилпирролидона добавили кристаллы **Z** и интенсивно перемешивали раствор. Постепенно раствор приобрел красный цвет и загустел, а затем стал твердым. Изменяя концентрацию наночастиц **X** в полимере, можно изменять оптические свойства материала, в том числе и показатель преломления.

1. К какому классу относится полученный наноматериал? **(2 балла)**
2. Из каких частей он состоит? **(2 балла)**
3. Запишите формулы веществ **X, Y, Z**. **(6 баллов)**
4. Запишите уравнение реакции образования полимера, а также все другие реакции, упомянутые в тексте. **(6 баллов)**
5. Чем обусловлена окраска наночастиц **X**? **(2 балла)**
6. При проведении опыта при более высокой температуре полимер окрасился в желтый цвет. Сопоставьте размеры наночастиц в образцах поливинилпирролидона, окрашенных в красный и в желтый цвет. **(2 балла)**

Всего – 20 баллов

Задача 8. Биокаталитическое формирование наноразмерных материалов



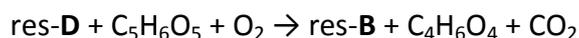
Изучение уникальных свойств элементов скелета стеклянных губок класса *Hexactinellida* может способствовать пониманию молекулярной эволюции опорных структур беспозвоночных животных в скелеты многоклеточных организмов.

Однако самой перспективной практической точкой приложения получаемых знаний представляется разработка новых подходов по биокаталитическому формированию наноразмерных материалов. Так, образование спикул – минеральных элементов скелета губок критично зависит от белка силикатеина, который участвует в формировании неорганических полимеров на основе оксида кремния (IV). Органической матрицей, на которой формируется скелет губок путем отложения соединений кремния, служит фибриллярный белок **X**.

Известно, что белок **X** содержит необычный мотив – повторяющуюся последовательность из трех аминокислотных остатков. Соответствующий данной последовательности трипептид **Y** (молярная масса 301 г/моль) образован остатками аминокислот **A, B** и **C**. Соотношение молярных масс аминокислот **A** и **C** составляет 1.75.

1. Если предположить, что **Y** образован только каноническими аминокислотами, возможно ли найти такие структуры **A-C**, которые соответствуют условию? Обязательно приведите логику своих рассуждений, воспользовавшись справочной информацией в конце условия. **(6 баллов)**
2. Сколько ациклических трипептидов с указанной молярной массой можно построить на основе аминокислот **A, B** и **C**, найденных Вами при ответе на первый вопрос? **(3 балла)**

В действительности, только аминокислота **C** является канонической. При этом две другие являются структурными изомерами и получаются в одну стадию из остатка (res) канонической аминокислоты **D** по уравнению реакции:



3. Установите структурные формулы аминокислот, если в данной реакции атомы углерода, связанные с атомом азота в молекуле **D**, не подвергаются атаке кислорода. **(6 баллов)**
4. Какой тип межмолекулярных связей, с Вашей точки зрения, является основным в формировании депозитов полимера на основе оксида кремния на белке **X**? **(1 балл)**

Было показано, что силикатеины способны к гидролизу нитратов некоторых металлов с образованием наноразмерных частиц, размещающихся на белковой фибрилле (см. фотографию). Так, наночастицы соединения **Z1** (67.87% металла и 31.15% кислорода по массе) для целей эксперимента получают внесением филамент силикатеина в концентрированный водный раствор нитрата **Z** при 16°C.

5. Установите соединения **Z** и **Z1**, приведя необходимые расчеты. **(4 балла)**

Всего – 20 баллов

Справочная информация по каноническим аминокислотам $H_2N-CH(R)-COOH$

Аминокислота	Аббревиатура	Боковая цепь -R	Молярная масса, Да
глицин	Gly	-H	75,1
аланин	Ala	-CH ₃	89,1
серин	Ser	-CH ₂ OH	105,1
пролин	Pro	-CH ₂ CH ₂ CH ₂ -	115,1
валин	Val	-CH(CH ₃) ₂	117,1
треонин	Thr	-CH(OH)CH ₃	119,1
цистеин	Cys	-CH ₂ SH	121,2
изолейцин	Ile	-CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	131,2
лейцин	Leu	-CH ₂ CH(CH ₃) ₂	131,2
аспарагин	Asn	-CH ₂ CONH ₂	132,1
аспарагиновая кислота	Asp	-CH ₂ COOH	133,1
глутамин	Gln	-CH ₂ CH ₂ CONH ₂	146,1
лизин	Lys	-(CH ₂) ₄ NH ₂	146,2
глутаминовая кислота	Glu	-CH ₂ CH ₂ COOH	147,1
метионин	Met	-CH ₂ CH ₂ SCH ₃	149,2
гистидин	His	-CH ₂ -C ₃ H ₃ N ₂	155,2
фенилаланин	Phe	-CH ₂ C ₆ H ₅	165,2
селеноцистеин	Sec	-CH ₂ SeH	168,1
аргинин	Arg	-(CH ₂) ₃ NH-C(NH)NH ₂	174,2
тирозин	Tyr	-CH ₂ -C ₆ H ₄ OH	181,2
триптофан	Trp	-CH ₂ C ₈ H ₆ N	204,2