



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

Решение задачи 1. Синтез нанопленки

Очевидно, что неметалл – это кислород, вещество – оксид. Ни один из оксидов постоянной валентности не соответствует массовой доле металла 73.4%. Среди смешанных оксидов перебором можно определить формулу Co_3O_4 . **(4 балла)**

Уравнение реакции: $6\text{Co}(\text{OH})_2 + \text{O}_2 = 2\text{Co}_3\text{O}_4 + 6\text{H}_2\text{O}$. **(4 балла)**

Решение задачи 2. Люминесцентный материал

По условию, объем полимера равен объему мономера, т.е. 20 мл (гексан объемом 2.5 мл испарили). В 20 мл полимера содержится 25 мг люминофора X, в 1 см^3 – 1.25 мг X. **(4 балла)**

Число наночастиц: $1.25 \cdot 10^{-3} / 5.0 \cdot 10^{-18} = 2.5 \cdot 10^{14}$. **(4 балла)**

Решение задачи 3. Оксид графена

В 20% sp^3 -гибридных атомов входят атомы С и О. На одну эпоксидную группу , содержащую 3 атома, приходится 12 неокисленных атомов С в sp^2 -гибридном состоянии. Формула оксида графена – C_{14}O . **(4 балла)** Если учитывалась гибридизация только атомов углерода, то ставился 0 баллов.

Уравнение реакции: $\text{C}_{14}\text{O} + \text{C}_3\text{H}_8\text{O} \rightarrow 14\text{C} + \text{C}_3\text{H}_6\text{O} + \text{H}_2\text{O}$
 $m(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) = 1 / M(\text{C}_{14}\text{O}) \cdot M(\text{C}_3\text{H}_8\text{O}) = 1 / 184 \cdot 60 = 0.326\text{ г}$. **(4 балла)**

Если в предыдущем пункте была получена неправильная формула, но с ней был проведен правильный расчет по уравнению реакции, за второй пункт ставился максимальный балл.

Решение задачи 4. Нанопорошок

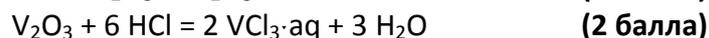
На восстановление 1.0 г неизвестного оксида требуется 0.0133 моль алюминия. Для оксидов уравнения реакций записываются так:

$2\text{Al} + 3\text{M}_2\text{O} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{M}$	$v(\text{Al}) = 0.0133\text{ моль}$ $v(\text{M}) = 0.0200\text{ моль}$ $M(\text{M}_2\text{O}) = 50\text{ г/моль}$ $M(\text{M}) = 17\text{ г/моль}$ Подходящего металла нет
$2\text{Al} + 3\text{MO} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{M}$	$v(\text{Al}) = 0.0133\text{ моль}$ $v(\text{M}) = 0.0200\text{ моль}$ $M(\text{MO}) = 50\text{ г/моль}$ $M(\text{M}) = 34\text{ г/моль}$ Подходящего металла нет

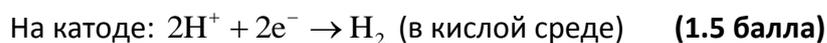
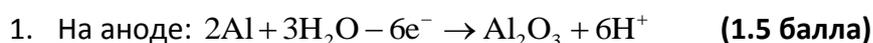
$2 \text{ Al} + \text{M}_2\text{O}_3 = \text{Al}_2\text{O}_3 + 2 \text{ M}$	$v(\text{Al}) = 0.0133 \text{ моль}$ $v(\text{M}) = 0.00667 \text{ моль}$ $M(\text{M}_2\text{O}_3) = 150 \text{ г/моль}$ $M(\text{M}) = 51 \text{ г/моль}$ Подходит ванадий, для которого характерна степень окисления +3.
---	--

Таким образом, нанопорошок имеет состав V_2O_3 . **(4 балла)**

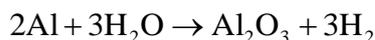
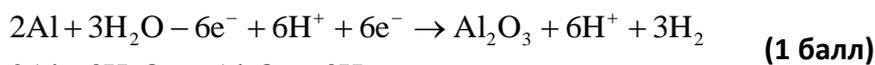
Уравнения реакций:



Решение задачи 5. Анодное окисление



Суммарное уравнение реакции можно получить, сложив реакцию на аноде с тремя реакциями на катоде:



2. По закону Фарадея найдём массу образовавшегося оксида алюминия:

$$m = \frac{QM}{nF}$$

Объём плёнки равен

$$V = \frac{m}{\rho}$$

или

$$V = S \cdot h$$

Тогда

$$m = S \cdot h \cdot \rho = \frac{QM}{nF}$$

$$\rho = \frac{QM}{nFSh} = \frac{100 \text{ Кл} \cdot 102 \frac{\text{г}}{\text{моль}}}{6 \cdot 96485 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}} \cdot 1.13 \text{ см}^2 \cdot 5 \cdot 10^{-3} \text{ см}} \approx 3.12 \frac{\text{г}}{\text{см}^3}$$

(4 балла)



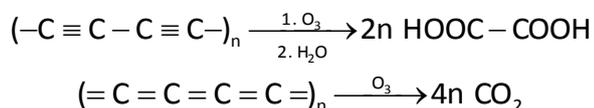
Химия для школьников 7 – 11 класса (очный тур)
Решения. Более сложные задачи

Решение задачи 6. Карбин

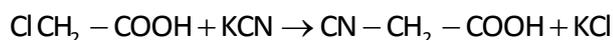
- Предположим, что полученный пепел – это оксиды металлов PbO и $XO_{n/2}$, тогда зная массовую долю X в оксиде найдем неизвестный металл: α -карбин: $(-C \equiv C - C \equiv C -)_n$
 β -карбин: $(=C=C=C=C=)_n$

Обе структуры линейные. Отличие в строении данных модификаций состоит в различной кратности связей углерод-углерод: в случае α -карбина это чередующиеся одинарные и тройные связи, а в случае β -карбина это только двойные связи.

- Одним из наиболее простых методов является озонирование карбина, так как α - и β -карбин приведут к различным продуктам окисления:



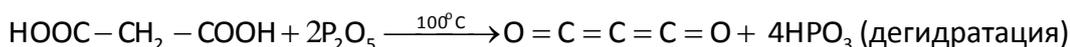
- Соединение **A** – $NC - CH_2 - COOH$;



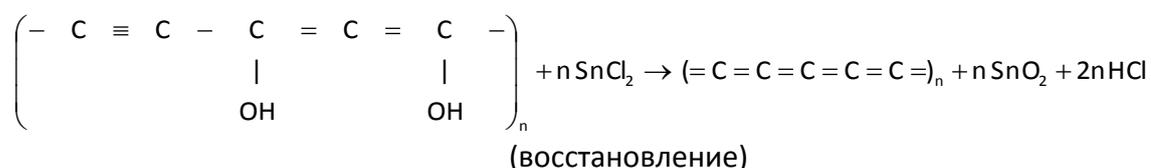
Соединение **B** – $HOOC - CH_2 - COOH$:



Соединение **C** – $O=C=C=C=O$:



Соединение **D** – $\left(\begin{array}{c} -C \equiv C - C = C = C - \\ | \qquad \qquad | \\ OH \qquad \qquad OH \end{array} \right)_n$:



Система оценивания

1. Структурные формулы с пояснением – **2 балла** (по 1 баллу за каждую структуру)
2. Химический метод – **4 балла**
3. Соединения **A – D** и уравнения реакций – **14 баллов**:

Соединения **A, B** и **C** – по 1.5 балла

Соединение **D** – 2 балла

Уравнения – по 1.5 балла, всего 7.5 баллов.

Всего за задачу 2 + 4 + 14 = 20 баллов

Решение задачи 7. Полимерный наноматериал

1. Наноккомпозит (**2 балла**)
2. Наноккомпозит состоит из наночастиц серебра и полимерной матрицы (**2 балла**)
3. Кислота **Y** – **HNO₃**, так как выделяется бурый газ **NO₂**.

При выходе 100% масса кристаллов составила бы $0.93 / 0.3 = 3.10$ г.

Предполагая, что металл одновалентный, $v(X) = 1.97 / M = v(XNO_3) = 3.10 / (M+62)$,

$M = 108$ (серебро), **X – Ag, Z – AgNO₃**. (**По 2 балла за вещество, всего – 6 баллов**)

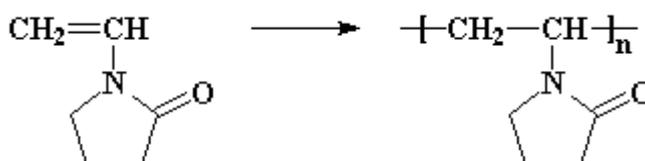
4. $Ag + 2HNO_3 = AgNO_3 + NO_2 + H_2O$

Под действием этанола серебро восстанавливается, образуя наночастицы, которые связываются полимерной матрицей.



При этом N-винилпирролидон и его полимер выступают в роли основания, связывая образующиеся ионы H^+ и повышая pH.

Реакция полимеризации:



(По 2 балла за реакцию, всего – 6 баллов).

5. Окраска наночастиц обусловлена поверхностным плазмонным резонансом. (**2 балла**)
6. Плазмонная частота соответствует поглощению света наночастицами. Красная окраска соответствует поглощению зеленого света, а желтая – синего. Синий цвет имеет большую энергию (меньшую длину волны). Энергия плазмона определяется в том числе его поверхностью, она тем больше, чем меньше поверхность, то есть чем меньше размер наночастицы. Соответственно, наночастицы, придающие стеклу желтый цвет, по размеру меньше тех, которые окрашивают полимер в красный цвет. (**2 балла**)

Решение задачи 8. Биокаталитическое формирование наноразмерных материалов

1. Определим суммарную молярную массу аминокислот, образующих Y:

$$M(\text{сум.}) = M(Y) + 2M(\text{H}_2\text{O}) = 301 + 36 = 337 \text{ г/моль}$$

Средняя молярная масса аминокислот, входящих в состав Y, составляет $337/3 \approx 112$ г/моль. Только три протеиногенные аминокислоты имеют молярную массу меньше полученного значения – Gly, Ala и Ser. Так как средняя молярная масса относительно небольшая, то соединению C однозначно соответствует одна аминокислота из этой тройки. Тогда:

Аминокислота C	Молярная масса A, г/моль	Соответствие
Gly	131	Ile, Leu
Ala	156	-
Ser	183	-

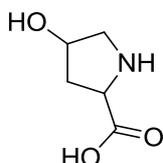
Отсюда единственный вариант состава Y: глицин (C), изолейцин (A или B) и лейцин (A или B). Аминокислотный состав трипептида Y: Gly₁-Ile₁-Leu₁.

(структуры А-С по 2 балла; всего 6 баллов)

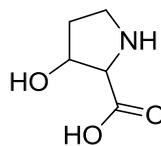
2. Так как в условии спрашивается, сколько ациклических трипептидов с указанной молярной массой можно построить на основе аминокислот A, B и C, то с учетом того, что Ile и Leu – изомеры с одинаковой молярной массой, можно предложить три варианта аминокислотного состава: Gly₁-Ile₁-Leu₁ (1), Gly₁-Ile₂ (2) и Gly₁-Leu₂ (3).

Для вариантов (2) и (3) с учетом неэквивалентности N- и C-концов трипептида можно предложить по 3 структуры (как пример: Gly-Ile-Ile, Ile-Gly-Ile, Ile-Ile-Gly). Для варианта (1) комбинаторика предполагает формирование в пределах 6 пептидов. Тем самым, всего можно предложить 12 вариантов пептидов, построенных из канонических аминокислот. **(3 балла)**

3. Определение баланса атомов для уравнения реакции модификации остатка аминокислоты D приводит к заключению, что в структурах аминокислот B и C появляется дополнительный атом кислорода. Так как молярные массы B и C совпадают (структурные изомеры!) и составляют $131 - 16 = 115$ г/моль, то соединение D – это пролин, Pro. С учетом условия, что в реакции атомы углерода, связанные с атомом азота в молекуле D, не подвергаются атаке молекулярного кислорода, можно предложить только две структуры: 3-гидроксипролин и 4-гидроксипролин:



4-гидроксипролин



3-гидроксипролин

(по 3 балла за каждую структуру, всего – 6 баллов)

4. Взаимодействие гидратированного оксида кремния (IV) с белком **X** предопределяется водородными связями. **(1 балл)**
5. Так как на остаток **Z1**, помимо кислорода и металла, приходится 0.98% массы молекулы, то, судя по всему, **Z1** содержит водород. Тогда можно рассчитать молярное соотношение O:H для **Z1**, которое составляет 2:1. Запишем структуру **Z1** как $M_3(OOH)_n$, где n – степень окисления металла. Тогда молярная масса металла:

$$M = \frac{67.87 \cdot 32,00 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}} \cdot n}{3 \cdot 31.15} = 23,24 \cdot n$$

При $n = 3$ получаем, что искомый металл – галлий ($M = 69.72$ г/моль).

Отсюда **Z1** – GaOOH (метагидроксид галлия), образующийся при гидролизе вещества **Z** – нитрата галлия (III) $Ga(NO_3)_3$.

(формулы Z и Z1 по 2 балла; всего 4 балла)