



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, математике, биологии, чтобы набрать больше баллов.

Задания

1. Беттгеровский люстр

Для получения пурпурной люстровой краски немецкий алхимик Беттгер растворял золото в царской водке, а затем добавлял в полученный раствор поташ до выпадения сероватого осадка X...

2. Наночастицы из воздуха

Наноматериал в виде волокон (нитей) можно получать из воздуха. Для этого один из его компонентов растворяют в расплавленной смеси, состоящей из соли и оксида одного и того же металла...

3. Фуллерен на службе у полимера

В последние годы фуллерены C_{60} и C_{70} стали использовать в качестве добавок к различным полимерным материалам...

4. Дендример, молекула-дерево

Дендримеры – это глобулярные наночастицы регулярного строения, похожие на деревья. Отсюда и название! По-гречески δένδρον, дендрон, значит – «дерево», а μέρος, мерос – «часть»...

5. Перспективный наноматериал

Этот перспективный углеродный наноматериал по одному из методов получают следующим образом. Фольгу металла А помещают в реактор, через который согласно режиму пропускают газ...

6. Наностержни из кристаллов

Белый тугоплавкий порошок А, практически нерастворимый в разбавленных растворах кислот и щелочей, смешали с углем. В полученную смесь добавили густой крахмальный клейстер...

7. Уравнения нано-реакций

Даны неполные уравнения реакций (некоторые – в ионной форме), которые используют для синтеза разнообразных наночастиц и наноматериалов. Завершите эти уравнения...

8. Иммобилизация на наночастицах

Юный химик давно интересовался нанохимией. Получив множество ранее изученных наночастиц, он решил синтезировать что-нибудь свое – новое и интересное. Для этого он взял две соли...

Внимание! Добавлены исправления в тексте задачи от 14.12.2016

9. Непростая целлюлоза

Длинные и очень тонкие наноразмерные волокна целлюлозы (далее NC), производимые бактериями и некоторыми животными, отличаются по свойствам от обычной целлюлозы...

10. Дизайн наночастиц de novo

Приведена схема получения наночастиц Х. Известно, что D не содержит кислорода, масса наночастицы F составляет 1 кДа, а при образовании G она теряет четверть массы...



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Задача 1. Беттгеровский люстр



*Блюдце из сервиза с полуфигурами, роспись И. Г. Херольда, Мейсен 1723-1724.
Поля картушей заполнены беттгеровским люстром.
(Музей Виктории и Альберта, фото с сайта <http://media.vam.ac.uk>)*

Для получения пурпурной люстровой краски немецкий алхимик Беттгер растворял золото в царской водке, а затем добавлял в полученный раствор поташ до выпадения сероватого осадка X, содержащего 86.4% металла. На воздухе высушенный осадок легко взрывает при нагревании до 140 градусов, причем 1.00 г осадка образует 98.25 мл газа (н.у.), не поддерживающего горение. Чем лучше взрывает осадок, тем более чистый цвет люстровой краски удастся достигнуть. Чтобы сделать краску, осадок разбавляли флюсом (мелкоистолченным легкоплавким стеклом) и полученный пигмент замешивали на воде или терпентиновом масле. При помощи кисти краску наносили на пористую поверхность фарфора. При муфельном обжиге люстр приобретал характерный розово-пурпурный цвет, который зависит от режима нагрева.

1. Что называют люстром? Определите состав X. **(2 балла)**
2. Водный раствор каких двух веществ представляла собой царская водка, используемая во времена Беттгера? **(2 балла)**
3. Объясните, почему рецепт Беттгера сначала не удавалось воспроизвести в современных условиях. **(2 балла)**
4. Чем обусловлена окраска беттгеровского люстра? **(1 балл)**
5. Назовите примерный диаметр частиц, обуславливающих окраску. **(1 балл)**
6. Какие макро- или микрокомпоненты должны содержаться в силикатном стекле, чтобы оно (а) было легкоплавким, (б) приобретало при нагревании розово-пурпурную окраску. **(2 балла)**

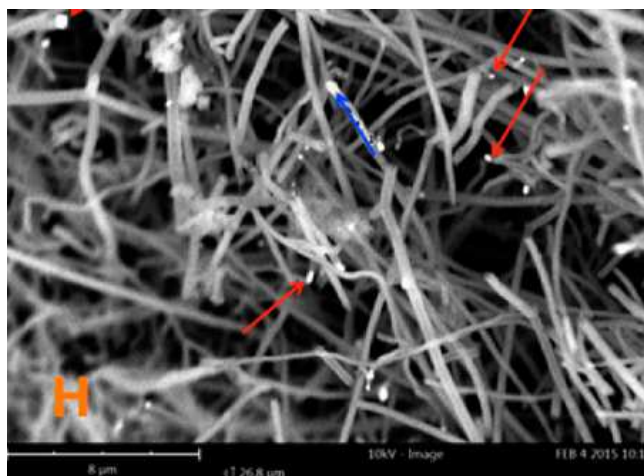
Всего – 10 баллов

**Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)****Задача 2. Наночастицы из воздуха**

Наноматериал в виде волокон (нитей) можно получать из воздуха. Для этого один из его компонентов растворяют в расплавленной смеси, состоящей из соли и оксида одного и того же металла (соль содержит 18.9% металла по массе, а оксид – 46.7% металла), добавляют следовые количества никеля и подвергают расплав электролизу со стальным катодом и никелевым анодом. Подбирая условия электролиза (концентрацию соли в оксида, плотность тока и количества примесей), можно получить материал, состоящий из прямых нитей, почти одинаковых по ширине.



Катод после электролиза



Электронное изображение полученных нанонитей
(длина горизонтального отрезка – 8 мкм)

1. Установите формулы газа, оксида и соли, используемых в эксперименте. Ответ подтвердите расчетами. **(3 балла)**
2. Напишите уравнения катодного и анодного процесса, а также суммарное уравнение реакции, если известно, что анод в реакции не вступал. **(3 балла)**
3. Оцените средний диаметр нанонитей. **(1 балл)**
4. Предположите, зачем в расплав соли добавляют оксид, и какую роль играют добавки никеля. **(2 балла)**

Всего – 9 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур) Задача 3. Фуллерен на службе у полимера

В последние годы фуллерены C_{60} и C_{70} стали использовать в качестве добавок к различным полимерным материалам. Добавление всего нескольких весовых процентов фуллеренов значительно увеличивает термическую стабильность полимеров.

1. Какое свойство молекул фуллеренов находит применение в этом случае? Напишите несколько различных химических реакций, которые демонстрируют это свойство. **(3 балла)**
2. Какая особенность строения молекул фуллеренов способствует проявлению этого свойства? **(2 балла)**
3. В одном из трех других применений фуллеренов (а, б или в) используется то же самое свойство. Выберите это применение из списка: **(1 балл)**
 - а. Фуллерены используются при производстве солнечных батарей;
 - б. Фуллерены используются при производстве кремов в косметологии;
 - в. Фуллерены предлагается использовать для создания новых контрастных агентов для диагностики рака.
4. Для добавления фуллеренов к полимерным материалам часто готовят водные коллоидные растворы фуллеренов. В таких растворах отдельные молекулы фуллеренов объединяются в крупные (по 10^4 и более молекул) ван-дер-ваальсовы кластеры. Образование кластеров усиливает или, наоборот, ослабляет положительное действие фуллеренов на полимерные материалы? Кратко объясните. **(3 балла)**

Всего – 9 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 4. Дендример, молекула-дерево

Дендримеры – это глобулярные наночастицы регулярного строения, похожие на деревья. Отсюда и название! По-гречески *δενδρον*, *дендрон*, значит – «дерево», а *μεροζ*, *мерос* – «часть».

На рис. 1 изображен дендример, *корнем* которого служит атом кремния, *ветками* – частицы карбосилана, $\text{Si}(\text{Me})(\text{CH}_2)_3-$, а *листьями* – органические радикалы R.

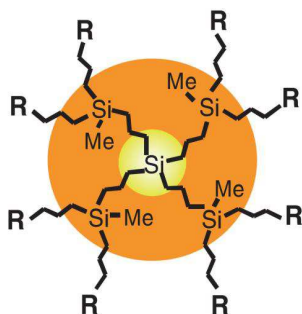


Рис. 1. Карбосиловый дендример первой генерации с концевыми группами R.
 Me – метил, CH_3- .

1. Попробуйте нарисовать карбосиловый дендример *третьей генерации*. **(3 балла)**
2. Сколько «листьев» должно быть у карбосилового дендримера *второй генерации*? **(2 балла)**
3. Придумайте формулу для расчета числа листьев в любой генерации карбосилового дендримера. В формулу должны входить только номер генерации и числа. **(2 балла)**
4. На рис. 2 изображена молекула производного фуллерена C_{60} . Является ли эта молекула дендримером? Что здесь корень, ветви, листья? Если это – дендример, то к какой генерации он относится? **(3 балла)**

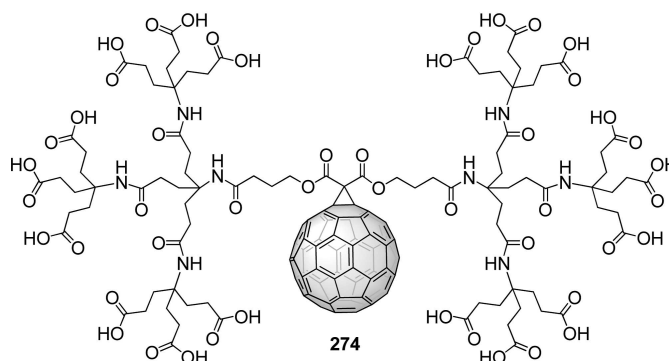


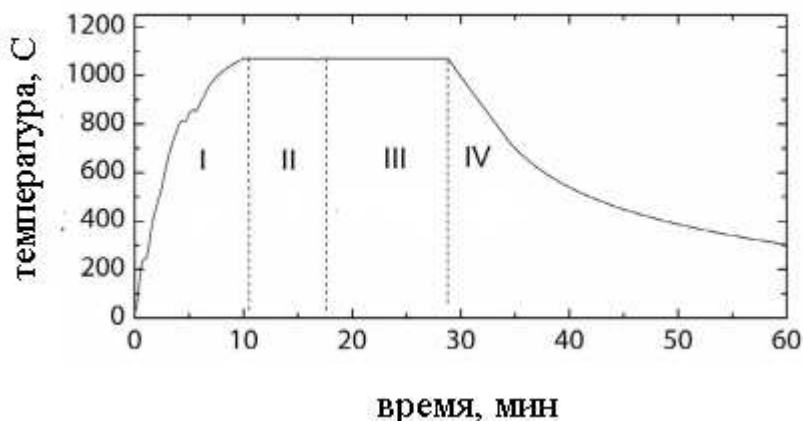
Рис. 2. Производное фуллерена C_{60} . Является ли молекула дендримером?

Всего – 10 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)
Задача 5. Перспективный наноматериал

Этот перспективный углеродный наноматериал по одному из методов получают следующим образом. Фольгу металла А помещают в реактор, через который согласно режиму, изображенному на рисунке, пропускают газ.



Газ, подаваемый в реактор на первой и второй стадиях, имеет плотность по водороду 20, на третьей стадии 19.57, а на четвертой 19.54. Используемые газы могут содержать три вида частиц X, Y, Z, в каждой из которых менее 6 атомов. Во время опыта на поверхности металла образуется наноматериал.

1. Назовите наноматериал и описанный метод его получения. **(2 балла)**
2. Определите частицы X, Y, Z, расположив их в порядке увеличения массы. **(3 балла)**
3. Определите металл А, если известно, что при нагревании на воздухе его поверхность темнеет, а в концентрированной азотной кислоте он растворяется с образованием зеленого раствора, который при разбавлении водой становится синим. Напишите уравнения этих реакций. **(2 балла)**
4. Вместо металла А можно использовать металл Б, который растворяется в азотной кислоте с образованием желто-зеленого раствора, при разбавлении водой становящегося травянисто-зеленым. Как изменится структура наноматериала при замене металла А на металл Б? **(2 балла)**

Всего – 9 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 6. Наностержни из кристаллов

Белый тугоплавкий порошок А, практически нерастворимый в разбавленных растворах кислот и щелочей, смешали с углем. В полученную смесь добавили густой крахмальный клейстер и сформировали шарики размером с горошину. Эти шарики поместили в горизонтальный кварцевый реактор, через который при нагревании до 800°C пропустили желто-зеленый газ Б, образующийся при электролизе раствора поваренной соли. В ходе реакции на холодной части кварцевой трубки образовались бесцветные чешуйчатые кристаллы вещества В, которые мутнеют при контакте с воздухом.

По одной из методик 10 г вещества В растворили в воде, а к полученному раствору по каплям добавили раствор, содержащий гидроксид натрия и аммиак до полноты осаждения белого аморфного осадка. Осадок выдержали в автоклаве при 200°C в течение 12 ч. При этом его масса составила 4.5 г (вещество Г). Прокаливание Г в течение 2 ч при 500°C приводит к образованию нанопроволок и наностержней Д, которые при дальнейшем нагревании превращаются в вещество А.

1. Назовите неизвестные вещества, запишите уравнения реакций. **(7 баллов)**
2. Где могут быть использованы нанопроволоки Д? **(1 балл)**
3. Как можно изменить условия эксперимента, чтобы вещество Г образовало наноструктуры другой формы? **(1 балл)**
4. Как можно различить порошки А и Д? Предложите простой химический способ. **(1 балл)**

Всего – 10 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 7. Уравнения nano-реакций

Даны неполные уравнения реакций (некоторые – в ионной форме), которые используют для синтеза разнообразных наночастиц и наноматериалов. Завершите эти уравнения, вставив пропущенные вещества и коэффициенты.

1. $3\text{Ag} + \dots \rightarrow \text{Au} + \dots + 4\text{Cl}^-$
2. $2\text{CuCl}_2 + \dots = 2\text{Cu} + \text{N}_2 + \dots$
3. $\text{PtCl}_6^{2-} + \dots + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \dots + \text{TeO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 6\text{Cl}^-$
4. $2\text{PdCl}_2 + \text{Te} + \dots \rightarrow \dots + \text{TeO}_3^{2-} + 6\text{H}^+ + 4\text{Cl}^-$
5. $\text{Cu} + \dots = 2\text{Ag} + \dots$
6. $\dots = \text{Li}_2\text{O} + \text{C} + \dots$
7. $\dots = \dots(\text{простое вещество}) + \text{N}_2 + 2\text{NH}_3$
8. $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3 + \dots = \text{GaN} + \dots$
9. $\text{Zr}(\text{OC}_2\text{H}_5)_4 + \dots = \dots + 4\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$
10. $\dots = \text{BN} + \dots(\text{простое вещество})$

Всего – 10 баллов (по 1 баллу за уравнение)



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 8. Иммобилизация на наночастицах

Юный химик давно интересовался нанохимией. Получив множество ранее изученных наночастиц, он решил синтезировать что-нибудь свое – новое и интересное. Для этого он взял две распространенные соли одного и того же металла – **A** (дает с орто-фенантролином ярко-красное окрашивание) и **B** ($\omega_{\text{металла}} = 34.46\%$) и соосадил их раствором аммиака, получив наночастицы **X**. Затем **X** юный химик промыл 2 М раствором хлорной кислоты.

Для модификации поверхности наночастиц **X** с образованием наночастиц **X₁** было решено использовать металл **M**, применяемый в электронике. **M** может растворяться в концентрированной кислоте **C**, содержащей элемент, органические соединения которого имеют неприятный чесночный запах.

Металл **M** входит в состав кислоты **D**, которая содержит 0.294% водорода по массе. Кислота **D** была получена пропусканием газа **E** через солянокислый раствор, содержащий металл **M**. Для получения **X₁** наночастицы **X** прокипятили со смесью кислоты **D** и натриевой соли кислоты **F**, на титрование 7.488 г которой требуется 468 мл 0.25М гидроксида натрия. Кислоту **F** юный химик заранее купил в супермаркете.

После очистки **X₁** юный химик решил модифицировать и эти наночастицы, используя их взаимодействие с химотрипсином. Удалив избыток несвязанного химотрипсина и выдержав модифицированные наночастицы **X₁** в низкочастотном переменном магнитном поле с последующим проведением ряда экспериментов, химик обнаружил, что ферментативная реакция с участием иммобилизованного фермента под действием магнитного поля замедлялась.

1. Определите вещества **A**, **B** и **X**. Напишите уравнение реакции соосаждения **A** и **B** водным аммиаком. **(3 балла)**
2. Для чего юный химик промывал **X** раствором хлорной кислоты? **(1 балл)**
3. Определите металл **M**, напишите уравнение реакции растворения **M** в **C**. **(2 балла)**
4. Установите формулы **D**, **E** и **F**. Какую роль натриевая соль **F** играет в описанном превращении? Какие ещё вещества, кроме этой соли, можно использовать для данного синтеза? **(3 балла)**
5. Чем может быть вызвано уменьшение активности химотрипсина? **(1 балл)**

Всего – 10 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 9. Непростая целлюлоза

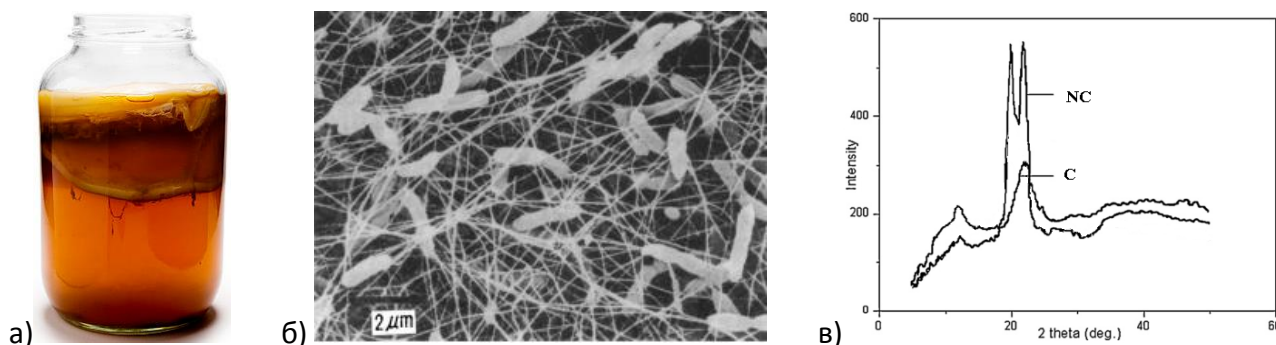


Рис. 1. а) Колония бактерий – чайный гриб. б) СЭМ изображение такого бактериально-целлюлозного геля. в) Дифракция рентгеновских лучей на образцах обычной растительной целлюлозы (С) и целлюлозы бактерий (NC)

Длинные и очень тонкие наноразмерные волокна целлюлозы (далее NC), производимые бактериями и некоторыми животными, отличаются по свойствам от обычной целлюлозы.

1. На основе данных о дифракции рентгеновских лучей схематично изобразите структуры обычной целлюлозы и NC. Поясните, почему NC обладает уникальной прочностью. **(2 балла)**
2. Небольшие волокна NC также могут быть выделены с низким выходом при кислотном гидролизе растительного сырья. Как вы думаете, более тонкие или более толстые волокна NC будут гидролизироваться быстрее? Почему гидролизом можно отделить волокна NC от обычных волокон целлюлозы? **(1 балл)**

NC может быть использована как заготовка для получения других материалов:

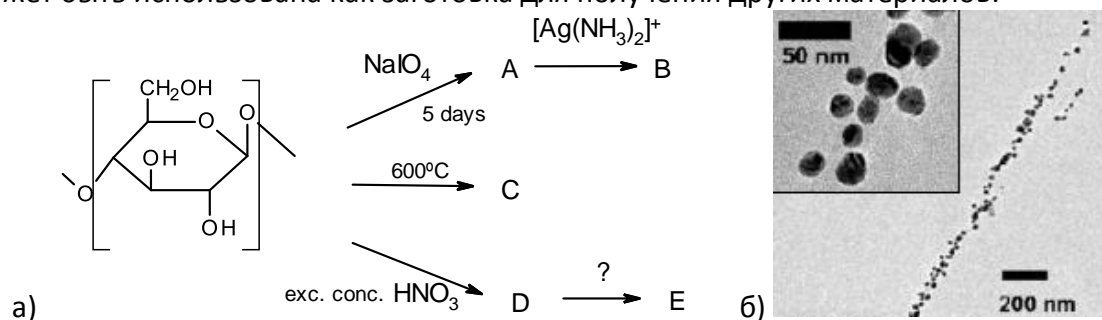


Рис. 2. а) Схема превращений волокон NC. б) ПЭМ изображение нанопродукта В

3. Схематически запишите уравнения приведенных превращений NC (рис. 2а), если при синтезе **А** окисляются две соседние группы в мономерном звене NC. **(2 балла)** Могут ли в продуктах реакции разложения **Д** находиться наночастицы **Е**, имеющие одинаковый с **С** элементный состав, но другую кристаллическую структуру? **(1 балл)**
4. Где могут найти применение нанопродукты **В** и **С**? **(1 балла)**
5. Оцените максимальную массовую долю наночастиц в материале **В**. Рассчитайте, сколько наночастиц серебра ($d = 15 \text{ нм}$) будет при этом приходиться на каждые 100 нм волокон **В**, если исходная NC имеет диаметр волокон 25 нм, плотности волокон и серебра составляют 1.5 г/см^3 и 10.5 г/см^3 , соответственно. **(3 балла)**

Всего – 10 баллов



Химия для школьников 7 – 11 класса (заочный тур)

Задача 10. Дизайн наночастиц de novo

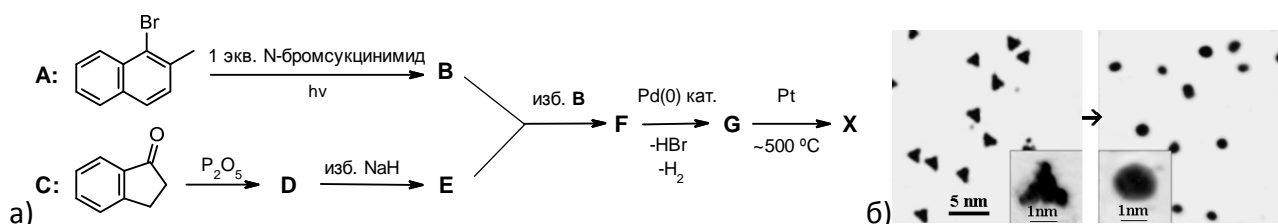


Рис 1. а) Схема получения наночастиц X. Известно, что D не содержит кислорода, масса наночастицы F составляет 1 кДа, а при образовании G она теряет четверть массы.

б) Изображения поверхности платины с наночастицами G и X, полученные сканирующей туннельной микроскопией (СТМ).

1. Приведите химические формулы веществ, упомянутых на схеме, и нарисуйте структуры соединений B, D и G, а также опишите структурные элементы наночастицы X и их взаимное расположение. **(6 баллов)**
2. При получении F образуются две изомерных наночастицы. Чем отличается их структура? **(1 балл)**

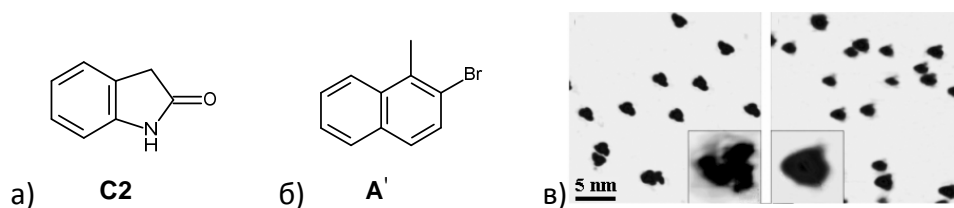


Рис. 2. а) Структура C2. б) Структура A'. в) СТМ изображения G' и X'

3. Установите химическую формулу и заряд наночастицы X_{C2}, изоэлектронной X, если она получается при замене в схеме на рис. 1а соединения C на C2 (рис. 2а) **(1 балл)**.
4. При замене в схеме синтеза на рис. 1а соединения A на его структурный изомер A' (рис. 2б), вместо X образуется другая наночастица – X' (рис. 2б). Установите ее химическую формулу и объясните, почему в этом случае не образуется изомер X. **(2 балла)**
5. Наночастица Y относится к одному классу с X и имеет с ним одинаковый элементный состав, но на 40% тяжелее, и может быть получена по схеме на рис. 1а при замене A на A_γ. Нарисуйте структуру A_γ, если это соединение является производным A, замещенным по 3 и 4 положениям. Ответ поясните. **(3 балла)**

Всего – 13 баллов