

Задачный тур

Химия

(Автор задач 1-4 – В.В.Еремин, задачи 5 – А.А.Дроздов)

Простые задачи

1. Нанокристалл селенида вольфрама имеет массу $2.84 \cdot 10^{-18}$ г и содержит 53.8% вольфрама по массе. Сколько всего атомов входит в состав нанокристалла? **(8 баллов)**

2. Ниже приведены уравнения реакций получения различных наночастиц. Все коэффициенты расставлены, для наночастиц приведены простейшие (брутто) формулы. Завершите эти уравнения, заполнив пропуски. В правой части каждого уравнения подчеркните формулу полученной наночастицы. **(8 баллов)**



3. Двумерный наноматериал графан представляет собой полностью гидрированную графитовую плоскость. Определите брутто-формулу графана. Чему равен объём водорода (при 25 °С и 100 кПа), который необходим для полного гидрирования 100 мг графена? **(8 баллов)**

4. При аэробном окислении циклогексана в присутствии нанокатализатора Au_{40} образуется смесь соединений, в одном из которых массовая доля углерода на 12.2% меньше, чем в исходном углеводороде. Определите молекулярную и структурную формулу продукта реакции, если известно, что реакция окисления не затрагивает углеродный скелет **(8 баллов)**.

5. При нагревании органической соли железа(II) образуется высокодисперсный порошок металла, при этом масса твёрдого вещества при разложении уменьшается в 2.61 раза. Установите формулу соли, напишите уравнение реакции. **(8 баллов)**

Более сложные задачи

Задача 1. Окрашивание стекла наночастицами

(Автор – А.А. Дроздов)

Протравное окрашивание стекла основано на диффузии катионов между пастой, нанесенной на поверхность изделия, и стеклофазой. Одно из веществ, используемых для приготовления пасты, представляет собой белый порошок **X**, насыщенный раствор которого даёт белый осадок с раствором хлорида бария. Раствор **X** реагирует с водным раствором хромата калия с образованием красного осадка **Y**, изоструктурного **X**. Массовая доля кислорода в **X** на 1.24% больше, чем в **Y**.

Окрашивание стекла происходит при нагревании изделия с нанесенной на него пастой при 600 °С. Затем высохшую пасту отделяют. Поверхность изделия приобретает характерный цвет. Если вещество **X** ввести в расплавленную стекломассу, а затем ее охладить, окраски стекла не возникает.

Определите неизвестные вещества. Напишите уравнения реакций. **(6 баллов)**

Какой элемент **Z** вводится в стекло при помощи протравы? Чем обусловлена окраска стекла? Почему она не возникает сразу при добавлении **X** в расплавленную стекломассу? Какие примесные ионы, содержащиеся в стекле, необходимы для реализации протравного окрашивания? Напишите уравнение реакции. Что надо сделать с таким стеклом для возникновения окраски? Предложите два других соединения элемента **Z**, которыми можно заменить **X**. Назовите еще два элемента, которые окрашивают стекла таким же образом, что и **Z**. **(14 баллов)**

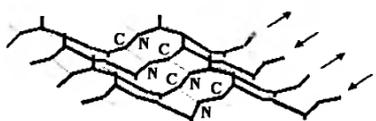
Задача 2. Уникальный белок

(Автор – Б.Н. Гарифуллин)

Всестороннее изучение уникальных свойств белка **X** может способствовать разработке принципиально новых наноразмерных пептидных материалов, имеющих широкие перспективы внедрения в различных областях человеческой деятельности.

Известно, что обе субъединицы **X** образованы многократно повторяющейся последовательностью из шести аминокислотных остатков. Соответствующий данной последовательности гексапептид **Y** образован остатками трех канонических аминокислот **A**, **B** и **C** в молярном соотношении 1:2:3, соответственно.

1. Установите аминокислоты **A-C**, если молярная масса гексапептида **Y** составляет 418.41 г/моль. Обязательно приведите логику своих рассуждений, позволяющую однозначно установить структуры **A-C** без применения метода слепого перебора вариантов. **(9 баллов)**



При рентгеноструктурном анализе было выяснено, что молекулы **X** образуют множество антипараллельных β -слоев, расстояние между которыми может иметь одно из двух значений: 0.35 нм или 0.57 нм (при этом указанные значения обязательно чередуются между собой). β -слои,

являясь важнейшим примером растянутой периодической структуры в белках, формируют не единую плоскую, а гофрированную структуру. Боковые радикалы аминокислот в таких структурах поочередно (по ходу пептидной последовательности, от N- к C-концу) направлены то вверх, то вниз от основной плоскости листа.

2. Исходя из приведенной информации, определите структуру Y. **(6 баллов)**

3. Укажите, какие типы межмолекулярных связей участвуют в стабилизации упаковки β -слоев в белке X. **(2 балла)**

4. Исходя из структуры X, определите, какими свойствами должен обладать данный белок. **(3 балла)**

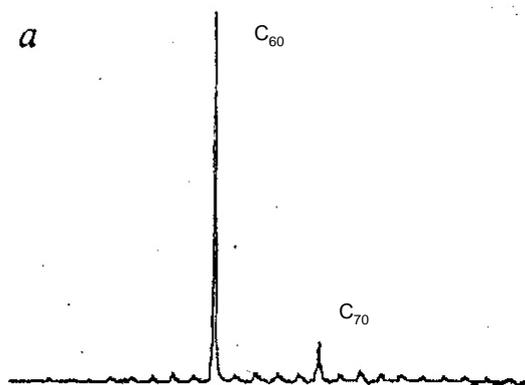
Справочная информация по каноническим аминокислотам

аминокислота	обозначение	М, г/моль	аминокислота	обозначение	М, г/моль
Аланин	Ala	89,098	Лейцин	Leu	131,174
Аргинин	Arg	174,202	Лизин	Lys	146,189
Аспарагин	Asn	132,119	Метионин	Met	149,207
Аспарагиновая кислота	Asp	133,104	Пролин	Pro	115,132
Валин	Val	117,147	Серин	Ser	105,093
Гистидин	His	155,156	Треонин	Thr	119,120
Глицин	Gly	75,067	Тирозин	Tyr	181,191
Глутамин	Gln	146,146	Триптофан	Trp	204,228
Глутаминовая кислота	Glu	147,130	Фенилаланин	Phe	165,191
Изолейцин	Ile	131,174	Цистеин	Cys	121,154

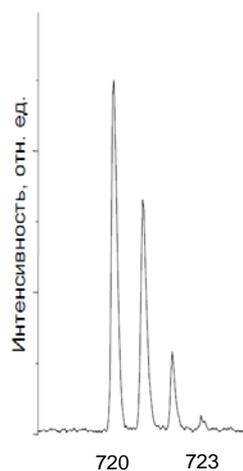
Задача 3. История фуллерена C₆₀

(Автор – М.В.Коробов)

1. Как известно, фуллерен C₆₀ был открыт с помощью масс-спектрометра, прибора, определяющего массу молекул. Вот, как выглядел масс-спектр C₆₀:

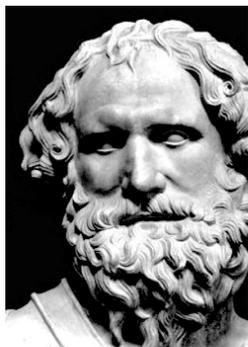


Позднее, на масс-спектрометре более высокого качества, был получен такой масс-спектр:



Почему в спектре появились дополнительные пики? Напишите формулы молекул, которым они соответствуют. (7 баллов)

2.



Как известно, фуллерен C_{60} имеет форму усеченного икосаэдра. Об этой пространственной фигуре рассуждали Архимед и Л. Да Винчи. Допустим, что эти ученые смогли синтезировать C_{60} . Можно было бы сегодня, через много сотен лет, отличить фуллерен Архимеда от фуллерена Л. Да Винчи по масс-спектру? Если да, то как? Считайте, что в нашем распоряжении есть идеальный масс-спектрометр, и пики любой величины будут обнаружены и измерены. **(6 баллов)**

3. Архимед и Л. Да Винчи оставили нам только рисунки, изображающие фуллерен C_{60} . Допустим, что вместе с рисунками сохранились два засушенных цветка, сорванные когда-то учеными. Можно было бы сегодня, через много сотен лет, с помощью масс-спектрометра отличить цветок Архимеда от цветка Л. Да Винчи ? Если да, то как? **(7 баллов)**

