

10 класс

Задание 1.

1. Количество вещества газа $n = 1.00 \text{ л} / 22.4 \text{ л/моль} = 0.0446 \text{ моль}$

Молярная масса газа: $1.25 \text{ г} / 0.0446 \text{ моль} = 28 \text{ г/моль}$ (2 балла)

Газы, соответствующие этой молярной массе – N_2 , CO , C_2H_4 , B_2H_6 . (по 1 баллу за любые 2 верных газа, всего 2 балла)

2. Масса молекулы складывается из масс нейтронов и протонов. 1 моль каждой из этих частиц весит приблизительно 1 г. Тогда:

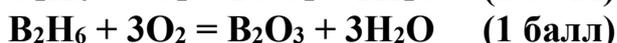
$$28 = n(\text{P}) + n(\text{N}) = n(\text{P}) + n(\text{P}) - 4$$

Откуда $n(\text{P}) = 16$ и $n(\text{N}) = 12$ (по 1 баллу, всего 2 балла)

Количество электронов совпадает с количеством протонов: $n(e) = 16$. (1 балл)

3. Перебор возможных вариантов молекул с учётом числа протонов и нейтронов ведёт к двум возможным формулам: C_2H_4 и B_2H_6 . Остальные найденные варианты либо не удовлетворяют условию о числе нейтронов и протонов, либо не подчиняются правилам валентности.

Уравнения реакций сгорания:



Вода – жидкий продукт, углекислый газ – газообразный, а оксид бора (III) – твёрдый. Тогда $\text{X} - \text{B}_2\text{H}_6$, $\text{Y} - \text{C}_2\text{H}_4$. (по 1 баллу, всего 2 балла)

4. Боран самовоспламеняется на воздухе и сразу бы сгорел при смешении с кислородом без дополнительного поджигания. Газ в сосуде – C_2H_4 . (1 балл)

Всего максимум 12 баллов.

Задание 2.

Логично предположить, что одним из простых веществ является металл, другим – неметалл. При гидролизе данное вещество образует водородное соединение неметалла, которое сгорает с образованием оксида. Таким образом, необходимо найти твёрдый неметалл, образующий газообразный оксид. На эту роль подходят прежде всего углерод и сера.

Тогда вещество G – карбонат или сульфит металла, причём искомый металл с большой вероятностью двухвалентный (карбонаты одновалентных металлов, как правило, растворимы, а карбонаты трёхвалентных металлов неустойчивы).

При этом из условия не следует прямо, какое из простых веществ – A или B – металл. Обозначив массу металла за x , решим четыре несложных уравнения.

A – металл, G – карбонат:

$$\frac{x+60}{x} = \frac{5}{2}$$

Откуда $x = 40$, что соответствует кальцию.

B – металл, G – карбонат:

$$\frac{x+60}{x} = \frac{5}{1.2}$$

Откуда $x = 19$, что соответствует фтору и не подходит к условию задачи.

A – металл, G – сульфит:

$$\frac{x+80}{x} = \frac{5}{2}$$

Откуда $x = 53.33$, что находится между марганцем и хромом.

B – металл, G – сульфит:

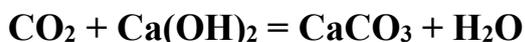
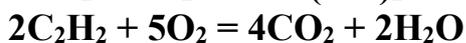
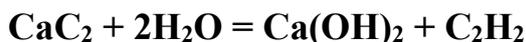
$$\frac{x+80}{x} = \frac{5}{1.2}$$

Откуда $x = 25.3$, что находится между магнием и алюминием.

Среди рассмотренных вариантов условию полностью соответствует только кальций. Тогда A – Ca, B – углерод C (по 1 баллу, всего 2 балла).

Количество вещества кальция равно $2/40 = 0.05$ моль, а количество вещества углерода составляет $1.2/12 = 0.1$ моль. Тогда они реагируют в соотношении 1:2, образуя карбид кальция. Соединение C – CaC_2 (1 балл). Гидролиз последнего ведёт к образованию ацетилена (D – C_2H_2) (1 балл) и взвеси E – $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (1 балл). При сгорании ацетилена образуется F – CO_2 (1 балл). Осадок G – карбонат кальция CaCO_3 (1 балл).

2. Уравнения реакций:



(По 1 баллу за каждое уравнение).

Всего максимум 12 баллов.

Задание 3.

1. Отношение массы карбоната металла к массе углерода составляет 1 к 0.162:

$$\frac{2x+60}{12} = \frac{1}{0.162}$$

Откуда $x = 7$, что соответствует литию Li. (2 балла)

2. **Многостенные** нанотрубки имеют большую плотность и в результате центрифугирования оказываются **на дне**. (1 балл)

3. Шестичленные циклы в нанотрубке могут быть ориентированы под разными углами к ее оси, поэтому не следует ожидать, что окружность перпендикулярного этой оси сечения включает целое число циклов. Для решения нужно представить трубку как развёрнутый лист площадью $2\pi r \cdot l$, состоящий из шестиугольников. Площадь одного шестиугольника может быть выражена через длину его стороны как $\frac{3\sqrt{3}}{2}a^2$ и равна 0.0524 нм^2 .

При этом каждый атом углерода в шестиугольнике принадлежит трём шестиугольникам, так что можно сказать, что один шестиугольник состоит из

двух целых атомов углерода. Тогда в нанотрубке из 36000 углерода 18000 шестиугольников общей площадью $18000 \cdot 0.0524 \text{ нм}^2 = 943 \text{ нм}^2$. Поскольку радиус трубки равен 0.3 нм, её длина равна $943 / (2 \cdot \pi \cdot 0.3) = 500 \text{ нм}$. (3 балла)

4. Воспользуемся аналогичными рассуждениями. Площадь одной трубки равна $\pi \cdot 0.6 \cdot 1200 = 2262 \text{ нм}^2$. Трубка содержит $2262 / 0.0524 = 43167$ шестиугольников или 86334 атомов углерода.

Общее количество штук атомов углерода равно $6.022 \cdot 10^{23} \cdot 0.003 / 12 = 1.5 \cdot 10^{20}$

Количество трубок равно: $N = 1.5 \cdot 10^{20} / 86334 = 1.7 \cdot 10^{15}$ штук. (3 балла)

5. Для ответа на данный вопрос необходимо составить неравенство вида:

$$1.5 - 0.35 \cdot x > 0.15$$

Откуда получаем, что $x < 3.86$. Трубка может включать три внутренних слоя. Максимальное количество слоёв равно 4. (3 балла)

Всего максимум 12 баллов.

Задание 4.

1. Теплоту реакции изомеризации I в III можно выразить как разность теплот образования продуктов и реагентов:

$$Q(I \rightarrow III) = Q_{\text{обр}}(III) - Q_{\text{обр}}(I) = -11.2 \text{ кДж/моль} \quad (1 \text{ балл})$$

Если для вычисления использовать теплоты сгорания, то из теплот сгорания реагентов необходимо вычитать теплоты сгорания продуктов:

$$Q(I \rightarrow V) = Q_{\text{сгор.}}(I) - Q_{\text{сгор.}}(V) = 7.1 \text{ кДж/моль} \quad (1 \text{ балл})$$

2. Там, где теплоту перехода можно найти через теплоты образования, эту же теплоту можно выразить через теплоты сгорания, и наоборот. Например, для изомеризации I \rightarrow III можно записать следующее:

$$Q(I \rightarrow III) = Q_{\text{обр}}(III) - Q_{\text{обр}}(I) = Q_{\text{сгор.}}(I) - Q_{\text{сгор.}}(III) = -11.2 \text{ кДж/моль}$$

Теплота сгорания вещества I известна. Тогда $Q_{\text{сгор.}}(III) = 11.2 + 9173.1 = 9184.3$ кДж/моль

Рассуждая аналогичным образом, можно заполнить всю таблицу:

Кадиеен	I	II	III	IV	V
$Q_{\text{обр}}$, кДж/моль	156.6	156.6	145.4	165.7	163.7
$Q_{\text{сгор}}$, кДж/моль	9173.1	9173.1	9184.3	9164.0	9166.0

(по 0.5 балла за каждое значение)

3. При восстановительном озонлизе происходит разрыв C=C связи с образованием соответствующих карбонильных (C=O) соединений. Анализ структуры этих соединений позволяет понять, в каких местах располагались двойные связи в исходных молекулах.

Сопряжённые двойные связи присутствуют только в соединении V. Такой же фрагмент имеется в структуре продукта 2.

Из оставшихся трёх известных кадиененов каждый содержит как минимум одну двойную связь в каждом из циклов. Это будет приводить к разрыву

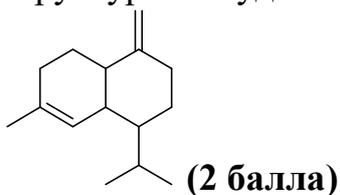
цикла. Однако продукт озонлиза 1 содержит шестичленный цикл. Следовательно, он образовался при окислении неизвестной структуры III.

В молекуле IV присутствует четырёхзамещённая двойная связь, которая при окислении даст две кето-группы. Вторая двойная связь приведёт к образованию кето-группы и альдегида. Таким образом, продукт окисления молекулы IV будет отличаться наличием одной альдегидной группы. Это структура 5.

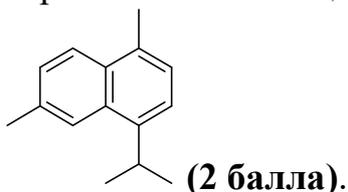
Оставшиеся вещества 3 и 4 – продукты озонлиза веществ I и II. Чтобы соотнести эти продукты с исходными молекулами, можно пронумеровать атомы в реагентах и продуктах, опираясь на узнаваемый фрагмент, например, на изопропильный заместитель. Такой анализ показывает, что I соответствует 3, а II – 4.

Таким образом, верное соотношение следующее: **I – 3, II – 4, III – 1, IV – 5, V – 2 (по 1 баллу за каждую пару).**

Чтобы воспроизвести структуру III, необходимо «сшить» места разреза вещества 1 с образованием шестичленного цикла. Однако можно заметить, что количество атомов углерода в этой молекуле на 1 меньше, чем в кадиненах. Оставшийся атом углерода был потерян в ходе озонлиза и перешёл в формальдегид. Его необходимо вернуть в соответствующую позицию. Тогда структура III будет выглядеть следующим образом:



4. При дегидрировании бициклической системы происходит ароматизация с образованием замещённого нафталина:



Всего максимум 13 баллов.