

1. Смесь графита и бертолетовой соли часто используется в пиротехнике – она легко и стабильно горит. Однако, соотношения веществ необходимо соблюдать таким образом, чтобы получилось $m(\text{сумм}), \text{г} : Q, \text{кДж} = 1 : 1,5$. Сколько бертолетовой соли (г) нужно добавить к 6,1г графита чтобы обеспечить горение (в инертной среде), если разложение 1 моль бертолетовой соли сопровождается выделением теплоты в размере 48 кДж, а сгорание 1 моль графита – 394 кДж? Напишите термохимические уравнения реакций.

Решение:

Уравнения: $\text{KClO}_3 (\text{тв.}) = \text{KCl} (\text{тв.}) + 1,5\text{O}_2 (\text{г.}) + 48 \text{ кДж}$ $\text{C} (\text{гр.}) + \text{O}_2 (\text{г.}) = \text{CO}_2 (\text{г.}) + 394 \text{ кДж}$	1,5 балла 1,5 балла
Пусть x г – масса бертолетовой соли, тогда масса смеси будет составлять: $m = 6,1 + x$.	1 балл
При горении 6,1 г углерода выделяется теплота: $Q = \frac{394 \cdot 6,1}{12} =$ <i>кДж</i> ;	1 балл
Разложение x г бертолетовой соли сопровождается выделением тепла: $Q = \frac{48 \cdot x}{122,5} \text{ кДж}$;	1 балл
При горении смеси массой $m = 6,1 + x$ выделится сумма этих двух реакций: $Q = \frac{394 \cdot 6,1}{12} + \frac{48 \cdot x}{122,5} \text{ кДж}$.	1,5 балла
В условии сказано, что соотношение массы смеси к выделяемому теплу должно быть 1 к 1,5. Тогда получим уравнение: $\frac{\frac{394 \cdot 6,1}{12} + \frac{48 \cdot x}{122,5}}{6,1 + x} = 1,5$	1,5 балла
Итого $x = 172$ г – масса бертолетовой соли, которую нужно добавить к 6,1 г графита для обеспечения стабильной реакции.	1 балл

2. При сгорании соединения **A** массой 17,6 г, являющегося продуктом взаимодействия соединений **B** и **C**, применяющихся в пищевой промышленности, образуется 17,92 л углекислого газа и 14,4 г воды. Известно, что соединение **B** вступает в реакцию с бромом в присутствии света в соотношении 1:1, образуя продукт **D**. Соединение **D** взаимодействует с продуктом неполного окисления метана в присутствии серной кислоты, результатом чего является вещество **E**, способное взаимодействовать с сероводородом, давая соединение **F**. В ходе реакции соединений **E** и **F** между собой в присутствии поташа происходит образование вещества **G**, способного взаимодействовать с 2,3-бутандионом в среде соединения **C** после растворения натрия в нём, давая продукт **H**.

После этого продукт **H** кипятят в концентрированном растворе щёлочи, раствор нейтрализуют соляной кислотой, а полученное кристаллическое соединение **I** нагревают, в результате чего выделяется газ и получается вещество **J**.

$$I. n(\text{CO}_2) = 17,92 \text{ л} : 22,4 \text{ л/моль} = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(\text{C}) = n(\text{CO}_2) = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = 14,4 \text{ г} : 18 \text{ г/моль} = 0,8 \text{ моль}$$

$$n(\text{H}) = n(\text{H}_2\text{O}) * 2 = 1,6 \text{ моль}$$

$$m(\text{C} + \text{H}) = 12 \text{ г/моль} * 0,8 \text{ моль} + 1 \text{ г/моль} * 1,6 \text{ моль} = 11,2 \text{ г}$$

$$m(\text{O}) = 17,6 \text{ г} - 11,2 \text{ г} = 6,4 \text{ г}$$

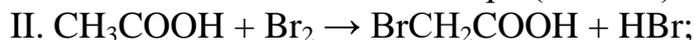
$$n(\text{O}) = 6,4 \text{ г} : 16 \text{ г/моль} = 0,4 \text{ моль}$$

$$\text{C}:\text{H}:\text{O} = 8:16:4 = 4:8:2$$

соединение **A** – этилацетат

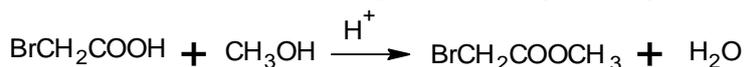
соединение **B** – уксусная кислота

соединение **C** – этиловый спирт (4 балла)

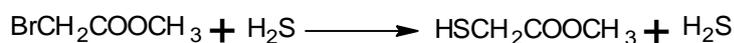


вещество **D** - BrCH_2COOH (1 балл)

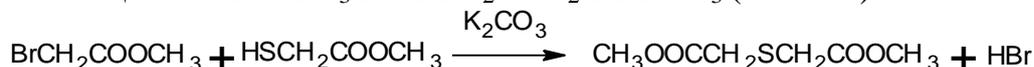
III. Вещество **E** – $\text{BrCH}_2\text{COOCH}_3$ (1 балл)



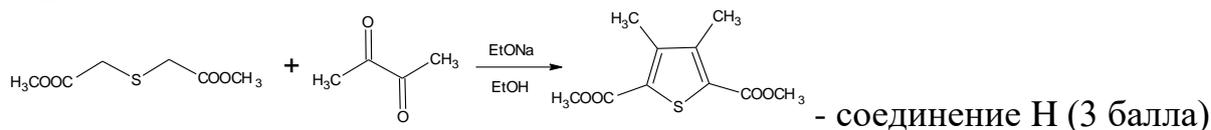
VI. Вещество **F** - $\text{HSCH}_2\text{COOCH}_3$ (1 балл)



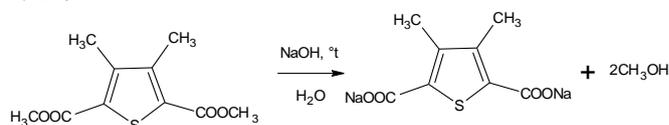
V. Вещество **G** – $\text{CH}_3\text{OOCCH}_2\text{SCH}_2\text{COOCH}_3$ (2 балла)

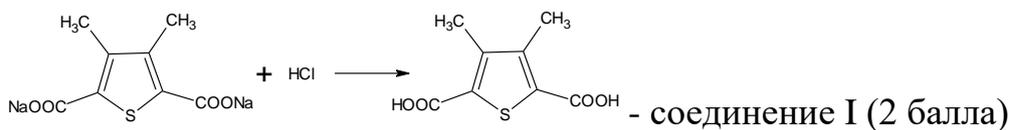


VI.

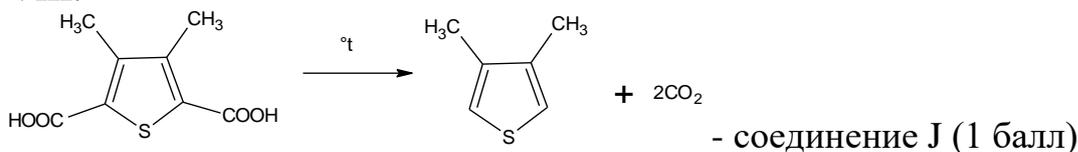


VII.





VIII.



(10 баллов)

3. При электролизе 250 мл 6% раствора NaOH (плотность – 1.06 г/мл) произошло увеличение массовой доли NaOH в растворе на 2%. Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах, а также выделившиеся на электродах объемы газов (при нормальных условиях).

Решение

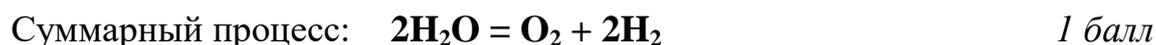
1. Уравнения реакции, протекающих на электродах:



0.5 балла



0.5 балла



$$m_{p-pa \text{ NaOH нач}} = V_{p-pa \text{ NaOH}} \times \rho_{p-pa \text{ NaOH}} = 250 \times 1.06 = 265 \text{ г}$$

$$m_{\text{NaOH}} = m_{p-pa \text{ NaOH}} \times \omega_{\text{NaOH}} = 265 \times 0.06 = 15.9 \text{ г}$$

$$v_{\text{NaOH}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{M_{\text{NaOH}}} = \frac{15.9}{40.0} = 0.4 \text{ моль} \quad 2$$

балла

Массовая доля NaOH изменяется за счет электролиза воды.

3. Поскольку масса NaOH не изменяется, найдем массу конечного раствора:

$$m_{p-pa \text{ NaOH конеч}} = \frac{m_{\text{NaOH}}}{\omega_{\text{NaOH конеч}}} = \frac{15.9}{0.06+0.02} = 198.8 \text{ г}$$

Количество воды, которое подверглось электролизу, составляет:

$$m_{H_2O} = m_{p-ра NaOH \text{ нач}} - m_{p-ра NaOH \text{ конеч}} = 265 - 198.8 = 66.2 \text{ г} \quad 2$$

балла

$$\nu_{H_2O} = \frac{m_{H_2O}}{M_{H_2O}} = \frac{66.2}{18.0} = 3.7 \text{ моль}$$

4. Из уравнения электролиза найдем выделившиеся на электродах объемы газов:

$$\nu_{H_2} = \nu_{H_2O} = 3.7 \text{ моль}; V_{H_2} = \nu_{H_2} \times V_m = 3.7 \times 22.4 = \mathbf{82.9 \text{ л}}$$

2 балла

$$\nu_{O_2} = \frac{1}{2} \nu_{H_2O} = 1.85 \text{ моль}; V_{O_2} = \nu_{O_2} \times V_m = 1.85 \times 22.4 = \mathbf{41.4 \text{ л}}$$

4. Задание:

В результате взаимодействия предельной карбоновой кислоты и одноатомного спирта был получен сложный эфир. Известно, что число атомов углерода в молекулах спирта и кислоты одинаково.

Для омыления 34,8 г данного эфира потребовалось 50 мл водного раствора гидроксида натрия с массовой долей равной 20 % и плотностью $\rho = 1,2 \text{ г/мл}$.

Определите, какие кислота и спирт использовались для синтеза эфира, приведите формулу этого эфира (если существует возможность существования нескольких эфиров, удовлетворяющих данным условиям – изобразите все возможные структуры эфиров). Изобразите реакцию и механизм образования данного эфира. Напишите реакции кислотного и щелочного гидролиза для данного эфира. Объясните, с чем связана необходимость постоянной отгонки воды в ходе получения сложных эфиров.

Решение:

1. Составим общее уравнение омыления сложного эфира:

Как видно из уравнения реакции, для омыления одного моля эфира требуется один моль щелочи. Найдем число моль щелочи, определив тем самым число моль эфира:

$$m(\text{NaOH})_{\text{раствор}} = V(\text{NaOH}) \cdot \rho(\text{NaOH}) = 50 \text{ мл} \cdot 1,2 \text{ г/мл} = 60 \text{ г}$$

$$m(\text{NaOH}) = m(\text{NaOH})_{\text{раствор}} \cdot w(\text{NaOH}) = 60 \text{ г} \cdot 0,2 = 12 \text{ г}$$

По уравнению реакции:

$$v(\text{NaOH}) = v(\quad) = \frac{12 \text{ г}}{40 \text{ г/моль}} = 0,3 \text{ моль}$$

$$M(\quad) = \frac{m(\quad)}{v(\quad)} = \frac{34,8 \text{ г}}{0,3 \text{ моль}} = 116 \text{ г/моль}$$

Вычтем из полученной молярной массы эфира молярную массу сложноэфирной группы (COO-), равную 44 г/моль, и получим 72 г/моль. Это молярная масса углеводородных радикалов кислоты и спирта (R и R'), образующих данный эфир.

При данном значении молярной массы единственно возможное соотношение углерода и водорода в радикалах: 5 атомов углерода и 12 атомов водорода. Из условия задачи следует, что число атомов углерода в молекулах кислоты и спирта, образующих данный сложный эфир, одинаково.

В состав сложноэфирной группы входит один атом углерода (он перешел из молекулы кислоты), пять атомов в составе углеводородных радикалов.

Следовательно, молекулы исходных кислоты и спирта содержали по три атома углерода. Искомый эфир – *пропилпропилат*.

Другим возможным эфиром является *изопропилпропилат*:

2. Образование пропилпропилата:

Механизм реакции:

1) Протонирование молекулы карбоновой кислоты:

2) Присоединение молекулы пропилового спирта:

3) Выброс молекулы воды и миграция протона:

3. Кислотный и щелочной гидролиз пропилпропионата.

1) Кислотный гидролиз:

2) Щелочной гидролиз

4. Постоянная отгонка воды в процессе реакции необходима для предотвращения протекания нежелательного процесса гидролиза в кислой среде.

Критерии оценивания:

Составление общего уравнения омыления сложного эфира	2 балла
Расчет количества вещества сложного эфира	2 балла
Расчет молярной массы углеводородных радикалов	2 балла
Написание структурной формулы пропилпропионата	1 балл
Написание структурной формулы изопропилпропионата	1 балл
Написание реакции	1 балл

образования сложного эфира	
Написание 1й стадии механизма	1 балл
Написание 2й стадии механизма	1 балл
Написание 3й стадии механизма	1 балл
Написание реакции кислотного гидролиза пропилпропионата	1 балл
Написание реакции щелочного гидролиза пропилпропионата	1 балл
Объяснение негативного влияния воды на протекание реакции	1 балл
	Всего 15 баллов