

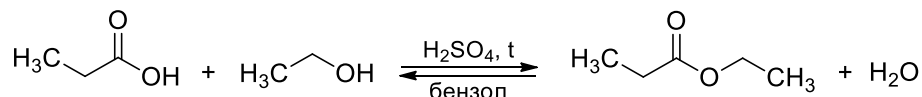
10 класс
Вариант №1

Задание 10-1

Смешали 37 г пропановой кислоты, 50 мл 96%-ного этилового спирта (плотность $0,800 \text{ г/см}^3$), 2 мл 80%-ного раствора серной кислоты (плотность $1,750 \text{ г/см}^3$), 200 мл бензола. Напишите уравнение реакции, протекающей при нагревании данной реакционной смеси, и назовите полученный продукт реакции. Вычислите его выход (в %), если из реакционной массы отогнали 10,5 мл воды (плотность $1,000 \text{ г/см}^3$). Какова роль серной кислоты в данном превращении?

Решение

Уравнение реакции этерификации:



Роль серной кислоты — катализатор (действует как водоотнимающее средство, дегидратирующий агент). Сдвигает равновесие обратимой реакции в сторону продуктов. Бензол — растворитель, в реакции не участвует.

Возможные названия сложного эфира: этилпропионат, этилпропаноат или этиловый эфир пропановой кислоты.

Общая масса воды складывается из массы воды, содержащейся в серной кислоте и спирте, а также массы воды, выделившейся в результате реакции.

$$m_1(\text{H}_2\text{O}) \text{ из серной кислоты: } (2 \cdot 1,75) \cdot 0,2 = 0,7 \text{ г.}$$

$$m_2(\text{H}_2\text{O}) \text{ из спирта: } (50 \cdot 0,8) \cdot 0,04 = 1,6 \text{ г, масса спирта } 38,4 \text{ г.}$$

$$m_3(\text{H}_2\text{O}) \text{ по реакции: } 10,5 - 0,7 - 1,6 = 8,2 \text{ г.}$$

$$n(\text{спирта}) = 38,4/46 = 0,835 \text{ моль; } n(\text{кислоты}) = 37/74 = 0,5 \text{ моль.}$$

Спирт в избытке, считаем по кислоте. Теоретически, по реакции должно получиться 0,500 моль воды и 0,500 моль эфира.

$$m_{\text{теор}}(\text{H}_2\text{O}) = 0,5 \cdot 18 = 9 \text{ г.}$$

$$\text{Выход воды по реакции} = \text{выход продукта} = (8,2/9) \cdot 100 \% = 91,1 \%.$$

Система оценивания:

1. За написание уравнения реакции – 2 балла;
2. За название продукта реакции – 2 балла;
3. За вычисления выхода реакции – максимально 14 баллов, из них:
 - Расчет $m_1(\text{H}_2\text{O})$ из серной кислоты – 2 балла;
 - Расчет $m_2(\text{H}_2\text{O})$ из спирта – 2 балла;
 - Расчет $m_3(\text{H}_2\text{O})$ по реакции – 2 балла;
 - Определение избытка-недостатка – 2 балла;
 - Расчет $m_{\text{теор}}(\text{H}_2\text{O})$ – 3 балла;
 - Расчет выхода – 3 балла;
4. За ответ о роли серной кислоты – 2 балла.

Задание 10-2

Соединение **A** — симметричный углеводород, способный присоединить две молекулы воды, образовав при этом соединение **B**, содержащее по данным элементного анализа 60,00 % углерода. Другое органическое соединение **C** является конечным продуктом метаболизма белков, а также многотоннажным продуктом промышленного производства, поскольку широко используется в качестве азотсодержащего удобрения. Реакция соединений **B** и **C** в условиях кислотного катализа H_2SO_4 приводит к гетероциклическому продукту **D**, являющемуся структурным аналогом некоторых азотистых оснований — цитозина, тимина и урацила. Определите соединения **A**, **B**, **C**, **D**. Изобразите их структурные формулы. Напишите уравнения описанных реакций и укажите условия их протекания.

Решение

Общая формула углеводорода **A** — C_xH_y . После присоединения двух молекул воды формула вещества **B** — $C_xH_{y+4}O_2$.

По условию соединение **B** содержит 60 % углерода, поэтому:

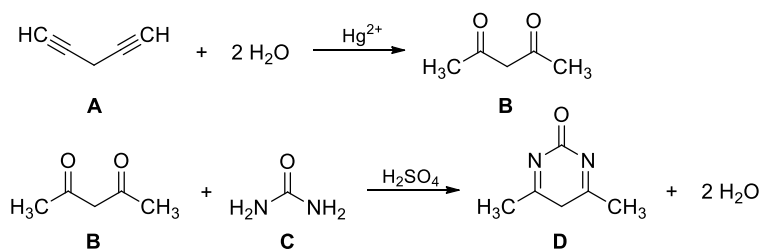
$$\omega(C) = \frac{12x}{12x + y + 4 + 32}; \quad \frac{12x}{12x + y + 36} = 0,6.$$

Выразив «y» через «x» получаем: $y = 8x - 36$. При $x = 5$, $y = 4$.

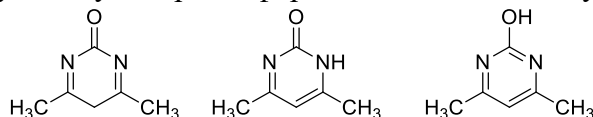
C_5H_4 — единственная возможная формула углеводорода, способного присоединить 2 молекулы воды.

Конечный продукт метаболизма белков и широко используемое удобрение — мочеви́на (карбамид, диамид угольной кислоты).

Структурные формулы соединений **A–D** и уравнения описанных реакций:



Изображения других таутомерных форм соединения **D** допускается.

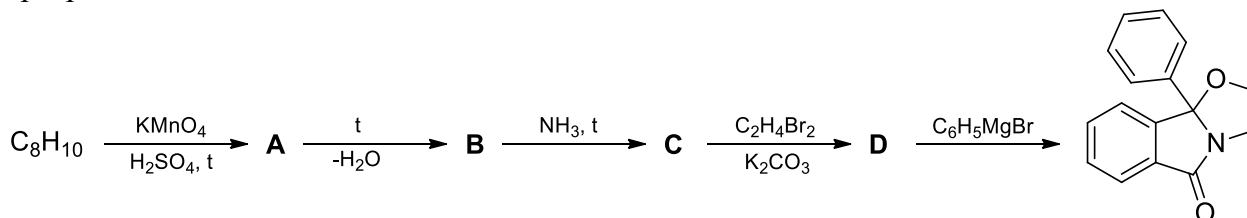


Система оценивания:

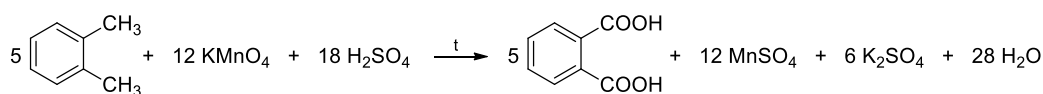
1. Определение брутто-формулы соединения **A** или(и) **B** — 4 балла;
Структурная формула вещества **A** — 3 балла.
Структурная формула вещества **B** — 3 балла. Всего за определение **A** и **B** — 10 баллов.
2. Структурная формула вещества **C** — 3 балла, название вещества **C** — 1 балл.
Всего за вещество **C** — 4 балла.
4. Структурная формула вещества **D** — 3 балла.
5. Написание уравнений реакции 1 и 2 — по 1 баллу. Указание условий гидратации **A** (в присутствии солей ртути) — 1 балл. Всего за написание уравнений — 3 балла.

Задание 10-3

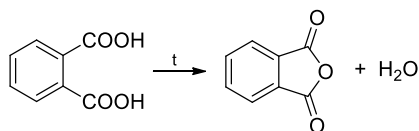
Установите вещества **A**, **B**, **C**, **D** и составьте их структурные формулы. Запишите уравнения химических реакций, с помощью которых можно осуществить указанные превращения.



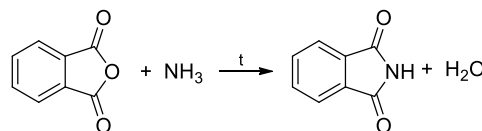
Решение



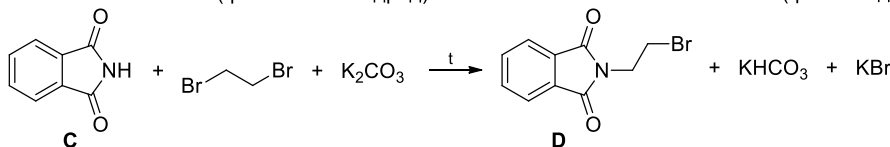
A (фталевая кислота)



B (фталевый ангидрид)

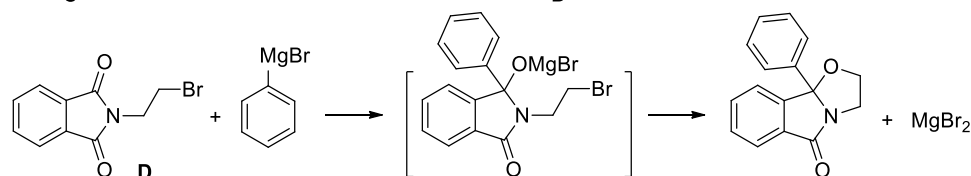


C (фталимид)



C

D



Система оценивания:

1. Структурная формула вещества **A** – 3 балла.
 2. Структурная формула вещества **B** – 3 балла.
 3. Структурная формула вещества **C** – 4 балла.
 4. Структурная формула вещества **D** – 3 балла.
- Всего за структурные формулы 13 баллов.
5. Правильно написанное уравнение первой реакции (получения **A**) – 2 балла (если не расставлены коэффициенты, но указаны все продукты, то 1 балл).
 6. Уравнение второй реакции (**A**→**B**) – 1 балл.
 7. Уравнение третьей реакции (**B**→**C**) – 1 балл.
 8. Уравнение четвертой реакции (**C**→**D**) – 2 балла. (За верно написанное уравнение реакции, в котором в качестве продуктов указаны **D**, CO_2 , H_2O и KBr – 2 балла. За уравнение реакции, не включающее K_2CO_3 — продукты **D** и HBr – 1 балл).
 9. Уравнение пятой реакции (из **D**) – 1 балл (промежуточное соединение указывать не требуется).
- Всего за уравнения реакций 7 баллов.

Задание 10-4

Смесь порошков двух металлов имеет массу 265,2 г. На хлорирование этой смеси затрачен хлор, объем которого при н.у. составил 134,4 л. Полученную смесь солей растворили в воде и добавили избыток раствора аммиака. Образовавшийся осадок, содержащий только один из двух металлов, отделили, и прокалили при 600 °С. Масса осадка после прокаливания составила 205,2 г, массовая доля металла в нем составила 68,42 %. Определите металлы, удовлетворяющие условию задачи, и напишите уравнения всех проведенных реакций.

Решение

1) Масса одного из металлов, который вошел в состав осадка:

$$m_{\text{мет1}} = 205,2 \cdot 0,6842 = 140,4 \text{ г.}$$

Масса второго металла:

$$m_{\text{мет2}} = 265,2 - 140,4 = 124,8 \text{ г.}$$

2) Число молей хлора:

$$n(\text{Cl}_2) = 134,4 / 22,4 = 6 \text{ моль.}$$

3) Осадок после прокаливания – оксид.

Найдем молярную массу металла (вариант решения):

В 100 г оксида 68,42 г металла и 31,58 г кислорода.

Число молей атомов кислорода в 100 г оксида:

$$n(\text{O}) = 31,58 / 16 = 1,973 \text{ моль}$$

Вычислим массу металла, приходящуюся на 1 моль кислорода:

$$1,973 \text{ моль}(\text{O}) - 68,42 \text{ г}$$

$$\underline{1 \text{ моль}(\text{O}) - x}$$

$$x = 34,678 \text{ г.}$$

Перебираем варианты формул оксидов M_2O ; MO ; M_2O_3 ; MO_2 и находим молярные массы металлов, соответственно 17,3; 34,7; 52,0; 69,4 г/моль.

Подходит только 52: Cr. (69,4 близко к молярной массе галлия, но галлий не может быть четырехвалентным).

4) Считаем число молей хрома:

$$n(\text{Cr}) = 140,4 / 52 = 2,7 \text{ моль.}$$

Число молей хлора, прореагировавшего с хромом:

$$\{n(\text{Cl}_2)\}_{\text{прорег. с Cr}} = 2,7 \cdot 3/2 = 4,05 \text{ моль.}$$

Число молей хлора, прореагировавшего со вторым металлом:

$$\{n(\text{Cl}_2)\}_{\text{прорег. с мет 2}} = 6 - 4,05 = 1,95 \text{ моль.}$$

Определяем второй металл:

Если 1 моль металла реагирует с 1 моль хлора (двухвалентный металл), то

1,95 моль металла имеет массу 124,8 г

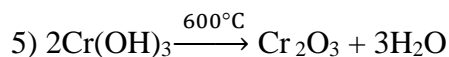
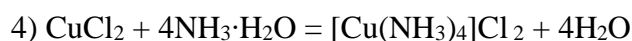
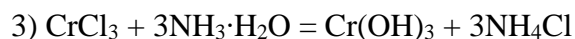
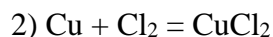
$$\frac{1 \text{ моль металла}}{x} = \frac{124,8 \text{ г}}{x}$$

$$x = 64, \text{ металл: Cu.}$$

Хлорид меди реагирует с аммиаком с образованием растворимого комплексного соединения.

Если степень окисления металла +3, то можно получить молярную массу 96, которая соответствует молибдену. Хлорид молибдена(III) малорастворим в воде, и при реакции молибдена с хлором преимущественно образуется хлорид молибдена(V).

Уравнения реакций:



Система оценивания:

1. Определение массы металла 1 и металла 2 – по 1 баллу
 2. Определение металла 1 по массовой доле – 6 баллов
 3. Определение металла 2 – 6 баллов
 4. Написание уравнение реакции 1 – 1 балл
Написание уравнение реакции 2 – 1 балл
Написание уравнение реакции 3 – 1 балл
Написание уравнение реакции 4 – 2 балла
Написание уравнение реакции 5 – 1 балл
-

Задание 10-5

Смесевое твердое топливо состоит из двух компонентов – перхлората аммония и мелкодисперсного порошка алюминия. В результате их взаимодействия образуются вещества **А, Б, В, Г**. Известно, что **Б** – газообразное вещество, имеющее плотность по воздуху 1,034; **В** – твердое нерастворимое в воде вещество; **Г** – растворимая в воде соль. Значения стандартной энтальпии образования веществ приведены в таблице:

Вещество	Перхлорат аммония (тв)	Алюминий (тв)	А (ж)	Б (г)	В (тв)	Г (тв)
$\Delta_f H^\circ$, кДж/моль	-295,3	0	-285,8	90,2	-1675,7	-1035,4

1. Определите вещества **А, Б, В** и **Г**.
2. Составьте уравнение химической реакции, описывающее взаимодействие компонентов смеси.
3. Рассчитайте стандартную энтальпию химической реакции и запишите термохимическое уравнение.
4. Вычислите, какое количество теплоты выделится, если прореагирует 329 г перхлората аммония

Решение

1. **А:** H_2O
Б: NO
В: Al_2O_3
Г: AlCl_3

2. Уравнение реакции: $3\text{Al} + 3\text{NH}_4\text{ClO}_4 = 6\text{H}_2\text{O} + \text{AlCl}_3 + 3\text{NO} + \text{Al}_2\text{O}_3$.

3. Энтальпия реакции:

$$\Delta_f H^\circ = 6(-285,8) + (-1035,4) + 3(90,2) + (-1675,7) - 3(0) - 3(-295,3) = -3269,4 \text{ кДж}$$

Термохимическое уравнение:



4. $n(\text{NH}_4\text{ClO}_4) = 329/117,5 = 2,8$ моль.

Если 3 моль NH_4ClO_4 вступает в реакцию, то выделяется 3269,4 кДж теплоты.

$$\frac{2,8 \text{ моль } \text{NH}_4\text{ClO}_4}{3} = \frac{x}{3}$$

$$Q = x = 3051,4 \text{ кДж.}$$

Система оценивания:

1. Определение вещества **А** – 1 балл
Определение вещества **Б** – 1 балл
Определение вещества **В** – 2 балла
Определение вещества **Г** – 2 балла
2. Написание уравнения реакции – 4 балла
3. Расчет стандартной энтальпии реакции – 6 баллов
Запись термохимического уравнения – 2 балла
4. Расчет количества теплоты – 2 балла