

Вариант 1 - 10 класс

Задача 1.

Согласно результатам элементного анализа, содержание углерода в исследуемом углеводороде **А** составляет 93,75%. Данный углеводород проявляет слабые кислотные свойства и может формировать соль **В**, где массовая доля металла достигает 55,3%. Необходимо установить структурные формулы соединений **А** и **В**

Решение:

Пусть формула углеводорода **А** – C_xH_y . Установим его простейшую формулу: $x:y = 93.75/12 : (100-93.75)/1 = 7.813 : 6.25 = 5 : 4$

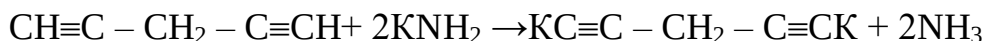
Простейшая формула – C_5H_4 . Предположим, что простейшая формула соответствует истинной. По условию, этот углеводород содержит, по крайней мере, одну тройную связь на конце цепи, а всего тройных связей, в соответствии с формулой, должно быть две. При этом концевыми могут оказаться от одной до двух тройных связей. Возможные два варианта строения **А**, соответствующие разному числу концевых тройных связей:



В зависимости от числа этинильных групп $-C \equiv CH$ в молекуле, на металл может заместиться от одного до двух атомов водорода, и общую формулу соли **В** можно записать как $C_5H_{4-n}Men$, где n – число замещённых атомов водорода. Согласно этой формуле, массовую долю металла (атомную массу которого обозначим через M) можно выразить следующим образом:

$$n \cdot M / (5 \cdot 12 + (4 - n) + n \cdot M) = 0.553$$

Последовательным перебором получаем при $n = 2$ значение $M = 78$ г/моль, это калий. Итак, искомым углеводород включает две этинильные группы и имеет структуру $CH \equiv C - CH_2 - C \equiv CH$. При действии амида натрия образуется соль:



Распределение баллов:

1) Установлены структурные формулы соединений **А** и **В** (2 балла за соединение) – 4 балла

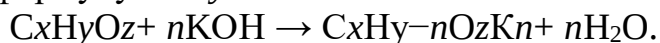
Итого: 4 балла

Задача 2.

После полной нейтрализации 20,8 грамм органической кислоты, содержащего три элемента, при этом массовая доля кислорода равна 46,15 %, было получено 36 грамм соли калия. Необходимо установить формулу исходной кислоты.

Решение:

Запишем реакцию нейтрализации неизвестной органической кислоты, имеющей брутто-формулу $C_xH_yO_z$ и основность n :



Выразим молярные массы кислоты и образовавшейся соли:

$$M(\text{кислоты}) = 12x + y + 16z = M;$$

$$M(\text{соли}) = 12x + y - n + 16z + 39n = M + 38n.$$

Из условия задачи количества кислоты и соли составляют:

$$n(\text{кислоты}) = 20,8/M, \quad n(\text{соли}) = 36/(M+38) \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции они равны, т. е.

$$20,8/M = 36/(M+38)$$

Массовая доля кислорода в кислоте по условию:

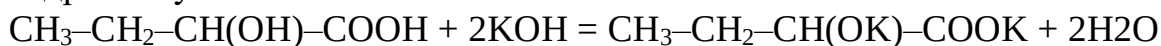
$$\omega(\text{O}) = \frac{16z}{M} = \frac{16z}{69n} = 0,4615$$

В этой задаче натуральными числами являются и n , и z . Значит, n может принимать только чётные значения. При $n = 2$ получаем

$$M = 104 \text{ и } z = 3. \text{ Тогда } M = 12x + y + 48 = 104,$$

откуда подбором находим значения $x = 4, y = 8$. Таким образом,

формула кислоты – $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$, ей соответствуют гидроксикислоты, например, 2-гидроксипропановая кислота:



Ответ: гидроксикислота $\text{C}_4\text{H}_8\text{O}_3$.

Распределение баллов:

- 1) Установлена формула исходной кислоты - 4 балла

Итого: 4 балла

Задача 3.

Смесь двух газов N_2 и H_2 имела относительную плотность по водороду менее 4. После того как смесь пропустили через нагретый катализатор и охладили, образовалось 40% аммиака от теоретически возможного выхода. В итоге плотность смеси по водороду увеличилась до значения выше 4. Необходимо определить возможные диапазоны объемных долей азота в исходной и конечной смесях.

Решение

Плотность по водороду исходной смеси < 4 . Пусть V исходной смеси $v(\text{N}_2) = x$ моль, $v(\text{H}_2) = (1 - x)$ моль, тогда средняя молярная масса газовой смеси $M(\text{смеси}) = 28x + 2 \cdot (1 - x)$ г/моль.

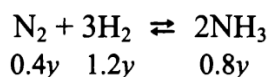
По условию задачи плотность газовой смеси по водороду:

$$\frac{28x + 2 \cdot (1 - x)}{2} < 4, \quad \text{откуда } x < 0,231 \text{ моль.}$$

Объёмная доля азота в исходной смеси:

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{x}{v(\text{исх. смеси})} < \frac{0,231}{1} = 0,231.$$

Плотность по водороду конечной смеси > 4 . Пусть исходной смеси $v(\text{N}_2) = y$ моль, $v(\text{H}_2) = (1 - y)$ моль. По условию задачи выход реакции равен 40%, т. е. прореагировало $0,4y$ моль N_2 :



В реакционной смеси осталось $y - 0.4y = 0.6y$ моль N_2 , $1 - y - 1.2y = (1 - 2.2y)$ моль H_2 и образовалось $0.8y$ моль NH_3 .

Общее количество газов в смеси

$$v_0 = 0.6y + 1 - 2.2y + 0.8y = 1 - 0.8y.$$

Тогда средняя молярная масса газовой смеси

$$M(\text{смеси}) = \frac{28 \cdot 0.6y + 2 \cdot (1 - 2.2y) + 17 \cdot 0.8y}{(1 - 0.8y)} \text{ г/моль}.$$

По второму условию задачи плотность газовой смеси по водороду:

$$\frac{28 \cdot 0.6y + 2 \cdot (1 - 2.2y) + 17 \cdot 0.8y}{(1 - 0.8y) \cdot 2} > 4,$$

откуда $y > 0.185$ моль

Объёмная доля азота в исходной смеси:

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{y}{v(\text{исх.смеси})} > \frac{0.185}{1} = 0.185.$$

Объёмные доли азота в конечной смеси:

минимальная

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{0.6y}{v(\text{кон.смеси})} = \frac{0.6y}{1 - 0.8y} > \frac{0.6 \cdot 0.185}{1 - 0.8 \cdot 0.185} = 0.130;$$

максимальная

$$\varphi(\text{N}_2) = \frac{0.6x}{v(\text{кон.смеси})} = \frac{0.6x}{1 - 0.8x} < \frac{0.6 \cdot 0.231}{1 - 0.8 \cdot 0.231} = 0.170.$$

Ответ: исходная смесь $0.185 < \varphi(\text{N}_2) < 0.231$,

конечная смесь $0.130 < \varphi(\text{N}_2) < 0.170$.

Распределение баллов:

- 1) Вычислены возможные диапазоны объемных долей азота в исходной и конечной смесях (по 4 балла за 1 значение) = 16 баллов

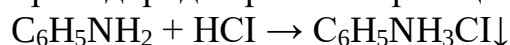
Итого: 16 баллов

Задача 4.

Пропуская сухой хлороводород через смесь анилина, бензола и фенола, получают осадок массой 5.18 г. После удаления осадка на нейтрализацию фильтрата расходуется 8.00 г 10%-го раствора гидроксида натрия. Газ, который выделяется при сгорании той же самой смеси, после прохождения через известковую воду дает осадок массой 90 г. Нужно рассчитать массовые доли компонентов в исходной смеси.

Решение:

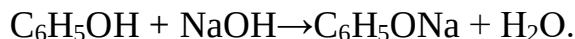
При пропускании хлороводорода протекает реакция с анилином:



Количество выделившегося осадка:

$$v(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_3\text{Cl}) = 5.18 / 129.5 = 0.04 \text{ моль},$$

отсюда количество анилина $v(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2)$ также равно 0.04 моль. Со щелочью реагирует фенол:



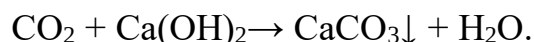
По условию задачи количество израсходованной щелочи:

$$v(\text{NaOH}) = 8.00 \cdot 0.1 / 40 = 0.02 \text{ моль},$$

отсюда количество фенола $v(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})$ также равно 0.02 моль.

Количество диоксида углерода после сгорания всегда будет в шесть раз больше количества смеси ($\text{C}_6\text{H}_5\text{R} + [\text{O}] \rightarrow 6\text{CO}_2$).

Реакция между диоксидом углерода и известковой водой выражается уравнением:



По условию задачи количество выпавшего осадка равно

$$v(\text{CaCO}_3) = 90 / 100 = 0.9 \text{ моль},$$

отсюда $v(\text{CO}_2)$ также равно 0.9 моль, значит

$$v(\text{смеси}) = 0.9 / 6 = 0.15 \text{ моль}.$$

Количество бензола в смеси:

$$v(\text{C}_6\text{H}_6) = 0.15 - 0.04 - 0.02 = 0.09 \text{ моль}.$$

Рассчитаем массу исходной смеси:

$$m = m(\text{анилина}) + m(\text{фенола}) + m(\text{бензола}) = 0.04 \cdot 93 + 0.02 \cdot 94 + 0.09 \cdot 78 = 12.62 \text{ г}.$$

Массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0.02 \cdot 94 / 12.62 = 0.149 \text{ (или 14.9\%)}$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_6) = 1 - 0.295 - 0.149 = 0.556 \text{ (или 55.6\%)}. \quad \omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0.04 \cdot 93 / 12.62 = 0.295$$

Ответ: 29.5% $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, 14.9% $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, 55.6% C_6H_6 .

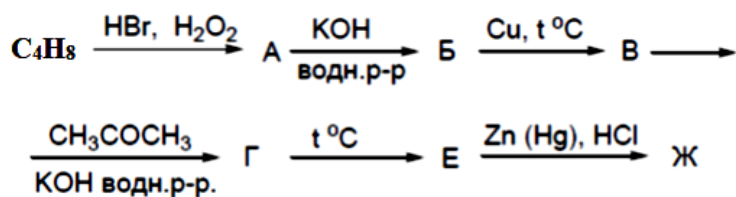
Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнения реакции, правильно расставлены коэффициенты – 2 балла за реакцию (3 реакции) = 6 баллов
- 2) Рассчитаны массовые доли компонентов в исходной смеси – 4 балла за 1 компонент (3 компонента) = 12 баллов.

Итого 18 баллов

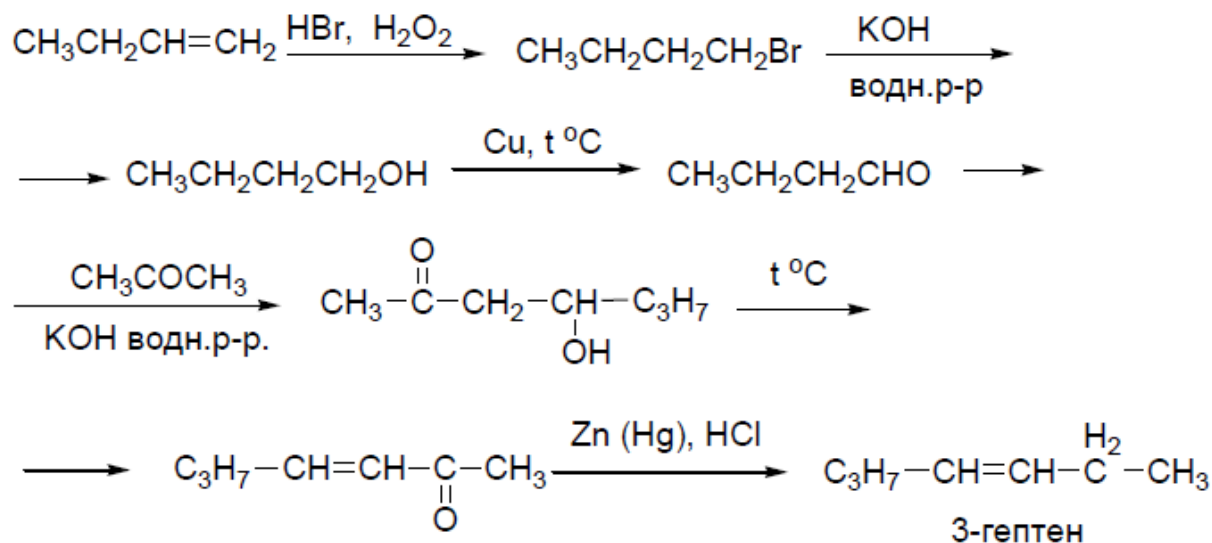
Задача 5.

Решите цепочку превращений, называя все полученные продукты. Исходное вещество в промышленности выделяли из бутановой фракции различных нефтехимических процессов, содержание в ней составляет от 15 до 25 %.



Решение:

Исходным веществом является бутилен (бутен-1)



А – 1-бромбутан

Б – 1-бутанол

В – бутаналь

Г-4-гидроксиоктан-2-он

Е – 3-октен-2-он

Д – 3-гептен

Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнения реакции – 2 балла за реакцию (6 реакций) = 12 баллов
- 2) Названы исходное соединение и продукты реакций – 2 балла за название (7 названий) = 14 баллов.

Итого 26 баллов

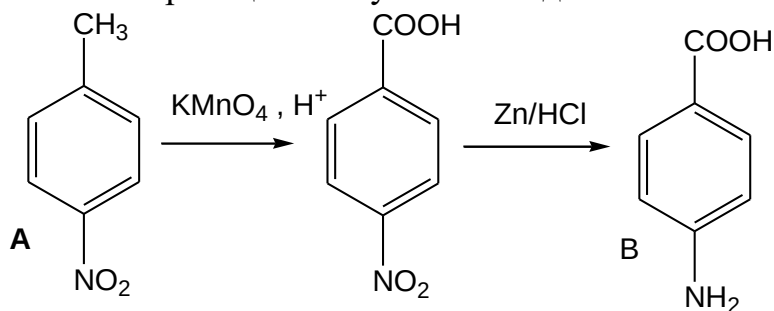
Задача 6.

Александр Михайлович Бутлеров (1828–1886) — выдающийся русский химик, профессор Санкт-Петербургского университета и основоположник теории химического строения органических соединений (1861 год). Одно из ключевых положений этой теории заключается в том, что состав и структура химического элемента могут быть определены по продуктам его химических превращений. Изомеры А, В, С и D обладают общей формулой $\text{C}_7\text{H}_7\text{NO}_2$. Если изомер А окислить с помощью кислого раствора перманганата калия, а затем восстановить цинком в соляной кислоте, получится изомер В. При обработке В смесью нитрита натрия и серной кислоты образуется тот же продукт, что и при кислотном гидролизе изомера С. Изомер D способен реагировать с аммиачным раствором оксида серебра. Учитывая, что во всех изомерах присутствует бензольное кольцо с двумя заместителями в пара-положении, предложите структурные формулы этих изомеров и напишите уравнения указанных реакций.

Решение:

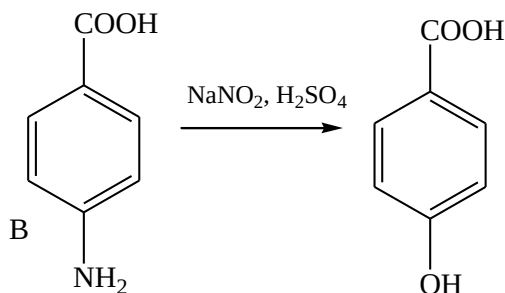
Исходя задания и из формулы, можно предположить, что это ароматическое соединение. Восстановление цинком в соляной кислоте – характерно для получения анилина из нитробензола, значит **A** - это арен, у которого 1 заместитель с 1 атомом углерода, т.е. метильный радикал, и есть группа NO_2 .

Напишем реакцию получения соединения **B**.



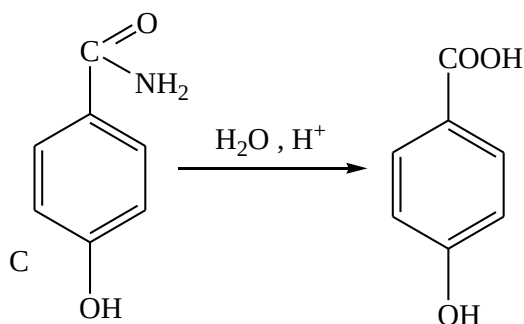
пара-нитротолуол пара-аминобензойная кислота

Обработаем **B** смесью нитрита натрия и серной кислоты и получим 4-толуиловую кислоту

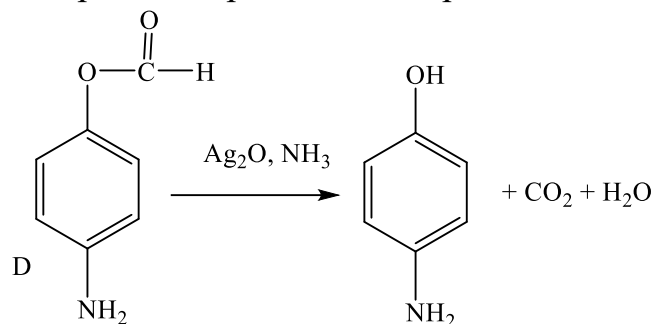


4-толуиловая кислота

Гидролизом **C**, нужно получить снова 4-толуиловую кислоту, значит **C** – это функциональное производное, по условию задачи – это изомер соединений **A** и **B**, значит **C** - это амид 4-толуиловой кислоты. Реакция гидролиза:



Из условия задачи, что **D** способен прореагировать с аммиачным раствором оксида серебра, и **D** – изомер соединений А, В, С – Можно сделать вывод, что это соединение должно содержать альдегидную группу ($-\text{C}(\text{O})\text{H}$), которая будет окисляться, то соединение **D** – это 4-аминофенил формиат. Реакция с аммиачным раствором оксида серебра приводит к декарбосилированию и образованию 4-аминофенола.



4-аминофенол

Распределение баллов:

1. Приведены структурные формулы А, В, С, Д – по 2 балла за каждую = 8 баллов
2. Написаны уравнения реакций = 8 баллов
3. Написаны названия всех продуктов – 4 балла

Итого 20 баллов

Задача 7.

Изомер углеводорода, массовые доли элементов которого составляют С 84,21% и Н 15,79 %, а плотность паров вещества по воздуху составляет 3,93 является эталоном детонационной стойкости бензинов (октановое число 100). Его можно получить реакцией присоединения алкана (А) к алкену (Б) с равным числом атомов углерода, если проводить реакцию в кислой среде. Известно, что: 1) алкан (А) вступает в реакцию сульфохлорирования, с последующим гидролизом с получением соответствующей сульфокислоты; 2) один из изомеров алкена (Б) вступает в реакцию хлором, с получением 1,3-дихлорбутана. Напишите формулу углеводорода и все описанные реакции

Решение

- 1) Определение формулы углеводорода

1) Представим вещество в виде C_xH_y и выберем для расчетов образец массой 100г.

2) Определим массу и количество вещества углерода и водорода в этом образце:

$$m(\text{C}) = 100 \cdot 0,8421 = 84,21 \text{ г} \quad n(\text{C}) = 84,21 / 12 = 7,02 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}) = 100 \cdot 0,1579 = 15,79 \text{ г} \quad n(\text{H}) = 15,79 / 1 = 15,79 \text{ моль}$$

3) Найдем отношения количеств веществ

$$n(\text{H}) / n(\text{C}) = 15,79 / 7,02 = 2,25$$

4) Это отношение равно отношению: $n(\text{H}) / n(\text{C}) = y/x$ то есть $y/x = 2,5$ (а)

5) Рассчитаем молярную массу вещества: $M(\text{C}_x\text{H}_y) = 29 \cdot D_{\text{возд}}$

$$M(\text{C}_x\text{H}_y) = 29 \cdot 3,39 = 114 \text{ г/моль}$$

6) Молярная масса может быть представлена в виде:
 $M(C_xH_y) = M(C) \cdot x + M(H) \cdot y$, $M(C_xH_y) = 12x + y$ (б)

7) Составим систему уравнений (а) и (б)

$$y/x = 2,5$$

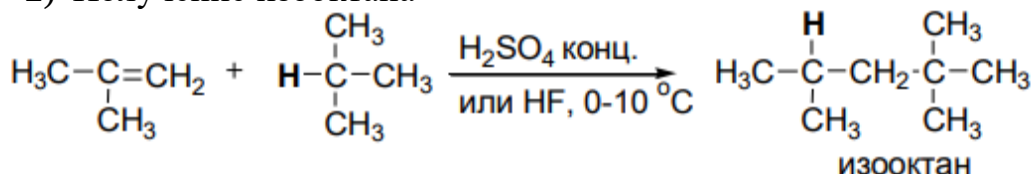
$$12x + y = 114$$

Решая получаем $x=8$ $y=18$

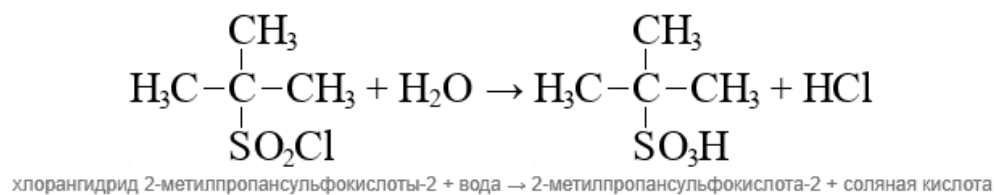
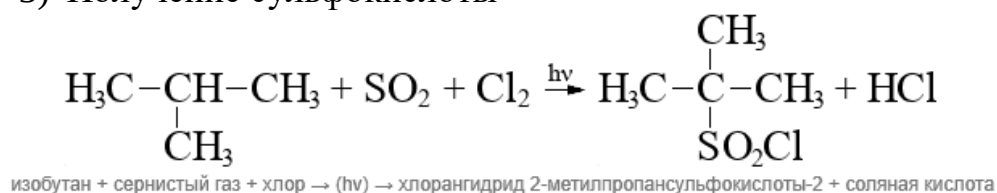
8) таким образом, молекулярная формула алкана C_8H_{18}

Так как октановое число равно 100 – этот изомер - изооктан

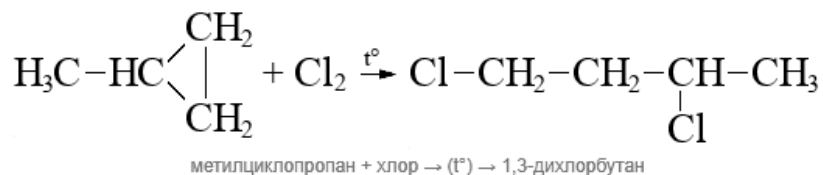
2) Получение изооктана



3) Получение сульфокислоты



4) Галогенирование изомера алкена



Распределение баллов:

1. Найдена формула углеводорода – 2 балла
2. Написаны уравнения реакций - 2 балла за реакцию (4 реакции)= 8 баллов
3. Написаны названия всех продуктов – 2 балла

Итого 12 баллов

Вариант 2 - 10 класс

Задача 1.

Согласно результатам элементного анализа, содержание углерода в исследуемом углеводороде А составляет 95,45%. Данный углеводород проявляет слабые кислотные свойства и может формировать соль В, где массовая доля металла достигает 57,92%. Необходимо установить структурные формулы соединений А и В.

Решение:

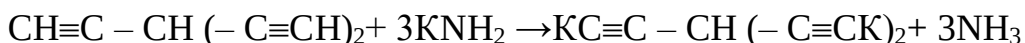
Пусть формула углеводорода А – C_xH_y . Установим его простейшую формулу: $x : y = 95,45/12 : (100-95,45)/1 = 7,95 : 4,55 = 7 : 4$

Простейшая формула – C_7H_4 . Предположим, что простейшая формула соответствует истинной. По условию, этот углеводород содержит, по крайней мере, одну тройную связь на конце цепи, а всего тройных связей, в соответствии с формулой, должно быть три. При этом концевыми могут оказаться от одной до трёх тройных связей. Возможен один вариант строения А: $C\equiv C - CH(-C\equiv CH)_2$

В зависимости от числа этинильных групп $-C\equiv CH$ в молекуле, на металл может заместиться от одного до трёх атомов водорода, и общую формулу соли В можно записать как $C_7H_{4-n}Men$, где n – число замещённых атомов водорода. Согласно этой формуле, массовую долю металла (атомную массу которого обозначим через M) можно выразить следующим образом:

$$n \cdot M / (7 \cdot 12 + (4-n) + n \cdot M) = 0,5792$$

Последовательным перебором получаем при $n = 3$ значение $M = 78$ г/моль, это калий. Итак, искомым углеводород включает две этинильные группы и имеет структуру $C\equiv C - CH(-C\equiv CH)_2$. При действии амида натрия образуется соль:



Распределение баллов:

1) Установлены структурные формулы соединений А и В (2 балла за соединение) – 4 баллов

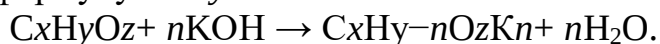
Итого: 4 баллов

Задача 2.

После полной нейтрализации 34,8 грамм органического соединения, содержащего три элемента, при этом массовая доля кислорода равна 41,4 %, было получено 57,6 грамм соли калия. Необходимо установить формулу исходной кислоты.

Решение

Запишем реакцию нейтрализации неизвестной органической кислоты, имеющей брутто-формулу $C_xH_yO_z$ и основность n :



Выразим молярные массы кислоты и образовавшейся соли:

$$M(\text{кислоты}) = 12x + y + 16z = M;$$

$$M(\text{соли}) = 12x + y - n + 16z + 39n = M + 38n.$$

Из условия задачи количества кислоты и соли составляют:

$$n(\text{кислоты}) = 34,8/M, \quad n(\text{соли}) = 57,6/(M+38) \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции они равны, т. е.

$$34,8/M = 57,6/(M+38)$$

Массовая доля кислорода в кислоте по условию:

$$\omega(\text{O}) = \frac{16z}{M} = \frac{16z}{69n} = 0,44$$

В этой задаче натуральными числами являются и n , и z . Значит, n может принимать только чётные значения. При $n = 2$ получаем

$$M = 116 \text{ и } z = 3. \text{ Тогда } M = 12x + y + 48 = 116,$$

откуда подбором находим значения $x = 5, y = 8$. Таким образом,

формула кислоты – $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_3$, ей соответствуют непереломные

гидроксикислоты, например, 2-гидроксипентен-3-овая кислота:



Ответ: непереломная гидроксикислота $\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_3$.

Распределение баллов:

1) Установлена формула исходной кислоты - 4 балла

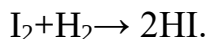
Итого: 4 балла

Задача 3.

При повышении температуры до 721°K 2.94 моль I_2 и 8.1 моль H_2 в закрытом контейнере образовалась равновесная газовая смесь, содержащая 5.64 моль йодида водорода. Определите состав данной равновесной газовой смеси, получающейся при нагревании 64 г йодида водорода в том же сосуде при аналогичной температуре.

Решение:

Реакция протекает уравнению:



Пусть в реакцию вступило x моль I_2 и x моль H_2 , тогда образовалось $2x$ моль HI . По условию, в первом случае $2x = 5.64$ моль.

Константа равновесия

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]} = \frac{(2x)^2}{(2.94-x)(8.1-x)} = 50.2.$$

Во втором случае исходное количество HI равно $64/128 = 0.5$ моль. Пусть в реакцию вступило $2y$ моль HI , тогда образовалось y моль I_2 и y моль H_2 .

Константа равновесия

$$K = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{I}_2][\text{H}_2]} = \frac{(0.5-2y)^2}{y \cdot y} = 50.2,$$

откуда $y = 0.082$: Следовательно, в равновесной смеси содержится: $n(\text{H}_2) = n(\text{I}_2) = y = 0.082$ моли и $n(\text{HI}) = 0.5 - 2y = 0.336$ моль.

Ответ: состав равновесной смеси: $n(\text{H}_2) = n(\text{I}_2) = 0.082$ моль (16.4%),
 $n(\text{HI}) = 0.336$ моль (67.2%).

Распределение баллов:

- 1) Определен состав равновесной газовой смеси (за каждый компонент 4 балла) -12 баллов
- 2) Проведены все необходимые расчёты – 4 балла

Итого 16 баллов

Задача 4.

Для нейтрализации смеси массой 50 г, содержащей бензол, фенол и анилин, понадобилось 49.7 мл 17%-ной соляной кислоты (плотностью 1.08 г/мл). Когда такое же количество смеси взаимодействовало с избытком бромной воды, образовался осадок массой 99.1 г. Требуется найти массовые доли каждого компонента в исходной смеси.

Решение:

При действии на смесь соляной кислоты протекает реакция с анилином:

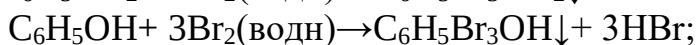
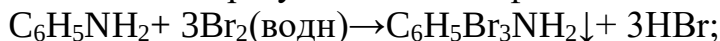


При этом соляной кислоты было израсходовано

$$\nu(\text{HCl}) = 49.7 \cdot 1.08 \cdot 0.17 / 36.5 = 0.25 \text{ моль},$$

отсюда количество анилина $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2)$ также равно 0.25 моль.

С бромной водой осадок образуют анилин и фенол:



Массы образовавшихся осадков составляют:

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}_3\text{NH}_2) = 0.25 \cdot 330 = 82.5 \text{ г};$$

$$m(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}_3\text{OH}) = 99.1 - 82.5 = 16.6 \text{ г}$$

Количество $\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}_3\text{OH}$:

$$\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{Br}_3\text{OH}) = 16.6 / 331 = 0.05 \text{ моль},$$

следовательно, количество фенола в смеси $\nu(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH})$ равно 0.05 моль.

Рассчитаем массовые доли веществ в исходной смеси:

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2) = 0.25 \cdot 93 / 50 = 0.465 \text{ (или 46.5\%)};$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}) = 0.05 \cdot 94 / 50 = 0.094 \text{ (или 9.4\%)};$$

$$\omega(\text{C}_6\text{H}_6) = 1 - 0.465 - 0.094 = 0.441 \text{ (или 44.1\%)}.$$

Ответ: 46.5% $\text{C}_6\text{H}_5\text{NH}_2$, 9.4% $\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$, 44.1% C_6H_6 .

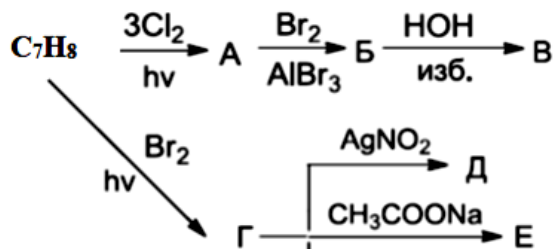
Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнения реакции, правильно расставлены коэффициенты – 2 балла за реакцию (3 реакции) = 6 баллов
- 2) Рассчитаны массовые доли компонентов в исходной смеси – 2 балла за 1 компонент (3 компонента) = 6 баллов.

Итого 12 баллов

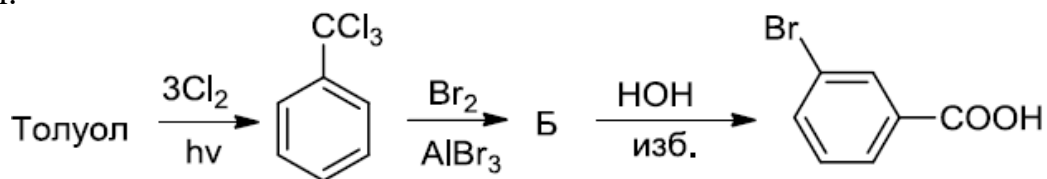
Задача 5.

Решите цепочку превращений, называя все полученные продукты. Исходное соединение впервые получено П. Пеллетье в 1835 при перегонке сосновой смолы



Решение:

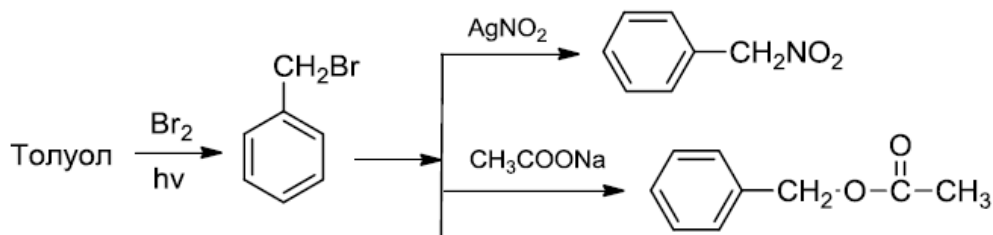
Толуол получен впервые П. Пеллетье в 1835 при перегонке сосновой смолы.



А-трихлорфенилметан

Б - 1-бром-3-(трихлорметил)бензол

В - 3-бромбензойная кислота



Г-бромфенилметан

Д-(нитрометил)бензол

Е-бензилацетат

Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнения реакции – 2 балла за реакцию (6 реакций) = 12 баллов
2) Названы исходное соединение и продукты реакций – 2 балла за название (7 названий) = 14 баллов.

Итого: 26 баллов

Задача 6

Определите кислоту Г, которая получается из вещества В, который является продуктом присоединения синильной кислоты к некоторому кислородсодержащему соединению Б. Известно, что соединение Б было получено щелочным гидролизом из некоторого дихлорпроизводного алкана А, содержащего 5,31% водорода по массе. Также известно, что соединение Б не дает желтовато-белый осадок в йодоформной пробе и не относится к гликолям.

Решение:

1) Нахождение формулы дихлоралкана - вещество А.

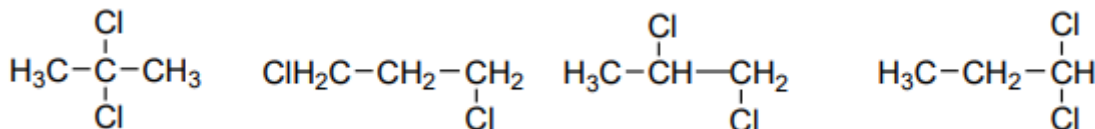
Общая формула дихлоралкана – $C_xH_{2x}Cl_2$ Число атомов углерода в формуле (х)

$$5.31 = 2x \cdot 100 / (12x + 2x + 71)$$

$$x = 3$$

Молекулярная формула соединения $C_3H_6Cl_2$

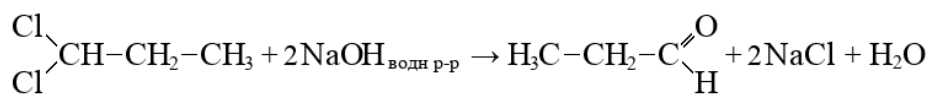
Структурные формулы возможных изомеров:



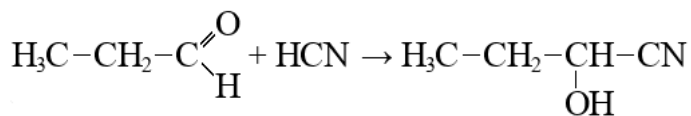
2) Обоснование выбора 1,1-дихлоралкана, а затем получения пропаналя – вещество Б

Может получиться двухатомный спирт, или ацетон, или пропаналь. По условию – это не гликоль (двухатомный спирт), не ацетон (т.к. не дает йодоформную пробу).

Получение пропаналя

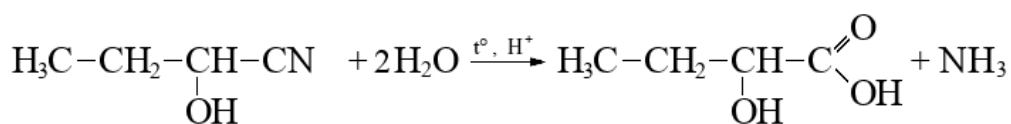


3) Получение гидросинитрила – вещество В



пропиональдегид + синильная кислота → 2-гидроксипропанонитрил

4) Получение гидроксикислоты – вещество Г



2-гидроксипропанонитрил + 2-вода → (t°, H⁺) → α-гидроксимасляная кислота + аммиак

Распределение баллов:

1. Проведены необходимые расчёты – 6 баллов
2. Написаны уравнения реакций - 2 балла за реакцию (3 реакции) = 6 баллов
3. Найдены все неизвестные веществ и названы – 2 балла за вещество (4 вещества) = 8 баллов

Итого 20 баллов

Задача 7

Органическое вещество, массовые доли элементов которого составляют C 77,78%; H 7,41 %, O 14,81 %, а молярная масса 108 г/моль, может быть получено в реакции щелочного гидролиза соответствующего галогенопроизводного, является бесцветной жидкостью со слабым приятным запахом.

Известно, что оно не дает цветной реакции с хлоридом железа (III), но реагирует с металлическим натрием (продукт А). Если продукт (А) ввести во взаимодействие с хлорэтаном, то получится вещество состава $C_9H_{12}O$, а какой продукт получится при взаимодействии с бензилхлоридом? Назовите исходное соединение, напишите реакцию получения и все последующие реакции.

Решение:

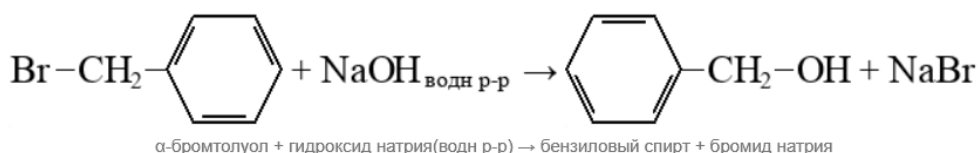
1) Пусть масса вещества составит 100 г, тогда учитывая массовые доли элементов получим $m(C) = 77,78$ г, $m(H) = 7,41$ г, $m(O) = 14,81$ г. Найдем количество молей: $n(C) = 77,78$ г / 12 (г/моль) = 6,482; $n(H) = 7,41$ г / 1 (г/моль) = 7,41, $n(O) = 14,81$ г / 16 (г/моль) = 0,926

Находим соотношение элементов, разделив на наименьшее значение: C:H:O = 7:8:1.

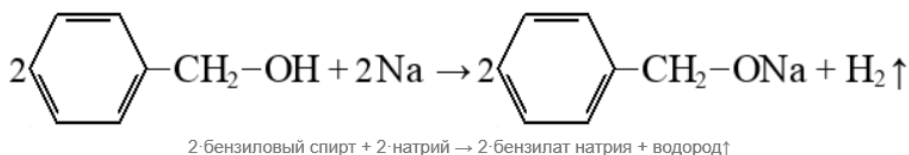
Проверим молярную массу: $M(C_7H_8O) = 7 \cdot 12 + 8 \cdot 1 + 16 = 108$ г/моль

Судя по формуле, вещество содержит бензольное кольцо, но не является фенолом или его гомологами (нет окрашивания в реакции с хлоридом железа (III)). Значит это бензиловый спирт.

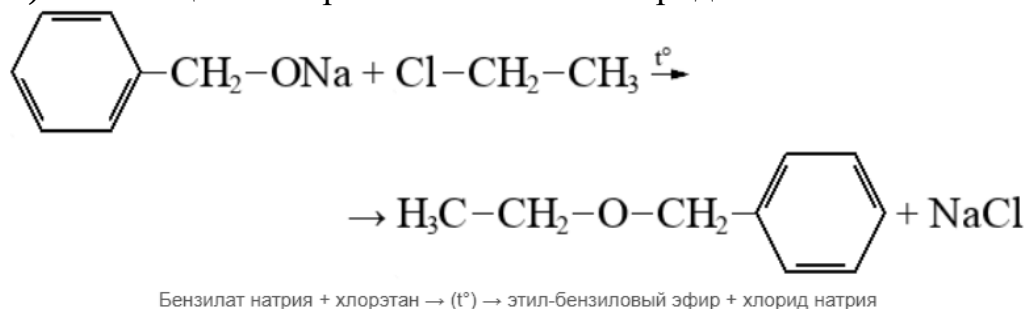
2) Получение бензинового спирта



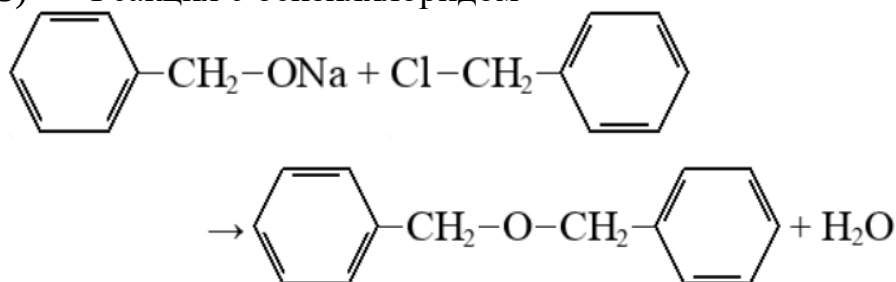
3) Реакция с металлическим натрием (продукт А)



4) Реакция с хлорэтаном и бензилхлоридом



5) Реакция с бензилхлоридом



Распределение баллов:

1. Найдена формула углеводорода – 2 балла
2. Написаны уравнения реакций - 2 балла за реакцию (4 реакции)= 8 баллов
3. Написаны названия всех продуктов – 2 балла

Итого 12 баллов

Вариант 3 - 10 класс

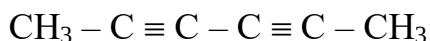
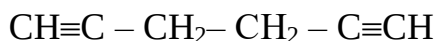
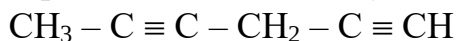
Задача 1.

Согласно результатам элементного анализа, содержание 92,3%. Данный углеводород проявляет слабые кислотные свойства и может формировать соль В, где массовая доля металла достигает 50,6%. Необходимо установить структурные формулы соединений А и В.

Решение:

Пусть формула углеводорода А – C_xH_y . Установим его простейшую формулу: $x : y = 92.3/12 : (100-92.3)/1 = 7.7 : 7.7 = 6 : 6$

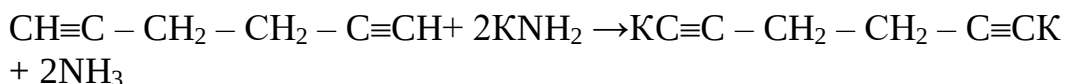
Простейшая формула – C_6H_6 . Предположим, что простейшая формула соответствует истинной. По условию, этот углеводород содержит, по крайней мере, одну тройную связь на конце цепи, а всего тройных связей, в соответствии с формулой, должно быть две. При этом концевыми могут оказаться от одной до двух тройных связей. Возможные два варианта строения А, соответствующие разному числу концевых тройных связей:



В зависимости от числа этинильных групп $-C \equiv CH$ в молекуле, на металл может заместиться от одного до двух атомов водорода, и общую формулу соли В можно записать как $C_6H_{6-n}Men$, где n – число замещённых атомов водорода. Согласно этой формуле, массовую долю металла (атомную массу которого обозначим через M) можно выразить следующим образом:

$$n \cdot M / (6 \cdot 12 + (6-n) + n \cdot M) = 0.506$$

Последовательным перебором получаем при $n = 2$ значение $M = 78$ г/моль, это калий. Итак, искомый углеводород включает две этинильные группы и имеет структуру $CH \equiv C - CH_2 - CH_2 - C \equiv CH$. При действии амида натрия образуется соль:



Распределение баллов:

1) Установлены структурные формулы соединений А и В (2 балла за соединение) – 4 балла

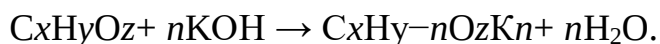
Итого: 4 балла

Задача 2

После полной нейтрализации 45,6 грамм органического соединения, содержащего три элемента, при этом массовая доля кислорода равна 42,1 %, было получено 76 грамм соли калия. Необходимо установить формулу исходной кислоты.

Решение:

Запишем реакцию нейтрализации неизвестной органической кислоты, имеющей брутто-формулу $C_xH_yO_z$ и основность γ :



Выразим молярные массы кислоты и образовавшейся соли:

$$M(\text{кислоты}) = 12x + y + 16z = M;$$

$$M(\text{соли}) = 12x + y - n + 16z + 39n = M + 38n.$$

Из условия задачи количества кислоты и соли составляют:

$$n(\text{кислоты}) = 45,6/M, \quad n(\text{соли}) = 76/(M+38) \text{ моль}$$

В соответствии с уравнением реакции они равны, т. е.

$$45,6/M = 76/(M+38)$$

Массовая доля кислорода в кислоте по условию:

$$\omega(O) = \frac{16z}{M} = \frac{16z}{69n} = 0.421$$

В этой задаче натуральными числами являются и n , и z . Значит, n

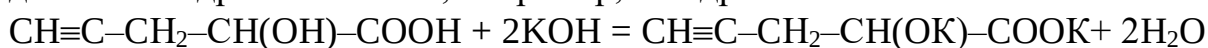
может принимать только чётные значения. При $n = 2$ получаем

$$M = 114 \text{ и } z = 3. \text{ Тогда } M = 12x + y + 48 = 114,$$

откуда подбором находим значения $x = 5, y = 6$. Таким образом,

формула кислоты – $C_5H_6O_3$, ей соответствуют ацетиленовые или

диеновые гидроксикислоты, например, 2-гидроксипентин-4-овая кислота:



Ответ: ацетиленовые или диеновые гидроксикислоты $C_5H_6O_3$.

Распределение баллов:

- 1) Установлена формула исходной кислоты - 4 балла

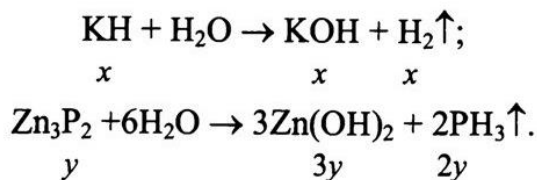
Итого: 4 балла

Задача 3.

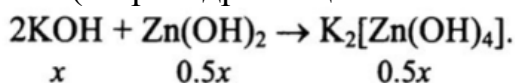
Смесь гидрида калия и фосфида цинка вступила в реакцию с 379 мл воды. Масса образованного раствора оказалась на 87.5 г меньше суммарной массы исходных твёрдых веществ и воды, а процентное содержание полученной соли составило 42.2%. Необходимо определить количество вещества гидрида и фосфида в исходной смеси.

Решение:

Пусть в исходной смеси содержалось x моль KH и y моль Zn_3P_2 . Тогда:



Образующийся амфотерный гидроксид цинка взаимодействует с KOH , образуя комплексную соль (тетрагидроксоцинкат калия)



Уменьшение массы полученного раствора на 87.5 г по сравнению с суммой масс исходных веществ произошло за счет выделения газов и оставшегося в осадке $Zn(OH)_2$ (в случае его избытка):

$$\Delta m(\text{раствора}) = 2x + 34 \cdot 2y + (3y - 0.5x) \cdot 99 = 87.5 \text{ г.}$$

Масса образовавшегося раствора составляет:

$m(\text{раствора}) = 40x + 257y + 379 - 87.5 = 291.5 + 40x + 257y$ г,
поэтому массовую долю $K_2[Zn(OH)_4]$ можно записать так:

$$\omega = \frac{211 \cdot 0.5x}{291.5 + 40x + 257y} = 0.422.$$

Составим систему уравнений:

$$\begin{cases} 2x + 68y + 99 \cdot (3y - 0.5x) = 87.5; \\ \frac{211 \cdot 0.5x}{291.5 + 40x + 257y} = 0.422, \end{cases}$$

решением системы являются: $x = 2, y = 0.5$

Ответ: 2.0 моль KH , 0.5 моль Zn_3P_2 .

Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнение каждой реакции, с условиями реакции – 4 балла (2 реакции) = 8 баллов
- 2) Определено количество вещества гидроксида и фосфида в исходной смеси – 4 балла за вещество = 8 баллов

Итого 16 баллов

Задача 4.

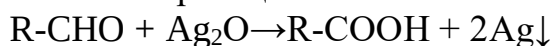
При реакции 8.75 г органического соединения с избытком аммиачным раствором оксида серебра было получено 22.05 г осадка. В результате сгорания такой же массы вещества образовалось 26.46 л (245°C , 101 кПа) газа. После охлаждения до 19°C объем газа уменьшился до 7.34 л (101 кПа). Этот газ полностью поглотила известковая вода, образовав 31 г осадка. Предложите две возможных структурных формулы для этого вещества.

Решение:

Искомое соединение может быть либо алкином-1 (и тогда осадок ацетиленид серебра), либо альдегидом (и тогда — это реакция «серебряного зеркала» и осадок металлическое серебро). Предположим, что осадок — серебро; тогда его количество

$$v(\text{Ag}) = 21.6 / 108 = 0.2 \text{ моль}$$

Если искомое вещество содержит одну альдегидную группу, то схематически реакцию можно записать так:



$$0.1 \text{ моль} \qquad \qquad 0.2 \text{ моль}$$

Тогда молярная масса исходного вещества составит

$$M = 9.0 / 0.1 = 90 \text{ г/моль}.$$

При сгорании такой же навески вещества образовалась смесь и H_2O в количестве

$$v(\text{смеси}) = \frac{25.74 \cdot 101.3}{8.31 \cdot 523} = 0.6 \text{ моль}.$$

$$v(\text{CO}_2) = \frac{7.21 \cdot 101.3}{8.31 \cdot 293} = 0.3 \text{ моль},$$
$$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 \downarrow + \text{H}_2\text{O}$$

Следовательно, масса С в исходной навеске равна $0.3 \cdot 12 = 3.6$ г. На долю H_2O приходится $0.6 - 0.3 = 0.3$ моль. Значит, масса Н в исходной навеске равна $0.6 \cdot 1 = 0.6$ г. Остальная масса навески $9.0 - 3.6 - 0.6 = 4.8$ г приходится, скорее всего, на кислород.

$$\text{C} : \text{H} : \text{O} = \frac{3.6}{12} : \frac{0.6}{1} : \frac{4.8}{16} = 1 : 2 : 1 \text{ (CH}_2\text{O)}.$$
$$\begin{array}{c} \text{CH}_2 - \text{CH} - \text{C} \\ | \quad | \quad // \\ \text{OH} \quad \text{OH} \quad \text{O} \\ \quad \quad \quad \backslash \\ \quad \quad \quad \text{H} \end{array}$$
$$\text{H}-\overset{\overset{\text{O}}{\parallel}}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-\text{OH}$$

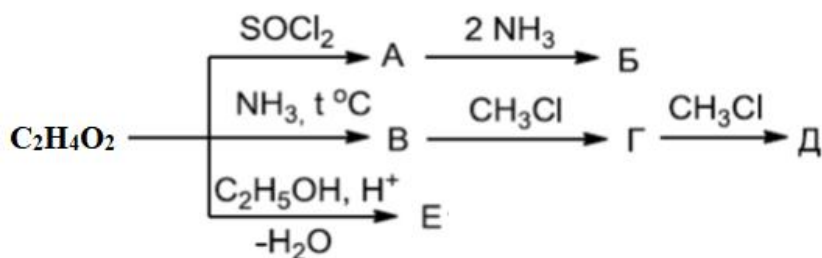
Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнения реакции, правильно расставлены коэффициенты – 2 балла за реакцию (2 реакции) = 4 балла
- 2) Приведены необходимые расчёты -4 балла
- 3) Написаны структурные формулы веществ 2 балла за структуру (2 структуры) – 4 балла

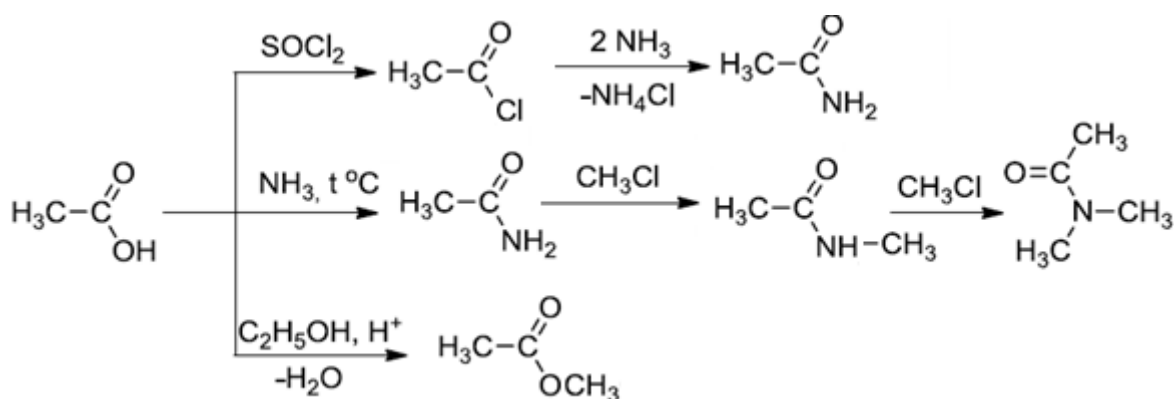
Итого 12 баллов

Задача 5.

Решите цепочку превращений, называя все полученные продукты. Первое упоминание о практическом применении исходного соединения относится к III веку до н. э. Греческий учёный Теофраст впервые описал действие его на металлы, приводящее к образованию некоторых используемых в искусстве пигментов.и для получения свинцовых белил.



Решение:



- А-хлорангидрид уксусной кислоты
 Б- амид уксусной кислоты
 В- амид уксусной кислоты
 Г-N-метилацетамид
 Д-N,N-диметилацетамид
 Е-метилловый эфир уксусной кислоты

Распределение баллов:

- 1) Приведены уравнения реакции – 2 балла за реакцию (6 реакций) = 12 баллов
- 2) Названы исходное соединение и продукты реакций – 2 балла за название (7 названий) = 14 баллов.

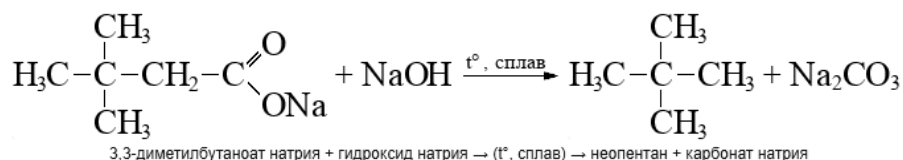
Итого: 26 баллов

Задача 6.

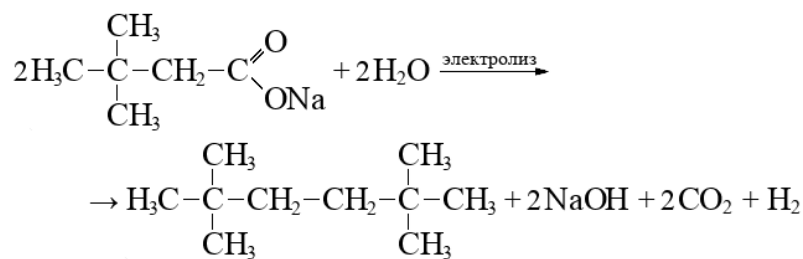
Определите о какой карбоновой кислоте идет речь, если известно: 1) при электролизе водного раствора ее натриевой соли получается углеводород $\text{C}_{10}\text{H}_{22}$; 2) при декарбоксилировании этой соли получается газообразный изомер пентана; 3) ее можно получить при жестком окислении алкена, состава C_7H_{14} ; 4) ее межклассовый изомер может вступить в реакцию этерификации с двумя молями уксусной кислоты. Напишите эти реакции.

Решение:

Рекомендуется начать с поиска ответа на второй вопрос, так как там есть подсказка, связанная со строением изомера пентана. Единственный газообразный изомер – неопентан.

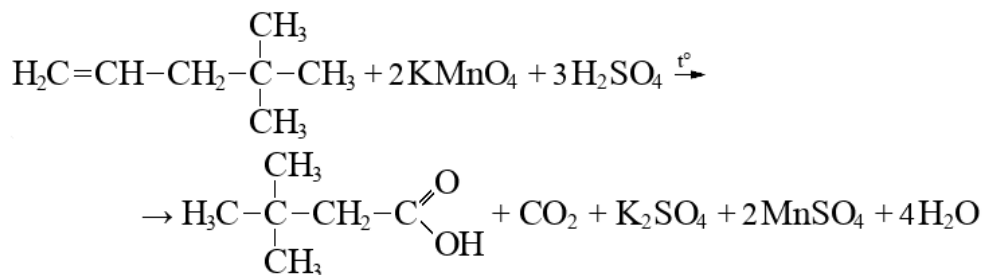


- 1) Реакция электролиза 3,3 – диметилбутаноата натрия



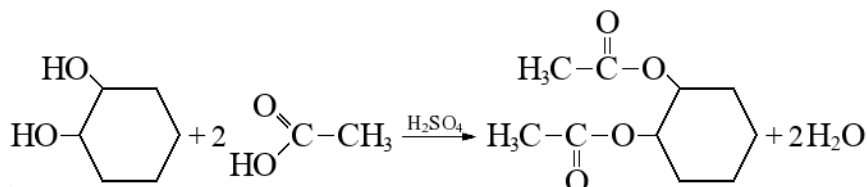
2-3,3-диметилбутаноат натрия + 2-вода → (электролиз) → динеопентил + 2-гидроксид натрия + 2-углекислый газ + водород

3 Получение искомой кислоты из алкена



4,4-диметилпентен-1 + 2-перманганат калия + 3-серная кислота → (t°) →
→ 3-метилизовалериановая кислота + углекислый газ + сульфат калия + 2-сульфат марганца(II) + 4-вода

4 Реакция этерификации изомера искомой кислоты



циклогександиол-1,2 + 2-уксусная кислота → (серная кислота) → 1,2-О-диацетилциклогександиол-1,2 + 2-вода

Распределение баллов:

1) Приведены структурные формулы необходимых соединений – по 2 балла за каждую (4 структуры) = 8 баллов

2) Написаны уравнения реакций – 2 балла за реакции. (4 реакции) = 8 баллов

3) Написаны названия всех продуктов – 4 балла

Итого 20 баллов

Задача 7.

Найдите органическое вещество, в котором массовые доли элементов составляют O = 54,24%; H = 5,08 %, остальное – углерод. Известно, что: 1) при взаимодействии этого соединения с натрием получится сукцинат, который может стать реагентом реакции Дюма, в результате которой получится этан; 2) изомер исходного вещества может быть получен реакцией между щавелевой кислотой с соответствующим спиртом.

Решение:

1. Нахождение формулы вещества

Поскольку в составе вещества присутствуют кислород, водород и углерод, то можно представить его молекулярную формулу C_xH_yO_z.

Пусть масса навески искомого органического вещества C_xH_yO_z. Составляет 100 г. Вычисляем массы и количество кислорода и водорода в его составе:

$$m(\text{O}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{O}) / 100\% = 54.24 / 100 = 54.24 \text{ г}$$

$$n(\text{O}) = m/M = 54.24/16 = 3.39 \text{ моль}$$

$$m(\text{H}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) \cdot \omega(\text{H})/100\% = 5.09/100 = 5.08 \text{ г}$$

$$n(\text{H}) = m/M = 5.08/1 = 5.08 \text{ моль}$$

Далее вычислим массу и количество углерода:

$$m(\text{C}) = m(\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z) - m(\text{O}) - m(\text{H}) = 100 - 54.24 - 5.08 = 40.68 \text{ г}$$

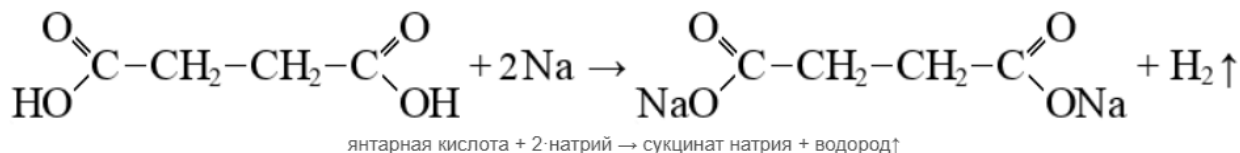
$$n(\text{C}) = m/M = 40.68/12 = 3.39 \text{ моль}$$

Запишем соотношение по молям для элементов, составляющих $\text{C}_x\text{H}_y\text{O}_z$:

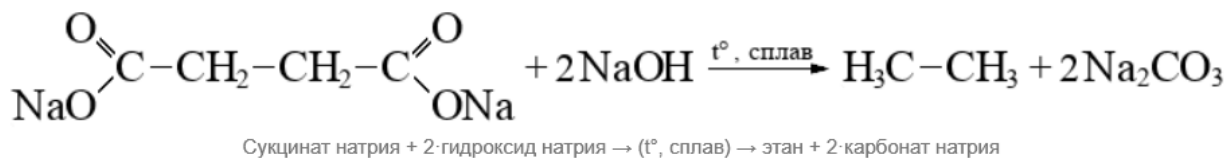
$$x:y:z = n(\text{C}):n(\text{H}):n(\text{O}) = 3.39:5.08:3.39 = 1:1.5:1 = 2:3:2$$

$\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2$ - простейшая формула органического соединения

2) Реакция с натрием



3) Реакция Дюма



4) Получение изомера



Распределение баллов:

1. Найдена формула углеводорода – 2 балла
2. Написаны уравнения реакций - 2 балла за реакцию (3 реакции)= 6 баллов
3. Написаны названия всех продуктов – 4 балла

Итого 12 баллов