

ЗАДАНИЕ 3

Примеры решения задач

Пример 1.

При взаимодействии 100 мл раствора неизвестной соли с раствором нитрата серебра выпадает 2,87 г белого осадка, а при действии на то же количество раствора сульфата калия получено 2,33 г белого осадка. Определите состав и концентрацию исходного раствора соли, если известно, что в обоих случаях для полного осаждения потребовалось по 200 мл 0,1 моль/л раствора осадителя.

Дано:

$$V(\text{AB}) = 100 \text{ мл}$$

$$m(\text{осадка})_1 = 2,87 \text{ г}$$

$$m(\text{осадка})_2 = 2,33 \text{ г}$$

$$V(\text{осадителя}) = 200 \text{ мл}$$

$$C(\text{осадителя}) = 0,1 \text{ н}$$

Найти:

$$\text{AB}, C(\text{AB})$$

Решение:

Нормальным называется раствор, в 1 л которого содержится 1 моль эквивалентов растворенного вещества. Эквивалентом называется такая формульная единица (часть атома, молекулы, иона), которая соединяется с одним атомом водорода, замещает его или равновесная ему. Например, эквивалент H_2S равен $\frac{1}{2}$, а молярная масса эквивалента H_2S составляет 17 г/моль.

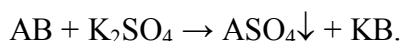
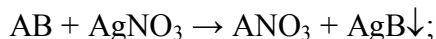
Число молей эквивалентов растворенного вещества, содержащееся в 1 л раствора, называют нормальной концентрацией раствора.

Определим количества осадителей в обоих случаях:

$$n(\text{AgNO}_3) = \frac{f \cdot C_n(\text{AgNO}_3) \cdot V(\text{AgNO}_3)}{1000} = \frac{1 \cdot 0,1 \cdot 200}{1000} = 0,02 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{K}_2\text{SO}_4) = \frac{f \cdot C_n(\text{K}_2\text{SO}_4) \cdot V(\text{K}_2\text{SO}_4)}{1000} = \frac{\frac{1}{2} \cdot 0,1 \cdot 200}{1000} = 0,01 \text{ (моль)}.$$

Запишем схемы протекающих реакций:



Определим молярные массы полученных осадков, исходя из предположения, что

$$n(\text{AgNO}_3) = n(\text{AgB}) \text{ и } n(\text{K}_2\text{SO}_4) = n(\text{ASO}_4):$$

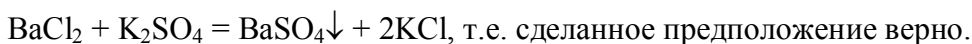
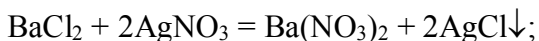
$$M(\text{AgB}) = \frac{m(\text{осадка})_1}{n(\text{AB})} = \frac{2,87}{0,02} = 143,5 \text{ (г/моль)};$$

$$M(\text{ASO}_4) = \frac{m(\text{осадка})_2}{n(\text{ASO}_4)} = \frac{2,33}{0,01} = 233 \text{ (г/моль)}.$$

Определим $M(\text{B})$ и $M(\text{A})$: $M(\text{B}) = M(\text{AgB}) - M(\text{Ag}) = 143,5 - 108 = 35,5 \text{ (г/моль)}$.
Это атомная масса хлора, следовательно $\text{B} - \text{Cl}$;

$M(A) = M(\text{ASO}_4) - M(S) - 4 \cdot M(O) = 233 - 32 - 4 \cdot 16 = 137$ г/моль. Это атомная масса бария, следовательно А – Ва.

Искомое соединение – хлорид бария BaCl_2 . Запишем уравнения протекающих реакций:



Определим концентрацию исходного раствора:

$$C = \frac{n \cdot 1000}{V} = \frac{0,01 \cdot 1000}{100} = 0,1 \text{ моль/л.}$$

Ответ: BaCl_2 ; $C = 0,1$ моль/л.

Пример 2.

Металл А при слабом нагревании реагирует с газом В, образуя соединение АВ. Как А, так и АВ энергично реагирует с водой, причем в обоих случаях образуются одни и те же продукты. Металл А можно получить электролизом его расплавленного хлорида, причем 3,86 А·ч электрического тока выделяют 1 г металла А. Найдите А и В и напишите уравнения соответствующих реакций.

Дано:

$$m(A) = 1 \text{ г}$$

$$I = 3,86 \text{ А}$$

$$\tau = 1 \text{ ч} = 3600 \text{ с}$$

Найти:

А и В.

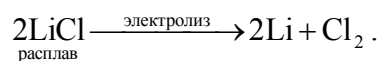
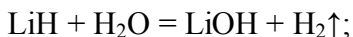
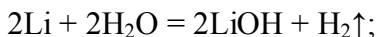
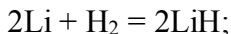
Решение:

Воспользуемся законом Фарадея $m = \frac{M}{nF} It$ для определения молярной массы металла одновалентного металла (F – постоянная Фарадея, равная 96500 Кл/моль, n – число электронов, участвующих в электродной реакции):

$$M = \frac{mnF}{It} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 96500}{3,86 \cdot 3600} = 6,94 \text{ г/моль.}$$

Это атомная масса лития, следовательно, металл А – Li.

Предположим, что В – это водород. Запишем уравнения соответствующих реакций:



Сделанное предположение верно, т.к. написанные уравнения реакций удовлетворяют условию задачи.

Ответ: А – Li; В – H₂.

Пример 3.

При сжигании 23 г газообразного вещества, плотность которого при 0 °С и давлении 1 атм (101,3 кПа) равна 2,05 г/л, получается 44 г CO₂ и 27 г H₂O. Какова структурная формула этого соединения?

Дано:

$$m = 23 \text{ г}$$

$$t = 0 \text{ °С}$$

$$p = 1 \text{ атм} = 101,3 \text{ кПа}$$

$$\rho = 2,05 \text{ г/л}$$

$$m(\text{CO}_2) = 44 \text{ г}$$

$$m(\text{H}_2\text{O}) = 27 \text{ г}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

$$M(\text{H}_2\text{O}) = 18 \text{ г/моль}$$

Найти:

структурную формулу вещества

Решение:

Определим объем газообразного вещества:

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{23}{2,05} = 11,22 \text{ (л)}.$$

Определим количество этого вещества; т.к. объем определен при нормальных условиях, что следует из условия задачи, то

$$n = \frac{V}{V_m} = \frac{11,22}{22,4} = 0,5 \text{ (моль)}.$$

$$\text{Молярная масса этого вещества равна } M = \frac{m}{n} = \frac{23}{0,5} = 46 \text{ г/моль}.$$

Определим количества воды и углекислого газа:

$$n(\text{CO}_2) = \frac{m(\text{CO}_2)}{M(\text{CO}_2)} = \frac{44}{44} = 1 \text{ (моль)};$$

$$n(\text{H}_2\text{O}) = \frac{m(\text{H}_2\text{O})}{M(\text{H}_2\text{O})} = \frac{27}{18} = 1,5 \text{ (моль)}.$$

$$\frac{n(\text{CO}_2)}{n(\text{H}_2\text{O})} = \frac{1}{1,5} = \frac{2}{3}, \text{ отсюда следует, что число атомов углерода в газообразном}$$

соединении равно 2, а число атомов водорода – 6.

Рассчитаем молярную массу соединения C₂H₆: $M(\text{C}_2\text{H}_6) = 2 \cdot 12 + 6 \cdot 1 = 30 \text{ г/моль}$ – это не соответствует молярной массе газа, рассчитанной из данных задачи (46 г/моль), следовательно, в состав соединения входит еще элемент. Определим молярную массу этого элемента:

$$M(\text{Э}) = M - M(\text{C}_2\text{H}_6) = 46 - 30 = 16 \text{ г/моль, т. е. этот элемент – кислород.}$$

Искомая формула C₂H₆O, структурная – CH₃ – O – CH₃ – диметиловый эфир.

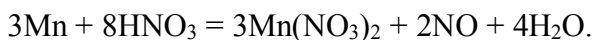
Ответ: CH₃ – O – CH₃.

Пример 4.

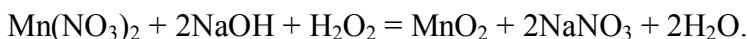
Напишите реакции, с помощью которых можно осуществить превращения по схеме $Mn \rightarrow Mn(NO_3)_2 \rightarrow MnO_2 \rightarrow K_2MnO_4 \rightarrow KMnO_4 \rightarrow MnO_2$.

Решение:

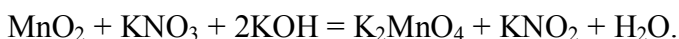
1. Взаимодействие марганца с разбавленной азотной кислотой:



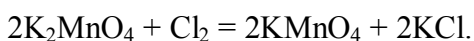
2. Взаимодействие нитрата марганца с пероксидом водорода в щелочной среде:



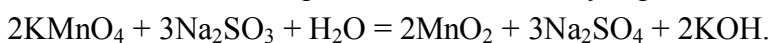
3. Сплавление оксида марганца (IV) с нитратом калия и гидроксидом калия:



4. Взаимодействие манганата калия с газообразным хлором:



5. Взаимодействие перманганата калия с сульфитом натрия в нейтральной среде:



Пример 5.

При сжигании органического вещества, состоящего только из углерода и водорода, получилось 3,08 мг углекислого газа и 1,44 мг воды. Найдите простейшую формулу вещества.

Дано:

$$m(CO_2) = 3,08 \text{ мг}$$

$$m(H_2O) = 1,44 \text{ мг}$$

$$M(CO_2) = 44 \text{ г/моль}$$

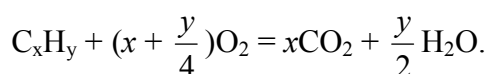
$$M(H_2O) = 18 \text{ г/моль}$$

Найти:



Решение:

Запишем уравнение реакции горения:



Рассчитаем количества вещества углекислого газа и воды, получившиеся в ходе реакции:

$$n(CO_2) = \frac{m}{M} = \frac{3,08 \cdot 10^{-3}}{44} = 7 \cdot 10^{-5} \text{ (моль)};$$

$$n(H_2O) = \frac{m}{M} = \frac{1,44 \cdot 10^{-3}}{18} = 8 \cdot 10^{-5} \text{ (моль)}.$$

Определим отношение количества вещества углекислого газа и воды:

$$\frac{n(CO_2)}{n(H_2O)} = \frac{2x}{y} = \frac{7 \cdot 10^{-5}}{8 \cdot 10^{-5}} = \frac{7}{8}, \text{ т.е. } \frac{x}{y} = \frac{7}{16}, \text{ следовательно, простейшая формула}$$

вещества C_7H_{16} .

Ответ: C_7H_{16} .

Пример 6.

Вычислите равновесные концентрации и константу равновесия для протекающей в газовой фазе реакции $\text{H}_2(\text{г}) + \text{I}_2(\text{г}) \rightleftharpoons 2\text{HI}(\text{г})$, если известно, что при данных условиях исходные концентрации $C_{\text{H}_2}^0$ и $C_{\text{I}_2}^0$ составляли 0,02 моль/л, а равновесная концентрация HI равна 0,03 моль/л.

Дано:

$$C_{\text{H}_2}^0 = C_{\text{I}_2}^0 = 0,02 \text{ моль/л}$$

$$[\text{HI}] = 0,03 \text{ моль/л}$$

Найти:

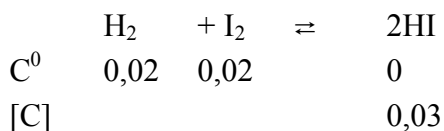
$$[\text{H}_2]$$

$$[\text{I}_2]$$

$$K_C$$

Решение:

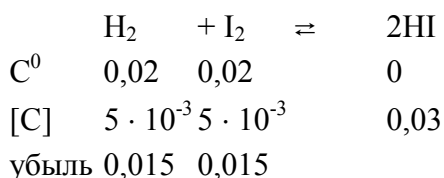
Запишем уравнение реакции и исходные данные:



Если в результате реакции образовалось 0,03 моль йодоводорода, то израсходовалось 0,015 моль водорода и йода ($0,03 : 2$), тогда в момент достижения равновесия концентрация водорода и йода составила:

$$[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 0,02 - 0,015 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ (моль/л)}.$$

Запишем полученные данные:



Рассчитаем константу равновесия процесса:

$$K_C = \frac{[\text{HI}]^2}{[\text{H}_2] \cdot [\text{I}_2]} = \frac{0,03^2}{5 \cdot 10^{-3} \cdot 5 \cdot 10^{-3}} = 36$$

Ответ: $[\text{H}_2] = [\text{I}_2] = 5 \cdot 10^{-3}$ моль/л, $K_C = 36$.

Пример 7.

При сгорании 1 моля метана выделяется 892 кДж теплоты. Какую массу оксида ртути можно разложить, используя эту теплоту на 50 %? Известно, что при образовании 1 моля оксида ртути из кислорода и ртути выделяется 90,3 кДж.

Дано:

$$Q_1 = 892 \text{ кДж/моль}$$

$$\eta = 50 \%$$

$$Q_2 = 90,3 \text{ кДж/моль}$$

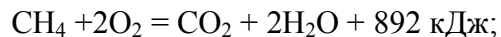
$$M(\text{HgO}) = 216,59 \text{ г/моль}$$

Найти:

$$m(\text{HgO})$$

Решение:

Запишем реакции сгорания метана:



и образования оксида ртути:



Рассчитаем количество оксида ртути, которое можно разложить с учетом 50 % использования теплоты первой реакции:

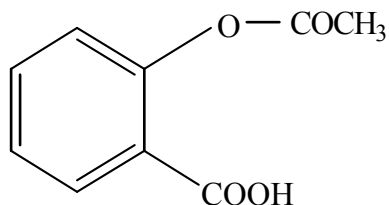
$$n(\text{HgO}) = \frac{Q_1}{Q_2} \cdot \frac{\eta}{100} = \frac{892 \cdot 50}{90,3 \cdot 100} = 4,94 \text{ (моль)}.$$

$$\text{Тогда } m(\text{HgO}) = n \cdot M = 4,94 \cdot 216,59 = 1070 \text{ (г)}.$$

$$\text{Ответ: } m(\text{HgO}) = 1070 \text{ г}.$$

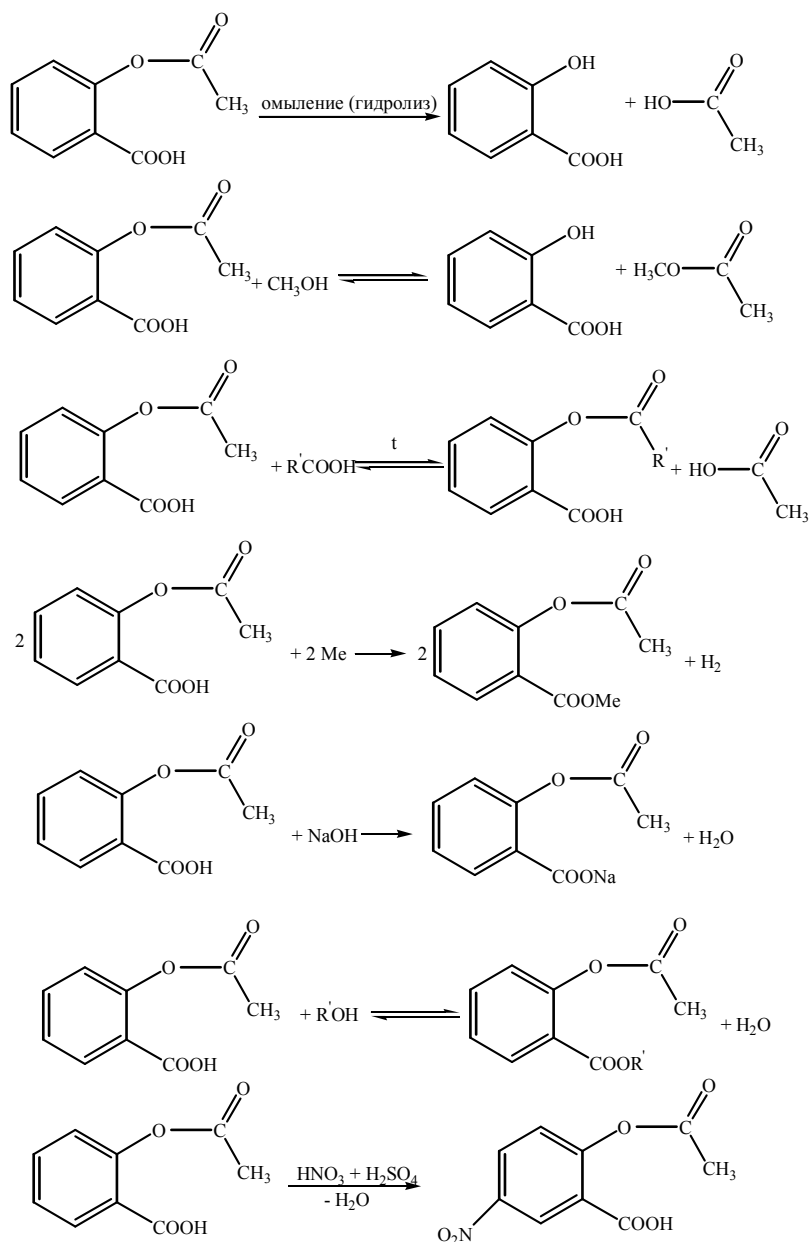
Пример 8.

Какие химические свойства можно ожидать у известного лекарственного вещества – ацетилсалициловой кислоты (аспирина), имеющей формулу

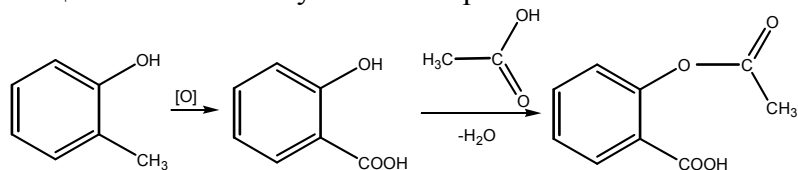


Напишите уравнения реакций, в которые вступает это соединение. Как можно получить это вещество?

Решение:



Вещество можно получить из *o*-крезола:



Пример 9.

Расположите по увеличению подвижности атома водорода в функциональной группе следующие соединения: масляный альдегид, масляную кислоту, бутиловый спирт. Сравните подвижность водорода в этих соединениях с подвижностью водорода в бутане и бутинах.

Решение:

1	масляный альдегид	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{H}$
2	масляная кислота	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}} - \text{O} - \text{H}$
3	бутиловый спирт	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{O} - \text{H}$
4	бутан	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$
5	бутин	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{C} \equiv \text{CH}$

Из приведенных формул соединений видно, что подвижность атома водорода в функциональной группе возрастает в соединениях в следующем порядке: бутиловый спирт – масляный альдегид – масляная кислота.

В кислородсодержащих соединениях подвижность водорода выше, чем в бутане и бутинах, при чем для бутинов характерны реакции присоединения по тройной связи.

Пример 10.

Напишите структурные формулы всех изомеров, углеводородов, имеющих состав C_4H_8 . К каким классам они будут относиться? Предскажите важнейшие реакции этих изомеров.

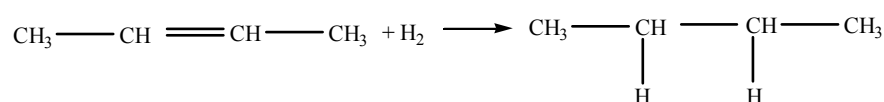
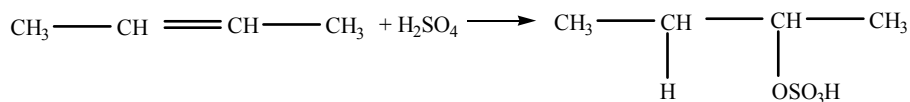
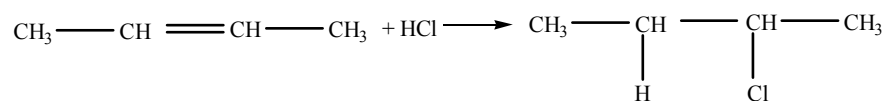
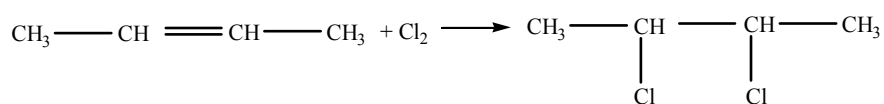
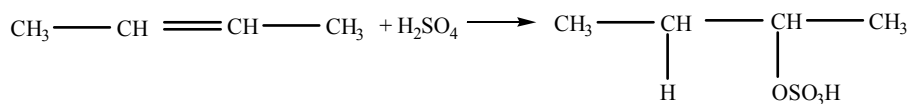
Решение:

1	$\text{CH}_3 - \text{CH}_2 - \text{CH} = \text{CH}_2$	бутен – 1
2	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{H} \end{array}$	цис-бутен – 2
3	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C} \quad \text{H} \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} = \text{C} \\ / \quad \diagdown \\ \text{H} \quad \text{CH}_3 \end{array}$	транс-бутен – 2
4	$\begin{array}{c} \text{CH}_3 - \text{CH} = \text{CH}_2 \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	2-метилпропен – 1
5	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \\ \quad \\ \text{H}_2\text{C} - \text{CH}_2 \end{array}$	циклобутан
6	$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} - \text{CH} - \text{CH}_3 \\ \diagdown \quad / \\ \text{C} \\ \\ \text{H}_2 \end{array}$	метилциклопропан

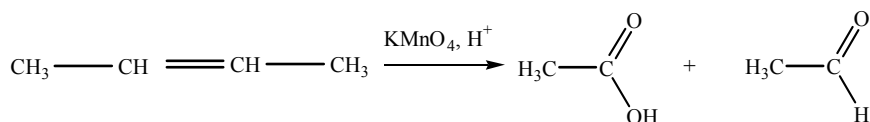
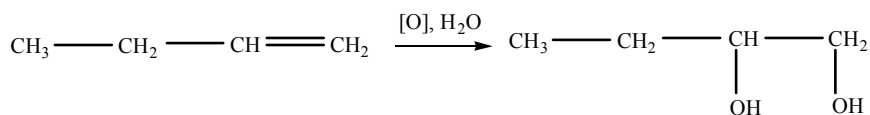
Приведенные изомеры относятся к классу углеводороды: из них первые четыре – это непредельные углеводороды с двойной связью и последние два – это предельные углеводороды с замкнутой (циклической) цепью.

Для непредельных углеводородов характерны следующие реакции:

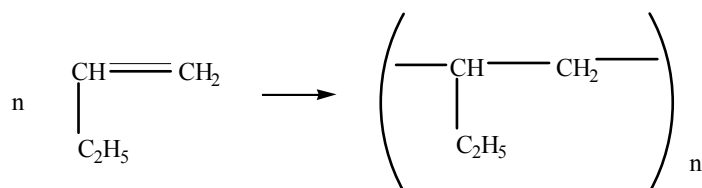
1. присоединения



2. окисления



3. полимеризации



Циклоалканы по химическим свойствам близки к алканам: горючи, химически малоактивны, атомы водорода замещаются галогенами.

