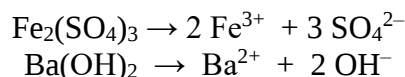


Решения задач и система оценивания – 10 класс (2024 г)

Задача № 1

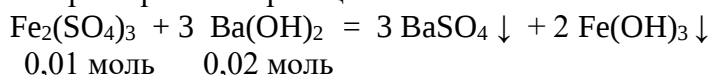
Сульфат железа (III) и гидроксид бария – сильные электролиты и в водных растворах диссоциируют полностью:



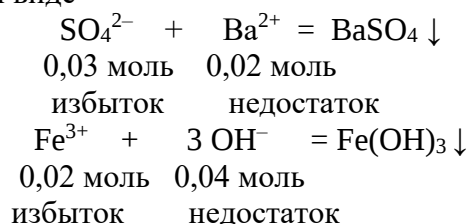
Пусть в растворе находится x моль сульфата железа, тогда общее число ионов будет равно: $2x + 3x = N / N_A$ или $5x = 3,011 \cdot 10^{22} / 6,022 \cdot 10^{23} = 0,05$ моль, тогда $x = 0,01$ моль.

Аналогично, пусть в растворе находится y моль гидроксида бария, тогда общее число ионов будет равно: $y + 2y = N / N_A$ или $3y = 3,6132 \cdot 10^{22} / 6,022 \cdot 10^{23} = 0,06$ моль, тогда $y = 0,02$ моль.

При смешении растворов протекает реакция



или в сокращенном ионном виде



Таким образом, $n(\text{BaSO}_4) = 0,02$ моль и $m(\text{BaSO}_4) = 0,02 \text{ моль} \cdot 233 \text{ г/моль} = 4,66 \text{ г}$; $n(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,04 / 3 = 0,0133$ моль и $m(\text{Fe}(\text{OH})_3) = 0,0133 \text{ моль} \cdot 107 \text{ г/моль} = 1,423 \text{ г}$

Количество остаточных ионов железа и сульфата в смешанном растворе будет равно: $n(\text{SO}_4^{2-}) = 0,03 - 0,02 = 0,01$ моль и $n(\text{Fe}^{3+}) = 0,02 - 0,04 / 3 = 0,0067$ моль.

Система оценивания: определение количества исходных веществ – 2,0 балла; уравнения диссоциации и реакции – 3,0 балла, определение массы осадков и количеств ионов в смешанном растворе – 3,0 балла

Задача № 2

При внесении BaCO_3 в соляную кислоту протекает реакция



количества продуктов определяет реагент, взятый в недостатке.

$n(\text{HCl}) = 100 \text{ г} \cdot 0,05 / 36,5 = 0,137$ моль и $n(\text{BaCO}_3) = 10,82 \text{ г} / 197 \text{ г/моль} = 0,055$ моль.

Видно, что кислота взята в избытке, поскольку

$$\begin{aligned}n(\text{BaCO}_3) = 0,055 \text{ моль} &< n(\text{HCl}) / 2 = 0,137 \text{ моль} / 2 = 0,0685 \text{ моль} \text{ и} \\ n(\text{CO}_2) = n(\text{BaCO}_3) &= 0,055 \text{ моль}.\end{aligned}$$

Пусть m_0 – масса стакана с кислотой, тогда после протекания реакции его масса будет равна $m(\text{конечн.}) = m_0 + m(\text{BaCO}_3) - m(\text{CO}_2) = m_0 + 10,82 - 0,055 \cdot 44 = m_0 + 8,4 \text{ г}$

При добавлении в другой стакан гидрокарбоната натрия протекает реакция



С кислотой может прореагировать только 0,137 моль NaHCO_3 и при этом образуется такое же количество углекислого газа, поэтому ожидаемая масса стакана будет равна

$$m(\text{конечн.}) = m_0 + m(\text{NaHCO}_3) - m(\text{CO}_2) = m_0 + 0,137 \cdot 84 - 0,137 \cdot 44 = m_0 + 5,48 \text{ г}$$

Видно, что $(m_0 + 8,4) \text{ г} > (m_0 + 5,48) \text{ г}$ и равновесие нарушается, поэтому во второй стакан нужно дополнительно добавить гидрокарбонат натрия массой $8,4 - 5,48 = 2,92 \text{ г}$,

который уже в реакции не участвует. Общая масса добавленного гидрокарбоната натрия должна быть $m_{\text{общ}} = 0,137 \cdot 84 + 2,92 = 14,428$ г.

Система оценивания: определение избытка-недостатка и расчет массы первого стакана – 3 балла; анализ ситуации при добавке гидрокарбоната натрия и расчет добавки – 4 балла; уравнения реакций – 2 балла.

Задача № 3

По условию два оксида XO_2 и MnO_2 одинаково реагируют с соляной кислотой:



Пусть в смеси оксидов будет x моль XO_2 , тогда по условию количество MnO_2 будет $5x$ моль и по обеим реакциям выделится $6x$ моль хлора.

Определим величину x :

$$6x = V(\text{Cl}_2) / 22,4 \text{ л/моль} = 6,72 \text{ л} / 22,4 \text{ л/моль} = 0,3 \text{ моль, откуда } x = 0,05 \text{ моль.}$$

Таким образом, $n(\text{XO}_2) = 0,05$ моль и $n(\text{MnO}_2) = 5x = 0,25$ моль.

Для определения молярной массы неизвестного оксида составим уравнение по массе смеси:

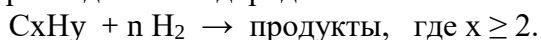
$$0,05 \cdot M(\text{XO}_2) + 0,25 \cdot M(\text{MnO}_2) = 33,7 \text{ г или } 0,05 \cdot M(\text{XO}_2) + 0,25 \cdot 87 = 33,7 \text{ г, откуда}$$

$$M(\text{XO}_2) = 239 \text{ г/моль и } M(\text{X}) = 239 - 32 = 207 \text{ г/моль – это свинец.}$$

Система оценивания: уравнения реакций – 2 балла; расчет количественного состава смеси оксидов – 2 балла; определение элемента X – 2 балла.

Задача № 4

Путь углеводород C_xH_y присоединяет водород согласно схеме



По условию количество присоединенного водорода равно

$$V(\text{H}_2) / 22,4 = 21,06 / 22,4 = 0,94 \text{ моль.}$$

Рассмотрим возможные варианты реализации схемы реакции.

1) Если $n = 1$, то $n(\text{C}_x\text{H}_y) = n(\text{H}_2) = 0,94$ моль и молярная масса углеводорода будет равна $M(\text{C}_x\text{H}_y) = m(\text{C}_x\text{H}_y) / n(\text{C}_x\text{H}_y) = 18,8 \text{ г} / 0,94 \text{ моль} = 20 \text{ г/моль}$ – не подходит, т.к. углеводород должен содержать не менее двух атомов углерода.

2) Если $n = 2$, то $n(\text{C}_x\text{H}_y) = n(\text{H}_2) / 2 = 0,94 \text{ моль} / 2 = 0,47 \text{ моль}$ и молярная масса углеводорода будет равна $M(\text{C}_x\text{H}_y) = m(\text{C}_x\text{H}_y) / n(\text{C}_x\text{H}_y) = 18,8 \text{ г} / 0,47 \text{ моль} = 40 \text{ г/моль}$.

Разумная брутто-формула углеводорода C_3H_4 , которой соответствуют структурные



формулы $\text{H}_2\text{C}=\text{C}=\text{CH}_2$ – аллен и $\text{H}_3\text{C}-\text{C}\equiv\text{CH}$ – пропин,

циклопропен

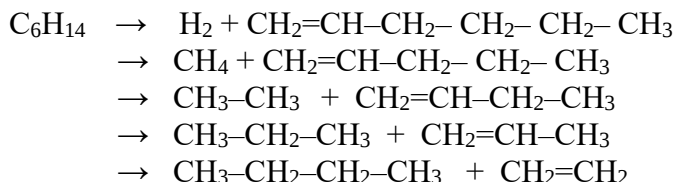
3) Если $n = 3$, то $n(\text{C}_x\text{H}_y) = n(\text{H}_2) / 3 = 0,94 \text{ моль} / 3 = 0,313 \text{ моль}$ и молярная масса углеводорода будет равна $M(\text{C}_x\text{H}_y) = m(\text{C}_x\text{H}_y) / n(\text{C}_x\text{H}_y) = 18,8 \text{ г} / 0,313 \text{ моль} = 60 \text{ г/моль}$. Углеводородов с такой молярной массой нет (C_4H_{14} невозможно, а молярная масса углеводорода с пятью атомами углерода будет превышать 60 г/моль)

Остальные варианты перебирать бессмысленно, поскольку с ростом молярной массы возможные углеводороды (если они вообще есть) уже не будут газообразными, как того требует условие задачи.

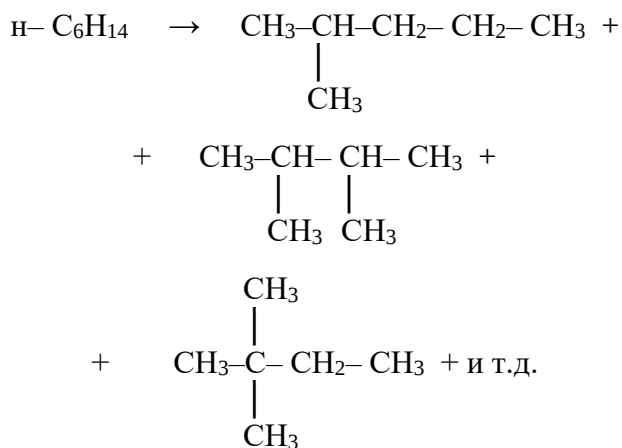
Система оценивания: схема реакции – 1 балл; анализ вариантов и расчет молярных масс углеводородов – 1 балла; две структурные формулы и названия – 3 балла.

Задача № 5

Крекинг и риформинг – два процесса химического превращения углеводородов, содержащихся в нефти. При термическом крекинге высшие алканы нефти нагреваются до высоких температур без доступа кислорода и при этом происходит их расщепление на низшие алканы и алкены. При крекинге н-гексана возможны несколько вариантов продуктов:



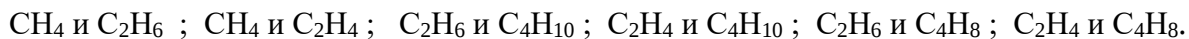
Риформинг заключается в изомеризации неразветвленных алканов при нагревании в присутствии подходящего катализатора с образованием разветвленных алканов.



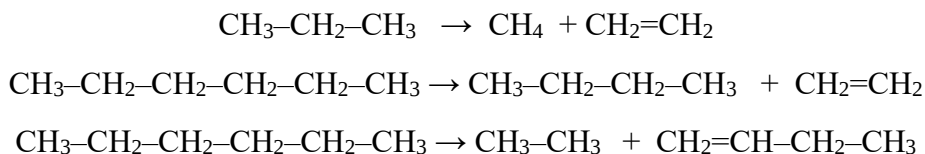
По условию задачи из газов крекинга выделены два углеводорода, объёмы которых одинаковы – это означает, что они взяты в одинаковых количествах. При сжигании одинаковых количеств этих углеводородов количество образовавшегося углекислого газа в каждом случае будет определяться числом атомов углерода в молекуле вещества, поэтому, согласно условию задачи, число атомов углерода в молекулах углеводородов должно различаться в два раза.

Возможные варианты: C1 – C2 и C2 – C4. Варианты C3 – C6 и т.д. не рассматриваются, поскольку для них не выполняется требование задачи – оба вещества газообразные!.

Среди углеводородов крекинга могут быть газообразные алканы и алкены, образованные по разным реакциям, и в наше случае это могут быть:



Уравнениями крекинга будут связаны пары:



Система оценивания: понятия крекинга и риформинга – 1 балл; уравнения реакций крекинга и риформинга н-гексана – 3 балла; обоснование для возможных пар

углеводородов – 2 балла; формулы возможных углеводородов в парах и уравнения крекинга – 3 балла.

Задача № 6

Реакция горения углеводорода $C_xH_y + (x + y/4) O_2 = x CO_2 + y/2 H_2O$.

Согласно уравнению $n(CO_2) = x \cdot n(C_xH_y)$, тогда

$$m(CO_2) = n(CO_2) \cdot M(CO_2) = n(CO_2) \cdot 44 \text{ г/моль} = x \cdot n(C_xH_y) \cdot 44 \text{ и}$$

$$m(C_xH_y) = n(C_xH_y) \cdot M(C_xH_y) = n(C_xH_y) \cdot (12x + y)$$

По условию задачи $m(CO_2) / m(C_xH_y) = 3$ и, следовательно

$44x / (12x + y) = 3$, откуда $x / y = 3 / 8$ и углеводород C_3H_8 – пропан.

Система оценивания: уравнение реакции – 1 балл, определение углеводорода – 2 балла.