(cc) BY

Автор:

Чен Юлия Сергеевна

ученица 9 класса

Руководитель:

Левшина Светлана Владиславовна

учитель химии

ГБОУ лицей №393 Кировского района Санкт-Петербурга

г. Санкт-Петербург

ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ В ХИМИЧЕСКОМ ОПЫТЕ «ФАРАОНОВЫ ЗМЕИ»

***Аннотация**: окислительно-восстановительные реакции широко распространены в природе и технике. Их участниками являются неорганические и органические вещества, что влияет на подходы к рассмотрению окислительно-восстановительных процессов. Химический опыт «Фараоновы змеи» является примером подобных превращений и вызывает исследовательский интерес: в чем состоит сущность процессов, лежащих в основе данных реакций? В ходе проведения химического эксперимента авторами изучены и охарактеризованы особенности окислительно-восстановительных процессов, лежащих в основе опыта «Фараоновы змеи».*

***Ключевые слова**: окислительно-восстановительные реакции, окислитель, восстановитель, органические вещества, химический опыт, «Фараоновы змеи».*

В химии существует много оснований для классификации химических реакций. Для нашего исследования важным является такой признак, как изменение степени окисления элементов в ходе химической реакции. По данному признаку выделяется два типа реакций: окислительно-восстановительные и протекающие без изменения степени окисления элементов. Окислительно-восстановительными называются реакции, которые происходят с изменением степени окисления атомов, входящих в состав реагирующих веществ [1]. При этом одновре-

менно протекают два процесса – окисление и восстановление. Окислением является процесс отдачи электронов восстановителем, а восстановлением – процесс принятия электронов окислителем. Окислитель – это элемент (вещество), понижающий свою степень окисления в результате присоединения электронов. Восстановитель – это элемент (вещество), повышающий свою степень окисления за счет отдачи электронов. По формальным признакам окислительно-восстановительные реакции подразделяют на межмолекулярные и внутримолекулярные.

В качестве примера окислительно-восстановительных реакций нами выбраны «Фараоновы змеи». В своем исследовании мы искали ответ на вопрос: в чем состоит сущность процессов, лежащих в основе данных реакций?

«Фараоновыми змеями» называют целый ряд реакций, в которых из небольшого объема реагирующих веществ в качестве продуктов реакции образуется пористое вещество [2]. Данные реакции сопровождаются бурным выделением газа. В итоге реакция выглядит так, будто из смеси реагентов выползает большая змея и ползет по столу, как настоящая. Это довольно сложные процессы, в них участвуют как неорганические, так и органические вещества.

Химические реакции, на которых основан опыт «Фараоновы змеи», относятся к окислительно-восстановительным. Их участниками являются как неорганические, так и органические вещества.

В неорганической химии окислительно-восстановительные реакции формально могут рассматриваться как перемещение электронов от атома восстановителя к атому окислителя.

Рассмотрение процессов окисления и восстановления для органических веществ достаточно сложно, поэтому мы воспользовались подходом, при котором атомам С в молекуле приписывают различные степени окисления в зависимости от числа связей, образованных с элементом более электроотрицательным, чем водород. В этом случае соединения можно расположить в порядке возрастания степени окисления углерода по группам:

– нулевая группа включает в себя насыщенные углеводороды (степень окисления углерода – 4);

– первая группа: $R_2C = CR_2$, ROH, RCl и RNH_2 (степень окисления углерода – 2);

– вторая группа: RC ≡ CR, R_2CO и R_2CCl_2 (степень окисления углерода 0);

– третья группа: RCOOH, RC ≡ CC1, $RCONH_2$ и $RCCl_3$ (степень окисления углерода +2);

– четвертая группа: RCN, CCl_4 и CO_2 (степень окисления углерода + 4).

Тогда окисление – процесс, при котором соединение переходит в более высокую категорию, восстановление – обратный процесс.

Из множества описываемых в литературе методик проведения опыта «Фараоновы змеи» мы выбрали несколько, доступных для проведения в условиях школьной лаборатории, чтобы рассмотреть характеристики реакций, лежащих в их основе.

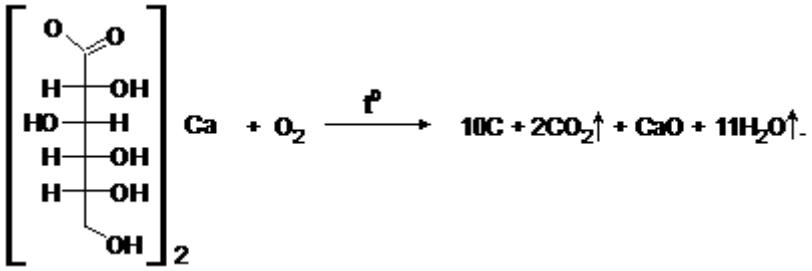
Опыт №1. «Фараонова змея» из глюконата кальция

Для проведения опыта потребовалось: сухое горючее, глюконат кальция, держатель, перчатки, зажигалка, фарфоровая чашка, штатив.

Аккуратно подожгли сухое горючее в фарфоровой чашке, установленной на штативе. Сверху положили таблетки глюконата кальция.

Результат: светло-серая «змея» с белыми пятнами.

Уравнение протекающей реакции:



Окисление: $C^{+2} – 2\bar{e} \rightarrow C^{+4}$; восстановитель – C^{+2} в составе глюконата кальция.

Восстановление: $O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2}$; окислитель – O^0 в составе молекулярного кислорода.

Протекает межмолекулярная окислительно-востановительная реакция, так как окислитель и восстановитель находятся в разных веществах.

Опыт №2. «Фараонова змея» из сульфаниламида

Для проведения опыта потребовалось: сухое горючее, фарфоровая чашка, таблетки фталилсульфатиазол (фталазола), перчатки, держатель, зажигалка.

Аккуратно подожгли сухое горючее в фарфоровой чашке, установленной на штативе. Сверху положили таблетки фталазола.

Результат: светло-серая «змея».

Уравнение протекающей реакции:

$4H_2N - [C_6H_4] - SO_2 - NH - C(NH)NH_2 + 5O_2 \rightarrow 28C + 2H_2S + 2SO_2 + 8N_2 + 10H_2O$

Окисление: $2N^{-3} - 6\bar{e} \rightarrow N_2^0$; восстановитель – N^{-3} в составе сульфаниламида.

Восстановление:

$O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2}$; окислитель – O^0 в составе молекулярного кислорода;

$S^{+4} + 6\bar{e} \rightarrow S^{-2}$; окислитель – S^{+4} в составе сульфаниламида;

$C^{+2} + 2\bar{e} \rightarrow C^0$; окислитель – C^{+2} в составе сульфаниламида.

Данную реакцию можно отнести одновременно к межмолекулярному и внутримолекулярному окислению-восстановлению. В составе одного и того же вещества (сульфаниламид) находятся окислитель и восстановитель, что позволяет сделать вывод о внутримолекулярном окислительно-восстановительном процессе. Но также взаимообмен электронами идет между разными реагентами, содержащими восстановитель и окислитель, что соответствует межмолекулярной окислительно-восстановительной реакции.

Опыт №3. «Фараонова змея» из сахарозы и серной кислоты

Для проведения опыта потребовалось: стеклянный стакан, стеклянная палочка, концентрированная серная кислота, сахарная пудра, вода, перчатки.

Сахарную пудру насыпали в стакан, добавили немного воды, тщательно перемешали полученную смесь. Затем аккуратно прилили к смеси несколько капель серной кислоты.

Результат: пористая масса черного цвета.

Уравнение протекающей реакции:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 2H_2SO_4 \rightarrow 11C + 2SO_2 + CO_2 + 13H_2O$$

Окисление: $C^0 - 4\bar{e} \rightarrow C^{+4}$; восстановитель – C^0 в составе сахарозы.

Восстановление: $S^{+6} + 2\bar{e} \rightarrow S^{+4}$; окислитель – S^{+6} в составе серной кислоты.

Протекает межмолекулярная окислительно-востановительная реакция, так как окислитель и восстановитель находятся в разных веществах.

Опыт №4. «Фараонова змея» из соды и сахарозы

Для проведения опыта потребовалось: сухое горючее, сахарная пудра, гидрокарбонат натрия, держатель, перчатки, фарфоровая чашка, зажигалка.

Приготовили смесь, состоящую из 1 чайной ложки сахарной пудры и 1/4 чайной ложки гидрокарбоната натрия $NaHCO_3$. Аккуратно высыпали смесь на сухое горючее. Подожгли смесь.

Результат: рыхлая масса черного цвета.

Уравнение протекающей реакции:

$$C_{12}H_{22}O_{11} + 6O_2 \rightarrow 6CO_2 + 11H_2O + 6C$$

Окисление: $C^0 - 4\bar{e} \rightarrow C^{+4}$; восстановитель – C^0 в составе сахарозы.

Восстановление: $O_2^0 + 4\bar{e} \rightarrow 2O^{-2}$; окислитель – O^0 в составе молекулярного кислорода.

Протекает межмолекулярная окислительно-востановительная реакция, так как окислитель и восстановитель находятся в разных веществах.

Опыт №5. «Фараонова змея» из нитрата аммония и сахарозы

Для проведения опыта потребовалось: сухое горючее, сахарная пудра, нитрат аммония, держатель, перчатки, фарфоровая посуда, зажигательное устройство.

Приготовили смесь, состоящую из 1/2 чайной ложки нитрата аммония и 1/2 чайной ложки сахарной пудры. Аккуратно высыпали смесь на сухое горючее. Подожгли смесь.

Результат: рыхлая блестящая масса черного цвета.

Уравнение протекающей реакции:

$$2NH_4NO_3 + C_{12}H_{22}O_{11} \rightarrow 11C + 2N_2 + CO_2 + 15H_2O$$

Окисление:

$C^0 - 4\bar{e} \rightarrow C^{+4}$; восстановитель – C^0 в составе сахарозы;

$N^{-3} - 3\bar{e} \rightarrow N^{0}$; восстановитель – N^{-3} в составе нитрата аммония.

Восстановление: $N_{+}^{5} + 5\bar{e} \rightarrow N^{0}$; окислитель – N_{+}^{5} в составе нитрата аммония.

Данную реакцию можно отнести одновременно к межмолекулярному и внутримолекулярному окислению-восстановлению. В составе одного и того же вещества (нитрата аммония) находятся окислитель и восстановитель, что позволяет сделать вывод о внутримолекулярном окислительно-восстановительном процессе. Но также взаимообмен электронами идет между разными реагентами, содержащими восстановитель и окислитель, что соответствует межмолекулярной окислительно-восстановительной реакции.

Таким образом, окислительно-восстановительные процессы, протекающие в реакциях «Фараоновы змеи», можно отнести к межмолекулярному окислению-восстановлению. В некоторых случаях оно сочетается с внутримолекулярным окислением-восстановлением. Так как основным элементом в органических веществах является углерод, то обращая внимание в первую очередь на этот элемент, можно видеть, что он выступает и в роли восстановителя, и в роли окислителя. Это зависит от состава С-содержащего реагента, т.е. от степени окисления углерода. Во всех рассмотренных реакциях атомы С в итоге переходят в состояние нейтральных атомов в составе простого вещества (происходит обугливание органического вещества). В некоторых случаях (при достаточно сложном составе органического реагента) дополнительно выделяется углекислый газ, т.е. углерод переходит в C^{+4}.

Список литературы

1. Химическая энциклопедия: В 5 т. Т. 4: Даффа – Меди / Редкол.: И.Л. Кнунянц (гл. ред.) [и др.]. – М.: Сов. энцикл., 1990.

2. Химические опыты // Фараоновы змеи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://allforchildren.ru/sci/sci083.php (дата обращения: 08.02.15).