

Шахова Валентина Васильевна

учитель химии

Муниципальное казённое общеобразовательное учреждение

«Лицей села Верхний Мамон»

Воронежская область, Верхнемамонский район, с. Верхний Мамон

ОРГАНИЗАЦИЯ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КАК МОТИВАЦИЯ К ПОЗНАНИЮ ХИМИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ

Познание начинается с удивления. Удивление, вызванное новым, ведет к развитию любознательности (чувствительности к проблемам в окружающем мире) с последующим формированием у учащихся устойчивого интереса к предмету.

Выделяют следующие аспекты преподавания химии, способные вызвать интерес при обучении: материал исторического характера, биографические справки о великих ученых, объяснение загадок природы, химический эксперимент, рассказы о Вселенной, валеологический материал, доступное и наглядное изложение химического материала, решение посильных задач. Первые 4 аспекта комплексно легко реализуются в ходе исследовательской работы учащихся при экспериментальном изучении исторического научного факта на занятиях химического кружка.

В школе № 105 Казани уже несколько лет существует исследовательский химический кружок. Индивидуальные исследовательские задания учащиеся получают не сразу. Сначала им необходимо проявить себя на уроках при выполнении лабораторных практикумов учебно- исследовательского характера. (Систематическая реализация таких посильных лабораторно- практических работ прививает основы культуры химического эксперимента в лабораторной тетради, формулировать выводы и оформлять отчеты, обобщать полученные результаты и докладывать о них классу.)

Остановимся подробнее на приобщении учащихся к познанию нетривиального химического явления с привлечением конкретного исторического материала в рамках кружковой работы. Рассмотрим данную деятельность на примере фрагмента содержания продолжавшейся более года исследовательской работы учащегося 11-го класса Ю.Деденева по теме «Исследование колебательных химических реакций». Эта работа была признана лучшей по результатам научно-практической конференции «Шаг в науку», а также награждена дипломом 1 степени на секции химии VI Поволжской научной конференции учащихся им. Н.И.Лобачевского в 2005г. (на обеих конференциях учащийся проводил демонстрационный эксперимент).

На первом этапе осуществлялась краткая актуализация пройденного материала, связанного с темой исследования: знания об электролитической диссоциации веществ, сильных и слабых электролитах, об обратимых и необратимых реакциях, о зависимости скорости химической реакции от концентрации реагентов, температуры, катализатора, о сущности окислительно-восстановительных реакций; о карбоновых кислотах как одном из классов органических веществ.

Знакомство с историей рассматриваемого вопроса

Колебательная реакция (окисление лимонной кислоты броматом калия) была открыта и научно обоснована в 1951 г. советским ученым Б.П.Белоусовым. Однако первого сообщения о замечательном открытии напечатано не было. Рецензент химического журнала усомнился в принципиальной возможности описанной в статье реакции. Большинство химиков в те годы полагали, что чисто химических колебаний не бывает, хотя существование колебательных реакций предсказал в 1910 г. А.Лоткой на основе математической теории периодических процессов.

Вторая попытка опубликования результатов исследования была предпринята ученым в 1957 г., и опять он получил отказ, несмотря на появившиеся тогда

работы бельгийского физика и физикохимика И.Р.Пригожина. В этих работах была показана возможность и вероятность колебательных химических реакций. Лишь в 1959 г. был напечатан краткий реферат об открытии Б.П.Белоусовым периодически действующей колебательной химической реакции в малоизвестном издании «Сборник рефератов по радиационной медицине».

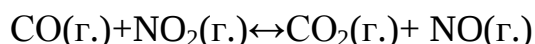
Открытие колебательной химической реакции Б.П.Белоусов сделал при попытке создать простую химическую модель некоторых стадий системы ключевых биохимических превращений карбоновых кислот в клетке. Работа ученого заинтересовала сотрудников кафедры биофизики физического факультета МГУ и лаборатории физической биохимии Института биофизики АН СССР. Периодические реакции начали интенсивно изучать. А.М.Жаботинский и его сотрудники нашли восемь восстановителей, способных поддерживать колебательную реакцию, и три катализатора.

В настоящее время кинетика колебательных реакций активно изучается, хотя детали этого сложного нетривиального химического явления остаются неясными. Доказано, что подобные режимы наблюдаются во многих областях знаний, например такие, как периодические процессы клеточного метаболизма, волны активности в сердечной ткани и в ткани мозга, процессы, происходящие на уровне экологических систем. Детальное изучение химических колебаний помогло разобраться в различных видах аритмий, возникающих в сердечной мышце. Следовательно, динамические химические системы можно рассматривать как функциональные модели для изучения подобных, но еще более сложных процессов в других областях знаний.

Создание проблемной ситуации

Проблемная ситуация создается заострением противоречия между новыми фактами и явлениями, требующими раскрытия сущности, и отсутствием достаточных знаний у учащихся для выполнения данного задания.

Известно, что в результате протекания обратимой окислительно-восстановительной реакции



в закрытом сосуде наблюдается постепенное уменьшение интенсивности бурой окраски, обусловленной присутствием диоксида азота NO_2 (остальные реагенты бесцветны). Однако с определенного момента окраска перестает изменяться. Считается, что система достигла равновесия. Если создать условия необратимости, реакция пойдет до конца, т.е. до полного обесцвечивания смеси. Аналогичные изменения наблюдаются и при протекании других известных учащимся реакций.

В результате протекания окислительно-восстановительной реакции в системе подкисленных водных растворов соли церия (III), бромата калия KBrO_3 и бромированной малоновой кислоты HOOC-CHBr-COOH наблюдается иной, незнакомый учащимся эффект. Исходные вещества бесцветны. С началом реакции фиксируется желтое окрашивание, затем обесцвечивание и т.п. Такая периодичность изменения цвета реакционной смеси (примерно каждые полторы минуты) может сохраняться достаточно долго.

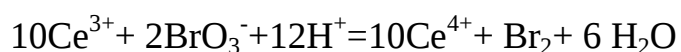
Таким образом, по визуальным признакам временной зависимости изменения цвета в смеси последнюю реакцию нельзя отнести к обратимым или необратимым реакциям. Какой класс химической реакции представляет данная система?

Исследование нового явления

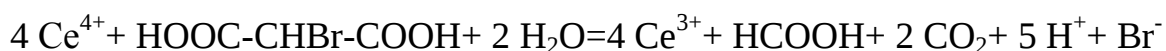
Рассмотренная система относится к колебательным реакциям. В узком понимании так называемые колебательные реакции- это целый класс реакций окисления органических веществ бромат-ионом с участием катализатора, обладающего окислительно-восстановительными свойствами. Процесс протекает стадийно. При этом выделяют два основных процесса. Иногда колебательный процесс можно наблюдать визуально как периодическое изменение цвета реакционной среды.

В рассмотренном примере сложную колебательную реакцию упрощенно можно представить в виде следующих суммарных стадий.

Первая стадия- быстрая, в ходе которой бесцветный раствор желтеет:



Вторая стадия- медленная, идет обесцвечивание за счет превращения ионов Ce^{4+} , окрасивших раствор в желтый цвет, в бесцветные ионы Ce^{3+} :



Объяснение сущности колебания. В растворе присутствуют: восстановитель- броммалоновая кислота, окислитель- бромат калия, катализатор- ионы церия. В ходе реакции окисление броммалоновой кислоты броматом калия происходит не непосредственно, а с помощью катализатора – ионов церия. Регулятором и ингибитором первой быстрой реакции выступает промежуточный продукт – ионы Br , которые обеспечивают отрицательную обратную связь между стадиями. Бромид- ионы, замедляя первую реакцию, регулируют колебания, т.е. обеспечивают накопление продуктов второй реакции, а именно ионов Ce^{3+} . Как только концентрация ионов Ce^{3+} достигает значения, при котором ингибитор перестает влиять на скорость первой реакции, происходит быстрый переход ионов Ce^{3+} в ионы Ce^{4+} . Бром в заметных количествах не образуется, поэтому на окраску раствора принципиально не влияет. Изменение окраски

обусловлено установлением режима, в котором концентрация каждой формы катализатора периодически колеблется.

Таким образом, колебательные реакции- это циклические процессы, т.е. процессы, состоящие из многократных повторений одного и того же превращения. Именно цикличность часто лежит в основе многих каталитических реакций.

Обобщение, принимаемое как гипотеза

В колебательных реакциях восстановитель (органическое вещество) должен легко окисляться окисленной формой катализатора (см.уравнение второй стадии) и не должен реагировать непосредственно с бромат- ионом. Кроме того, восстановитель должен легко бромироваться, а бромпроизводные, в свою очередь, -легко разлагаться с выделением бромид-анионов. Окислительно-восстановительный потенциал органического восстановителя должен быть ниже окислительно-восстановительного потенциала катализатора (условие возможности протекания редокс-реакции, см.уравнение второй стадии).

Таким образом, если в исследуемой системе, подкисленной серной кислотой, в качестве катализатора оставить ионы церия, а окислителя- бромат калия, то при добавлении в раствор поликарбоновой кислоты, например лимонной или яблочной, можно ожидать эффекта колебательной реакции.

Теоретическое обоснование выдвинутой гипотезы

В рассматриваемой системе будут происходить два основных процесса.

1. Окисление восстановительной формы катализатора (Cat^{n+}) бромат- ионом в кислой среде: $Cat^{n+} + HBrO_3 \rightarrow Cat^{(n+1)+} + Br_2 + \dots$

(бромноватая кислота $HBrO_3$ образуется в результате взаимодействия :

$KBrO_3 + H_2SO_4 = KHSO_4 + HBrO_3$).

2. Восстановление окисленной формы катализатора ($Cat^{(n+1)+}$) органическим восстановителем (Red):

$Cat^{(n+1)+} + Red \rightarrow Cat^{n+} + Br^- + \dots + \dots$

Всероссийская научно-методическая конференция 10 ноября 2013 - 30 января 2014

"Педагогическая технология и мастерство учителя"

Если исходный восстановитель не бромпроизводное, то механизм сложной реакции будет включать стадию бромирования. Бромид-анион будет выделяться из бромпроизводного исходного органического восстановителя. Ион Br^- служит регулятором первого процесса, осуществляя обратную связь и способствуя установлению режима, при котором происходят колебания концентраций окисленной и восстановленной форм катализатора ($\text{Cat}^{(n+1)+}$ и Cat^{n+}). Если ионы используемого катализатора окрашивают раствор в разные цвета, то в ходе реакции будет наблюдаться периодическое изменение цвета реакционной смеси. В случае применения ионов церия окраска раствора будет периодически изменяться от бесцветной до желтой.

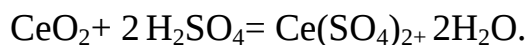
Экспериментальная проверка сформулированной гипотезы

Для проведения эксперимента проделывают следующее. Сначала к 0,9 г сульфата церия (IV) приливают концентрированную серную кислоту для получения кашецеобразной массы. В другой посуде в 15 мл дистиллированной воды, нагретой до 60°C , растворяют 2 г лимонной кислоты и 0,9 г бромата калия. Температура раствора при этом снижается до 45°C . Затем полученный раствор приливают к приготовленной кашецеобразной массе сульфата церия (IV) при перемешивании до полного его растворения.

Наблюдают в течении 45 с изменение окраски раствора от желтой до практически бесцветной и наоборот с интервалом примерно 7 с. Затем промежутки в чередовании цвета увеличиваются на 2-3 с. Через 2,5 мин колебания прекращаются. Фиксируется повышение температуры до 57°C и размытость в смене окраски раствора. Добавление реагентов способствует возобновлению интенсивности колебаний цвета и продлению реакции.

Таким образом, гипотеза исследования экспериментально подтвердилась. Поскольку в школьной химической лаборатории сульфата церия не бывает, предлагаем два способа получения этого реактива. Так как для начала реакции степень окисления ионов церия принципиального значения не имеет, остановимся на получении сульфата церия (IV).

Первый способ. В школьный набор химических реактивов входит нерастворимый в воде диоксид церия. Действуя на него концентрированной серной кислотой при кипячении, можно получить необходимый реактив:



Образовавшийся ярко-желтый раствор сульфата церия (IV) необходимо выпаривать до появления желтых кристаллов, затем их высушить.

Второй способ. «Кремниевые» стержни зажигалок состоят на 70 % из соединений церия. Растворив стержни нескольких зажигалок в концентрированной серной кислоте при нагревании, можно получить необходимый реагент.

Безусловно, на чистоту эксперимента влияет содержание примесей в реагентах. Кроме того, при работе с концентрированной серной кислотой следует строго соблюдать правила безопасности.

Фронтальная беседа с учащимися, определяющая степень усвоения нового материала

В ходе беседы на занятии химического кружка по результатам исследования учащимися был задан вопрос о влиянии различных факторов на ход колебаний и о возможном повышении наглядности изучаемой колебательной реакции. После соответствующих рассуждений они высказали предположение о замедлении колебаний с понижением температуры и уменьшением концентраций реагентов, что впоследствии было подтверждено экспериментально.

Сложнее оказался вопрос о повышении наглядности. Ответ был найден после подсказки учителя, который напомнил о применении индикаторов для определения pH среды. В данном случае необходим индикатор на присутствие в растворе ионов Ce^{3+} и Ce^{4+} .

Согласно литературным данным таким индикатором является железофенантролин. В присутствии ионов Ce^{3+} данный индикатор окрашивает раствор в красный цвет, а в присутствии ионов Ce^{4+} - в синий.

Способ приготовления индикатора. В 50 мл воды растворяют 1,0 г о-фенантролина, добавляют 5 мл раствора H_2SO_4 (1:3) и 0,8 г соли Мора $(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$. В результате получается комплекс железа с фенантролином.

Итак, учащиеся воспроизвели исторический эксперимент талантливого советского ученого Бориса Павловича Белоусова. Сегодня общепринятое название этого класса химических колебательных процессов- реакции Белоусова- Жаботинского. Число публикаций о них (в основном монографии и фундаментальные теоретические исследования) в научных изданиях измеряется сотнями.

Мы рассматривали механизм исследуемых реакций в упрощенном, доступном для десятиклассников виде. Тем не менее учащиеся ощутили себя причастными к истории увлекательной и одной из самых красивых естественных наук- химии. В итоге у них повышается мотивация к изучению химии, они овладевают элементами научного познания химических явлений. Учащиеся могут осознать проблему, выдвинуть гипотезу, проверить убедительность полученных выводов, в случае необходимости- сформулировать новую проблему и т.д. Реализация представленного подхода повышает теоретический уровень занятий химического кружка, а его организация приближается к постановке научных исследований.

ЛИТЕРАТУРА

1. Проблемы мотивации в преподавании предметов естественно- научного цикла.-СПб.: Изд-во РГПУ им. Герцена, 1998.
2. **Шноль С.Э.** и др. Равнодушное перо рецензента// Химия и жизнь.-1982.- №7.-С.68-70.
3. **Жаботинский А.М.** Концентрационные автоколебания.-М.:Наука, 1974.
4. **Глинка Н.А.** Общая химия.-Л.: Химия, 1967.
5. **Белоусов Б.П.** Периодически действующая редакция//химия и жизнь.- 1982.-№ 7.- С.65-68.
6. **Муштакова С.П.** Колебательные реакции в химии// Соросовский образовательный журнал.- 1997.-№7.-С.31-36.
7. **Чернобельская Г.М., Дементьев А.И., Тригубчак И.В.** Организация обучения с использованием адаптационно- пропедевтической методики// Химия в школе. 2003.№ 2.- С.42-46.