

**Должность: Учитель**

Наименование профессионального стандарта: Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель) [Приказ Министерства труда и социальной защиты РФ от 18 октября 2013 г. N 544н](#)

**Технологическая карта урока**

Кабатова Светлана Васильевна

Класс 11А

УМК/ Химия. 11 класс: учебник для учащихся общеобразовательных организаций /Еремин В.В., Кузьменко Н.Е., Дроздов А.А., Лунин В.В.; под ред. Лунина В.В.– М.: Просвещение, 2023. - 480 с.

Образовательная технология – «Технология поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина».

Предмет Химия

Тема: Катализ и катализаторы.

Тип урока: урок изучения нового материала.

Место и роль урока в изучаемой теме: урок № 25 в разделе «Теоретическое описание химических реакций».

Цель урока: формирование знаний о катализе и катализаторах.

Задачи урока:

*Образовательные:* расширить знания о химических реакциях; сформировать знания об особенностях катализируемой и некатализируемой реакции; рассмотреть механизм действия катализатора, показать практическую значимость изучаемого материала.

*Развивающие:* формировать умения самостоятельно работать с текстом и рисунками, диаграммами, извлекая из них нужную информацию; логически мыслить и оформлять результаты мыслительных операций в устной и письменной речи, развивать умения поиска информации в сети Интернет.

*Воспитывающие:* воспитывать бережное отношение к своему здоровью и здоровью окружающих людей, испытывать чувство гордости за успехи отечественной науки, формировать активную и сознательную позицию к усвоению нового материала, развивать любознательность, совершенствовать навыки самообразования.

### Планируемые образовательные результаты

Предметные знания, предметные действия	Универсальные учебные действия			Личностные
	регулятивные	познавательные	коммуникативные	
Раскрывать на примерах роль химии в формировании современной научной картины мира и в практической деятельности человека, взаимосвязь между химией и другими естественными науками; Устанавливать зависимость скорости химической реакции и смещения химического равновесия от различных факторов с целью определения оптимальных условий протекания химических процессов;	Самостоятельно определять цели, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях, представлять (извлекать) информацию в виде таблиц, схем, диаграмм.	Выстраивать индивидуальную образовательную траекторию учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения; устанавливать причинно-следственные связи в изучаемых явлениях.	Развернуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств	Формирование целостного мировоззрения, соответствующее современному уровню развития науки, значимость науки, готовность к научно-техническому творчеству, владение достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества;

## Ход урока

№	Этап урока	Задача, которая должна быть решена (в рамках достижения планируемых результатов урока)	Формы организации деятельности учащихся	Действия учителя по организации деятельности учащихся	Действия учащихся (предметные, личностные, познавательные, регулятивные, коммуникативные)	Результат взаимодействия учителя и учащихся по достижению планируемых результатов урока	Диагностика достижения планируемых результатов урока
1	Мотивирование на учебную деятельность	<p>Достичь внутреннего настроя на продуктивный диалог:</p> <p>На доске написаны слова русского философа, филолога, историка культуры Михаила Михайловича Бахтина. Прочитайте их. (Один ученик читает вслух.)</p> <p>«Истина не рождается в голове отдельного человека, она рождается между людьми, совместно ищущими истину в процессе их диалогического общения» М.М. Бахтин</p>	Фронтально (2 мин)	Приветствие и обращение к ученикам	<p>Слушают учителя. Читают высказывание и анализируют. Настраиваются на сотрудничество, ставят цели.</p>	Высокая мотивация на учебную деятельность	Наблюдение
2	Актуализация опорных знаний	<p>Актуализировать опорные знания для дальнейшего поэтапного формирования умственных действий (по Гальперину).</p> <p>На прошлом уроке мы с вами познакомились с понятием «скорость химических реакций» и изучили факторы, которые на них влияют. Давайте их вспомним.</p> <p>Кратко вспомним изученный материал. Задание каждой группе придумать вопрос для других учащихся по теме «скорость реакции». Время – 3 минуты.</p> <p>Приступаем к ответам на вопросы.</p>	Работа в парах (5 мин)	<p>Организует работу в группах (пары поворачиваются друг к другу)</p> <p>Слушает ответы обучающихся .</p> <p>Что такое скорость химической реакции?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Запишите формулу для ее нахождения.</li> <li>• Какие факторы влияют на скорость химической реакции?</li> <li>• Охарактеризуйте влияние природы реагирующих веществ на скорость реакции.</li> <li>• Как влияет поверхность соприкосновения на скорость реакции?</li> <li>• Сформулируйте правило Вант-Гоффа о влиянии температуры на скорость реакции.</li> <li>• Как влияет концентрация</li> </ul>	<p>Ведут диалог, коллективное обсуждение в группах, вспоминают изученный материал</p>	Знания актуализированы	наблюдение, слушание

				исходных веществ на скорость реакции?			
2	<p>Постановка цели и задач урока</p> <p>Демонстрация опыта (приложение 1)</p> <p>Запишите уравнение реакции алюминия с йодом.</p> <p>К какому типу можно отнести эту реакцию?</p> <p>Какую роль выполняет вода в этом процессе?</p>	<p>Определить тему урока, цель и задачи</p>	<p>Фронтальная (2 мин)</p>	<p>Слушает ответы обучающихся на вопросы:</p> <p>-Запишите уравнение реакции алюминия с йодом.</p> <p>-К какому типу можно отнести эту реакцию?</p> <p>-Какую роль выполняет вода в этом процессе?</p> <p>тема записывается на доске</p>	<p>Записывают уравнение в тетрадь, отвечают на поставленные вопросы, Формулируют цель и задачи урока</p>	<p>Предлагают свои варианты темы, обсуждают, записывают наиболее оптимальный вариант</p>	<p>Записи в рабочих тетрадях</p> <p>Наблюдение за работой класса</p>
3	<p>Изучение нового материала</p>	<p>Послушать краткое сообщение Приложение 2 (индивидуальная домашняя работа)</p> <p>1) Записать основные сведения</p> <p>Какие проблемы возможно решить с помощью катализаторов?</p> <p>Какова функция катализатора и ингибитора?</p> <p>2) Ответить на вопросы</p> <p>«Какова роль личности в науке?»</p> <p>«Влияет ли общество на научные достижения?»</p> <p>«От чего зависит технологический прогресс?»</p>	<p>Индивидуальная работа (7 мин)</p> <p>Фронтально, работа в парах</p>	<p>Осуществляет контроль за работой обучающихся.</p>	<p>Моделируют и формулируют ответы, обсуждают в парах. Делают записи в тетради</p>	<p>1) В тетрадях записи.</p> <p>2) Ответы на вопросы</p>	<p>оценивание деятельности группы и индивидуально каждого (по возможности)</p>

		<p>Демонстрация 2.</p> <p>Развернуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств</p>	(5 мин)	<p>Рассмотрим еще одну химическую реакцию.</p> <p>В две пробирки помещаем перманганат калия, щавелевую кислоту, серную кислоту, всё перемешиваем. В один цилиндр помещаем в качестве катализатора сульфат марганца, перемешиваем.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Каков механизм действия катализатора?</li> <li>2. Что такое гомогенный и гетерогенный катализ?</li> <li>3. Что вам известно об активности и селективности катализатора??</li> </ol> <p>Какие выводы мы можем сделать по результатам данного опыта?</p> $2 \text{KMnO}_4 + 5 \text{H}_2\text{C}_2\text{O}_4 + 3 \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2 \text{MnSO}_4 + \text{K}_2\text{SO}_4 + 10 \text{CO}_2 + 8 \text{H}_2\text{O}$	<p>Ученики делают вывод:</p> <p>(Реакция в присутствии катализатора сульфата марганца идет намного быстрее. Данная реакция – пример гомогенного катализа.)</p>	<p>Умение обобщать, делать вывод</p>	<p>Наблюдение</p>
--	--	---	---------	---	--	--------------------------------------	-------------------

	<p>Проверка первичного усвоения знаний</p>	<p>Проверить первичное усвоение изученного материала и умение устанавливать зависимость скорости химической реакции и смещения химического равновесия от различных факторов с целью определения оптимальных условий протекания химических процессов;</p>	<p>Индивидуально  Работа в группе (5 мин)</p>	<p>Учитель даёт задание: «На доске и в раздаточном материале у вас на столах в задании 1 записаны 3 уравнения реакций. Определите вид катализа по заданному уравнению.</p> $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \xrightarrow{\text{NO}} 2\text{SO}_3 \text{ (гомогенный – все газы)}$ $4\text{NH}_3 + 5\text{O}_2 \xrightarrow{\text{Cr}_2\text{O}_3} 4\text{NO} + 6\text{H}_2\text{O} \text{ (гетерогенный – оксид хрома твердый)}$ $\text{CuO} + 2\text{HCl} = \text{CuCl}_2 + \text{H}_2\text{O} \text{ (некаталитическая реакция)}$	<p><i>Выполняют задания</i> Моделируют и формулируют ответы. Осуществляют самопроверку. Осознают важность данной темы. Самооценка результатов деятельности.</p>	<p>Проведена самопроверка с использованием ключей (на экране)</p>	<p>Оценивание</p>
	<p>Закрепление</p>	<p>Развернуто, логично и точно излагать свою точку зрения с использованием адекватных (устных и письменных) языковых средств; представлять (извлекать) информацию в виде таблиц, схем, диаграмм</p>	<p>Индивидуально</p>	<div data-bbox="987 708 1314 970" data-label="Figure"> <p>Влияние катализатора (K) на энергию активации (<math>E_a</math>) реакции <math>A+B \xrightarrow{K} AB</math></p> <p>Э</p> <p><math>E_a</math></p> <p><math>E'_a</math></p> <p>Ход реакции</p> <p><math>A \cdots K \cdots B</math> – каталитический комплекс</p> <p>без катализатора</p> <p>с катализатором</p> </div> <p>Каким образом катализатор влияет на скорость реакции? Рассмотрим механизм действия катализатора на примере гомогенного катализа Сейчас мы обратимся к графику в 3 задании. Внимательно рассмотрите график. Вспомните, что называется энергией активации. Какие характеристики показаны на осях? Расскажите по графику о влиянии катализатора на протекание реакции. (Время для работы в группе – 2 минуты) (Катализатор увеличивает скорость</p>	<p>Индивидуальный опрос</p>	<p>Ученики отвечают, излагают свои выводы</p>	<p>замечания, уточнения, оценка</p>

				реакции за счет того, что снижает энергию активации.)			
--	--	--	--	---	--	--	--

5	Применение знаний	Формирование целостного мировоззрения, соответствующее современному уровню развития науки, значимость науки, готовность к научно-техническому творчеству,	Работа в парах  (5 мин)	<p>Задания для учеников: За счет чего именно идет снижение E активации? Рассмотрим опыт.</p> <p><b>ДЕМОНСТРАЦИЯ 3.</b> В химическую колбу наливаю пероксид водорода.</p> <p>Почему перекись водорода нужно хранить в прохладном темном месте? (нагревание и освещение ускоряют разложение перекиси) Запишите уравнение реакции разложения пероксида водорода. (1 пишет на доске) Добавляю дихромат калия – катализатор, ускоряющий разложение перекиси.</p> <p>Ребята, не противоречит ли увиденное нами изменение цвета раствора дихромата калия тому, что катализатор остается неизменным?</p> $2\text{Cr}_2\text{O}_7 + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2[\text{Cr}_2\text{O}_7 * \text{H}_2\text{O}_2] - \text{промежуточное соединение}$ $\text{K}_2[\text{Cr}_2\text{O}_7 * \text{H}_2\text{O}_2] + \text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 + 2 \text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$	<p>Выполнение заданий в формате ЕГЭ (по карточкам):</p> <p><i>Личностные:</i> мотивация учебной деятельности; умение соблюдать дисциплину на уроке, уважительно относиться к учителю и одноклассникам.</p> <p><i>Познавательные:</i> выделение необходимой информации; анализ компонентов с целью выделения особенностей.</p> <p><i>Регулятивные:</i> умение организовать выполнение заданий учителя.</p> <p><i>Регулятивные:</i> умение организовать выполнение заданий.</p>	<p>Ученики убедились, что данный опыт подтверждает теорию промежуточных соединений для объяснения механизма действия катализаторов. Согласно этой теории, катализатор вступает в реакцию с исходным веществом с образованием промежуточного продукта. Но к концу реакции катализатор восстанавливается в исходном состоянии.</p>	<p>Наблюдение, слушание, обсуждение, корректировка ответов и оценивание работы обучающихся</p>
---	-------------------	---	-------------------------------	---	---	--	--

		Устанавливать причинно-следственные связи в изучаемых явлениях.		Лабораторный опыт №9. (инструктивная карта в учебнике) «Получение кислорода разложением пероксида водорода с помощью оксида марганца (IV) и каталазы сырого картофеля». Об одном катализаторе мы сегодня уже узнали – дихромат калия. Существуют и другие неорганические катализаторы, разлагающие перекись при обычных условиях, а также - фермент живых клеток – каталаза, оказывающая аналогичное действие. У вас есть инструкция по проведению опыта. Вспомним правила ТБ при работе со спиртовкой, реактивами.	Таблица на с. 139 учебника. Далее – выполнение работы. Отчет о проделанной работе. Сравните эффективность действия различных катализаторов на процесс разложения перекиси водорода. Приходят к выводу: Ферменты Катализаторы влияют на скорость реакций не только в созданных человеком условиях, но и в живых клетках. Это ферменты. Сообщение учащегося. Задание ученикам: Отметить в тетради что такое «фермент», условия действия ферментов, свойства ферментов.	Проведение работы в парах	Наблюдение, оценка лабораторных умений, соблюдение ТБ.
6	Домашнее задание	Выстраивать индивидуальную образовательную траекторию учитывая ограничения со стороны других участников и ресурсные ограничения; владение достоверной информацией о передовых достижениях и открытиях мировой и отечественной науки, заинтересованность в научных знаниях об устройстве мира и общества;  Домашнее задание. Учебник Еремин В.В.– 293-	Фронтально  (3 мин)	Текст заданий - на экране. Учитель предлагает одно из творческих заданий на выбор (мини-проект).  1) Приведите примеры используемых в быту каталитических реакций. Назовите вещество, которое выполняет в них роль катализатора, и укажите тип катализатора. 2) Приготовить сообщение о нанокатализаторах. 3) Что такое промоторы? Где они применяются? Примеры промоторов. 4) Что такое каталитический яд?	Ученики осознают, что уже усвоено и что ещё подлежит усвоению. При необходимости предлагаю ученикам источники информации для творческих заданий: <a href="http://www.xumuk.ru/bs/e/1231.html">http://www.xumuk.ru/bs/e/1231.html</a>  <a href="http://center.fio.ru/vio/vio_22/resource/Print/article/1_16.htm">http://center.fio.ru/vio/vio_22/resource/Print/article/1_16.htm</a>  <a href="http://festival.1septembe">http://festival.1septembe</a>	Текст заданий - на экране Ученики делают выбор исходя из собственных ресурсов	Наблюдение, поощрение, поддержка

		<p>298с., №1, 2,6 с.298  Дополнительное задание – творческое (повыбору).  Указать источник, из которого вы берете информацию.</p>		<p>Привести примеры. Как защитить катализатор от действия каталитических ядов?  5) Какое значение имеет катализ? Приведите примеры его использования в разных отраслях промышленности.  6) Охарактеризуйте сущность теории промежуточных соединений в механизме работы катализатора.  7) Что такое ингибиторы? Приведите примеры. Для каких реакций требуется использование ингибиторов?  8) Приготовить сообщение о катализаторе – платине.  9) Написать стихотворение о катализаторах (ферментах).  10) Приготовить сообщение о пищеварительных ферментах организма человека.  11) Найдите в сети Интернет сказку о катализаторах. Проиллюстрируйте ее.  12) Какие стиральные порошки содержат ферменты (энзимы)? Почему нужно придерживаться строго определенного интервала температур при стирке данными порошками?  13) Исследуйте, в каких свежих овощах и фруктах содержится фермент каталаза, расщепляющий перекись водорода.</p>	<p><a href="http://h2o.usonic.ru/teor/teors/6.1.5.htm">r.ru/articles/314245/  http://h2o.usonic.ru/teor/teors/6.1.5.htm</a>  <a href="http://info.tatcenter.ru/science/57473.htm">http://info.tatcenter.ru/science/57473.htm</a>  <a href="http://him.1september.ru/2003/30/13.htm">http://him.1september.ru/2003/30/13.htm</a></p>		
--	--	---	--	---	---	--	--

7	Рефлексия	Самостоятельно определять цели, ставить и формулировать собственные задачи в образовательной деятельности и жизненных ситуациях и адекватно оценивать их достижение	Фронтально (5 мин)	<p><i>Вопросы классу:</i></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Какие цели мы ставили на уроке?</li> <li>2. Какие ранее изученные понятия мы использовали для приобретения новых знаний?</li> <li>3. Какие понятия мы сегодня узнали?</li> <li>4. Что было наиболее сложным для вас на уроке?</li> <li>5. Что было наиболее интересным?</li> <li>6. Что больше всего вызвало у тебя затруднения? Почему?</li> <li>7. Как в жизни мы можем применить знания, полученные сегодня?</li> <li>8. Предположите, что мы будем изучать на следующем уроке? Обоснуйте свой ответ.</li> </ol>	<p><i>Личностные:</i> самооценка, адекватное понимание причин успехов и неудач.</p> <p><i>Познавательные:</i> рефлексия способов и условий действия, контроль и оценка процессов результатов деятельности.</p> <p><i>Коммуникативная:</i> выражение своих мыслей полно и точно, формулирование и аргументация своего мнения, учёт разных мнений.</p>	Заслушиваются ответы на вопросы. Логическое обоснование решенных задач урока	Наблюдение, слушание, фиксация результатов, оценивание, похвала.
---	-----------	---	--------------------	---	--	--	--

Самоанализ урока	<p>При проведении урока я использовала современные образовательные технологии в соответствии с требованиями ФГОС СОО. Урок построен в рамках системно-деятельностного подхода. Используя технологию поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина, мне удалось подвести учеников к формулированию правильных выводов. Содержание учебного материала и виды работы, используемые на уроке, были направлены на поддержание познавательной активности учащихся на протяжении всего урока.</p> <p>В начале урока была создана учебная ситуация, ответив на вопрос которой, ребята самостоятельно предлагали свои варианты темы, цели и задач урока. После обсуждения была четко сформулирована тема и цели урока, которые были записали на доске и в тетрадях. Анализ целеполагания крайне важен, ведь именно от целей и задач урока зависит выбор методик и организация всех последующих этапов занятия. Чтобы добиться цели урока, я подобрала вопросы, задания, соответствующие возрастным особенностям. На уроке проводился демонстрационный и лабораторный эксперимент, что позволило на практике убедиться в особенностях каталитических процессов, закрепить технику проведения.</p> <p>Для активизации познавательной деятельности на уроке были использованы разные формы работы: фронтальная, индивидуальная, парная, групповая. Работа в парах и группах позволяет научить школьников планировать свою работу. Совместные разнообразные взаимодействия обучающихся на уроке, позволяют им обсуждать, открывать и изучать новое, проверять себя и других. Такие формы работы позволяют преодолевать неуверенность в себе, считаться с мнением окружающих и учиться находить компромисс при решении спорных вопросов.</p>
------------------	--

На протяжении всего урока оценивалась деятельность работы группы и индивидуально каждого ребенка. Ребята получали поощрения в виде похвалы или получали замечания за организацию своей деятельности.

В конце урока проведена рефлексия, в процессе которой ребята анализировали собственную деятельность, выделили проблемы и трудности, а так же наметили пути их преодоления. Полученные знания были связаны с жизненным опытом. Самооценка и взаимооценка поддерживает и стимулирует учащихся; обеспечивает точную обратную связь; позволяет учащимся включиться в самостоятельную оценочную деятельность.

Избранное сочетание словесных, наглядных и практических методов и электронных средств обучения является на уроке оптимальным для данного класса.

В результате организации такой деятельности на уроке, у ребят формируются не только предметные, но метапредметные результаты, которые отражены в конспекте урока.

Ребята и я получили удовлетворение от урока. Цели достигнуты. Задачи выполнены.

ДЕМОНСТРАЦИЯ 1. (Al + I<sub>2</sub>)

Рассмотрим такой пример. В пробирке и ступке находится смесь порошков иода и алюминия. Охарактеризуйте, пользуясь таблицей Менделеева и рядом напряжений металлов, их химическую активность. (Алюминий – достаточно активный металл, иод – галоген, для завершения слоя которому необходим всего один электрон.)

Запишите на доске и в тетрадях уравнение реакции их взаимодействия.  
(На доске ученик записывает уравнение)

Однако, сейчас мы не наблюдаем никаких признаков реакции. Добавлю капельку воды. Мы наблюдаем возгонку иода. Алюминий в присутствии воды стал взаимодействовать с иодом, эта реакция сопровождается большим выделением тепла, что приводит к испарению части иода.

Сейчас мы с вами наблюдали изменение скорости взаимодействия алюминия и иода в присутствии воды. Подобные явления носят название «катализ».

Запишем в тетрадях определение катализа.

**КАТАЛИЗ** – изменение скорости химической реакции в присутствии веществ - катализаторов, которые участвуют в реакции, но не входят в состав продуктов.

Вода в данной реакции играет роль катализатора, изменяющего скорость реакции.

Найдите в учебнике определение термина «катализатор», прочитайте его. Сравните с термином, который нам ранее был известен. Какое есть отличие в формулировке?

Это название произошло от лат. «katalysis» - разрушение, разложение. С помощью катализатора происходит как бы разрушение длинного пути, который предстояло пройти исходным веществам, пока они не превратятся в продукты реакции.

Закройте учебники. Пользуясь определением «катализа», дайте свое определение «катализатора». Запомните его.

**КАТАЛИЗАТОР** – вещество, изменяющее скорость химической реакции, но остающееся неизменным после того, как химическая реакция заканчивается.

Более 70% всех химических превращений веществ, а среди новых производств более 90% осуществляется с помощью катализаторов.

Как в уравнении реакции обозначается катализатор?

Все реакции по наличию катализатора делятся на 2 группы. Обсудите в парах и закончите схему на основе имеющихся у вас знаний.

Реакции (по наличию катализатора)

(Каталитические–  
реакции с участием катализаторов)

(Некаталитические–  
реакции без участия катализаторов)

(Один учащийся отвечает)

## ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ КАТАЛИЗА В РОССИИ

Катализ является одним из наиболее распространённых в химической практике методов ускорения химических реакций. Первые научные сведения о нем относятся к началу 19 в. В 1806 французские химики Н. Клеман и Ш. Дезорм открыли каталитическое действие оксидов азота на окисление сернистого газа в процессе получения серной кислоты. (На доске уравнение реакции, фамилии ученых) За этим последовало открытие и ряда других примеров резкого положительного действия веществ на скорость или возникновение химических реакций. В 2007г немецкому ученому Герхарду Эртлю (Gerhard Ertl), который исследовал химические процессы на твердых поверхностях и внес значительный вклад в понимание природы катализа была присуждена Нобелевская премия по химии.

Открытие явления катализа можно отнести к одному из величайших достижений химической науки, послужившей развитию всей современной химической технологии. Как полагают некоторые ученые, явление катализа могло иметь решающее значение в процессе возникновения жизни [12]. Без каталитической химии сегодня трудно представить химическую промышленность, в которой более 90 % всех процессов - каталитические процессы [4].

Подбор и совершенствование катализаторов позволяет значительно развивать химическую промышленность России [1, 8]. Значительные открытия в области промышленного катализа в «веке нефтехимии» (XX веке) порой затмевают масштабностью внедрения фундаментальных и прикладных открытий предшествующего века. Целью данной работы является обозначить основные факты в открытии и развитии катализа в России XIX века, позволившие заложить основу многих химических процессов.

Первые сообщения о синтезах серного эфира и этилена из этанола с применением кислотных катализаторов относятся к XVI-XVII векам, однако, отправной точкой в истории развития катализа можно считать XIX век. Достаточно сказать, что катализом занимались почти все выдающиеся физики и химики XIX в.

Вторая половина XIX в. характеризуется в России бурным развитием катализа, во многом это было обусловлено реформенным преобразованием высшей школы в России. Однако представляет интерес и период первой половины XIX в., характеризуемый поисками научной истины и познанием каталитических процессов как таковых. Несомненно, что работы отечественных ученых не только основывались на зарубежном опыте, но и перенимались европейскими исследователями.

Французские химики Н. Клеман и Ш. Дезорм, разрабатывая процесс получения серной кислоты при сжигании серы, обнаружили, что образующийся диоксид серы окисляется лишь в присутствии селитры, при нагревании которой выделяются оксиды азота. При этом оксиды азота не расходуются в химических реакциях. Клеман и Дезорм показали, что ускорить процесс можно без использования селитры, прибавляя лишь газообразный диоксид азота к смеси диоксида серы, воздуха и водяных паров. Свои результаты Клеман и Дезорм опубликовали в 1806 г. [10]. Для обоснования открытия они выдвинули теорию, согласно которой кислород в диоксиде азота находится в более активной форме для окисления сернистой кислоты, чем кислород воздуха. В соответствии с этим окиси азота была отведена роль переносчика кислорода [2].

В России XIX в. главным центром научных исследований являлась Императорская Академия наук в Санкт-Петербурге. Именно здесь в 1811 г. российский химик немецкого происхождения К. Кирхгоф представляет три образца сахара и сахарного сиропа, полученных из картофельного крахмала [9]. Он обнаружил способность разбавленной серной кислоты вызывать превращение крахмала в сахарозу и, далее, в глюкозу. Через три года он установил, что эта реакция может протекать и в присутствии ячменного солода. Кирхгоф детально изучил влияние концентрации кислоты и температуры на скорость гидролиза крахмала, определил оптимальные параметры реакции.

Значение результатов его исследований того времени было велико не только в отношении развития химической технологии, но и в отношении государственных задач того времени. В России остро стояла проблема получения пищевого сахара на базе отечественного сырья. Над этой проблемой трудились и другие ученые, например, академик Т. Ловиц (учитель Кирхгофа) и преподаватель Московского университета И.Я. Биндгейм.

На следующий год после представления результатов своей работы К. Кирхгоф избирается экстраординарным академиком Петербургской Академии наук и одновременно награждается орденом св. Анны II степени, становится членом американской Бостонской Академии, а позже - членом Венского экономического общества и Падуанской Академии наук.

Во время проведения своих исследований при гидролизе пшеничной муки Кирхгоф впервые осуществил ферментативное превращение крахмала в сахар. Позднее результаты этой работы легли в основу работ не только производственников и русских ученых (А.А. Колли и Н.А. Бунге), но и Пайена и Персо, выделивших в 1833 г. фермент амилазу.

Несомненной заслугой Кирхгофа является констатация особой роли серной кислоты в реакции гидролиза. Он обнаружил, что ее количество после превращения крахмала остается неизменным. Одновременно им была выдвинута идея о воздействии серной кислоты на процесс гидролиза аналогично воздействию теплоты на ряд реакций [2].

Началом сознательного применения металлов для ускорения химических реакций считают работы Л. Тенара, братьев Э. и Г. Дэви и И. В. Деберейнера (1813-1823 гг.).

Л. Тенар осуществил серию экспериментов по разложению аммиака в присутствии различных металлов. Открыв в 1818 г. пероксид водорода и изучая в течение нескольких лет его свойства, он обнаружил, что многие твердые вещества вызывают разложение пероксида водорода.

В 1817 г. Э. Деви приготовил мелкоизмельченную платину - «платиновую чернь», в присутствии которой пары спирта и эфира окислялись кислородом (беспламенное горение). Данные опыты впоследствии продолжил И.В. Деберейнер (Германия), окислив спирт до уксусной кислоты в присутствии платины. В 1823 г. он обнаружил еще одно своеобразное свойство платины - в ее присутствии самопроизвольно загорался водород. Так была открыта способность губчатой платины катализировать химические реакции.

Другой не менее известный в истории катализа ученый - Й.Я. Берцелиус, будучи секретарем Королевской шведской академии наук и иностранным почетным членом Петербургской Академии наук, определил тогда открытие Деберейнера как самое блестящее открытие года.

Параллельно исследованиям влияния металлов на изменения органических соединений М. Фарадей (Великобритания) исследовал влияние примесей на каталитические функции платины [2].

С этого момента явление катализа стало объектом науки и основой каталитических методов проведения химических реакций. В последующие годы были найдены и другие примеры резкого ускорения химических реакций в присутствии некоторых веществ (Й.Я. Берцелиус, Ю. Либих, Э. Митчерлих, К.Л. Бертолле, К. Кюльман и др.). Учеными уже констатировалось, что поверхность твердых тел, или само твердое тело, может являться активатором реакции. Большая часть первых гипотез катализа ограничивало каталитическое влияние агента рамками только физического воздействия на ход реакций. Эти гипотезы подчеркивали, что любое химическое изменение реагентов протекает по законам стехиометрии. Однако единого представления о катализе не существовало вплоть до 30-х гг. XIX в., несмотря на то, что конечной целью всех этих объяснений был поиск причин неучастия масс катализатора в стехиометрических уравнениях [2].

Первые обобщения фактов каталитического действия были сделаны Л. Митчерлихом и Й.Я. Берцелиусом в 1834-1835 гг. [5]. В 1834 г. Митчерлих впервые объединил каталитические процессы под название контактных реакций: когда исходные вещества не подвергаются изменениям в своей химической природе, но в присутствии небольших количеств внесенного в них контактного материала претерпевают химическое превращение. А уже спустя год, в 1835 г., Берцелиус, обобщив накопленный опыт, предложил иной путь рассмотрения каталитических реакций. Именно он предложил термин «катализ» (от греческого «каталисис» - разрушение) для обозначения явлений нестехиометрического вмешательства «третьих тел», катализаторов, в химические реакции. Влияние небольшой добавки, не участвующей в реакции, на ход этой реакции было непонятно химикам XIX века. По мнению Берцелиуса, «каталитическая способность» (каталитическая активность в современном понимании) многих как простых, так и сложных тел в твердом виде и форме раствора, является одним из проявлений электрохимических отношений материи. Большой заслугой Берцелиуса для выработки предпосылок возникновения кинетики и для ее становления явилось то, что он сумел обобщить проведенные ранее исследования вне стехиометрического влияния веществ на различные реакции и объединить все эти процессы общностью причины каталитической силы [3], Берцелиус называл каталитическую силу «причиной химического действия» и выдвинул тезис о «тысячи каталитических реакций в организме».

Хотя Берцелиус не смог найти единого объяснения механизмов «каталитических процессов», содержащиеся в его работе обобщения (ограничение каталитических процессов, а также показ широкой

распространенности и специфики каталитических превращений), способствовали более деятельному ограничению механизмов каталитических реакций.

Иначе, чем Берцелиус, рассуждал немецкий химик Ю. Либих. В 1839 г. с теоретическими выводами в области катализа выступил Ю. Либих, предложивший объяснение природы этого явления, связанной с постепенным изменением сродства реагирующих веществ. В своем труде [13] он указывал, что «[причина катализа] заключается в способности, которой обладает тело, находящееся в состоянии разложения или соединения, т.е. в состоянии химического действия, - в способности вызывать в другом соприкасающемся с ним теле такую же химическую деятельность, или делать его способным претерпевать то же изменение, которое оно испытывает само».

Таким образом, Либих связывал отклонение от стехиометрии с непрерывностью химического взаимодействия, начатого под действием этих причин, считая, что катализатор при этом остается химически неизменным. Теория Либиха явилась обобщением формальных физических (действие химически неизменного катализатора) и химических (стехиометрических) представлений о механизме каталитических превращений.

Указанные подходы к объяснению первопричины катализа быстро распространились в России русскими химиками, стажировавшимися у Ю. Либиха в Гиссене в 1830-1840-е гг.

Среди русских химиков, развивших теорию Либиха, был А.И. Ходнев. В 1852 г. он опубликовал статью под названием «Каталитические явления», в которой выступил против самой идеи катализа [2]. Катализ он рассматривал через призму обычных химических реакций, обосновывая каталитические эффекты образованием интермедиатов. Однако именно эти рассуждения об образовании промежуточных веществ послужили новым толчком в создании современной теории катализа. Спустя три года сам Ходнев признал общность различных каталитических процессов и их отличие от обычных химических реакций.

Вплоть до 80-х г. XIX в. катализ изучался преимущественно в органической химии. Однако состояние каталитических процессов органических веществ в дореволюционной России не отвечало развитию русской химии, которая для своего времени была одной из передовых в мире [11].

К числу ранних обобщений в области катализа необходимо отнести работы другого ученика Ю. Либиха, русского ученого Н.Н. Зинина. В своих работах, исследуя получение бензоина конденсацией бензальдегида в присутствии специфического катализатора цианистого калия, он отметил своеобразность каталитических процессов, отличающих их от других химических реакций. Как и его учитель, Зинин считал, что причина катализа состоит в изменении сродства реагента при контакте с катализатором за счет молекулярных флуктуаций [2].

В 1842 г. Н. Н. Зинин открыл превращение нитробензола в анилин. Эта реакция легла в основу анилиноокрасочной промышленности - одной из самых быстроразвивающихся отраслей тяжелого органического синтеза. Открытие Зинина поставило индустрию красителей на синтетическую базу, и, как отмечал выдающийся современник Зинина немецкий химик А.В. Гофман, одного этого достаточно, чтобы имя Николая Николаевича Зинина было золотыми буквами вписано в историю химии [7].

Наряду с внедрением в промышленность каталитических технологий, начинают проясняться вопросы выявления механизма каталитического воздействия [6]. Наибольшего своего пика мнения относительно природы катализа достигают уже во второй половине XIX в. вместе с развитием всей науки страны.

#### Рецензенты:

Даминев Р.Р., д.т.н., профессор, заведующий кафедрой общей химической технологии, филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке, г. Стерлитамак.

Дмитриев Ю.К., д.т.н., профессор кафедры общей химической технологии, филиал ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный нефтяной технический университет» в г. Стерлитамаке, г. Стерлитамак.

Библиографическая ссылка

Каримов О.Х., Каримов Э.Х., Касьянова Л.З., Идрисова В.А., Быковский В.С., Вахитова Р.Р. ИЗ ИСТОРИИ РАЗВИТИЯ КАТАЛИЗА В РОССИИ ПЕРВОЙ ПОЛОВИНЫ XIX ВЕКА // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 1.