



Водород и его получение из воды

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
ПО ОРГАНИЗАЦИИ УРОЧНОЙ И ВНЕУРОЧНОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В РАМКАХ МОДУЛЯ

АВТОР УРОКА:

Е.В. Золотухина

Д.Х.Н. ГЛ.Н.С.

Для возраста

9-11 класс

Трудоемкость

2 часа



htweek.ru

Введение в технологию

Переход на экологические и ресурсосберегающие технологии производств начался в конце 90-х годов прошлого века. В начале XXI века начался новый энергопереход - четвертый, связанный с использованием в качестве топлива водорода (исторически: уголь-нефть-газ-водород). Технологии получения и использования водорода в качестве накопителя энергии и топлива являются в настоящее время наиболее востребованными. Наиболее "экологически чистым", как говорится, "зеленым" с этой точки зрения является водород, получаемый электролизным способом в ходе использования избыточной энергии от ветро- и солнечных электростанций в период перепроизводства электроэнергии. Водород, производимый таким способом, фактически, выступает в роли накопителя энергии в химически связанном виде, которую можно далее извлечь, используя его как топливо в специальных устройствах преобразования энергии - топливных элементах (низко- или высокотемпературных). Батареи топливных элементов установлены и на современных высокоэкологических транспортных средствах (самое известное – Тойота Мирай, водоробусы).

Еще раз подчеркнем, что преимущества способа получения водорода путем электролиза воды (практически неисчерпаемого земного ресурса) и его последующего использования в качестве топлива в батареях топливных элементов является самой экологичной из известных технологий, поскольку при электролизе воды выделяются водород и кислород, а при использовании водорода в качестве топлива с кислородом в качестве окислителя, образуется единственный продукт - чистая вода.

Рекомендуем почитать новостные сюжеты и посмотреть описания проектов, которые выложены на сайте www.nprenergy.ru

В мире известны три типа электролизных установок для получения водорода из воды: щелочные электролизеры, электролизеры на протонообменных мембранах (низкотемпературные электролизеры) и электролизеры на твердооксидных электролитах (высокотемпературные электролизеры). В России под эгидой госкорпорации Росатом промышленно выпускаются самые неэкологичные из перечисленных типов электролизеров – щелочные, поскольку они используют высококонцентрированные едкие растворы щелочей. Но уже в течение двух лет в компании ООО "Поликом" (г. Черноголовка) изготавливаются под заказ первые российские электролизеры для производства водорода на основе протонообменных мембран, которые используют чистую воду для

производства и не содержат едких электролитов, работают при низких температурах. Есть решения и для высокотемпературных электролизеров, но затраты энергии на их работу гораздо выше, так как там электролизу подвергается перегретый водяной пар (600-1000 °С). Для использования водорода в качестве топлива начали производиться батареи топливных элементов (компанией ООО ИнЭнерджи), а для электротранспорта их готов применять ПАО КАМАЗ и уже применяет ООО Эвокарго.

Технологии производства водорода новыми типами электролизеров и производства топливных элементов для использования водорода в качестве топлива для России новая, только развивается, но развивается она быстрыми темпами, и вскоре можно будет судить об объеме рынка, который она охватит. В настоящее время электролизный водород используется для охлаждения роторов на ГЭС.

Основные разработки ведутся в ФИЦ ПХФ и МХ РАН, г. Черноголовка, а также в организациях, входящих в консорциум Центра компетенций НТИ по технологиям новых и мобильных источников энергии при данном ФИЦ. ФИОП участвовал в качестве заказчика образовательной программы по цифровому моделированию функциональных элементов электролизеров производства водорода из воды с целью подготовки кадров и ускорения разработок в данной области.

Урок 1

Мотивационная часть (5 минут)

Давайте посмотрим видео

Видео про получение электроэнергии:

<https://www.youtube.com/watch?v=ETRLS4p0N7E>

1) Какие виды энергии преобразуются друг в друга? Какие еще способы преобразования и получения электроэнергии сейчас используют? Какие есть недостатки у традиционных способов получения электроэнергии? Зачем нужны альтернативные способы получения электричества? Какие альтернативные способы вам известны?

Обсуждение 7-10 мин

Демонстрируются схемы, в которых отражена работа ТЭС, а также используемое топливо для ТЭС и выделяемые в окружающую среду продукты.

2) Что можно делать с "лишней" электроэнергией, которая вырабатывается в периоды малого потребления?

В презентации показывается график потребления электроэнергии, показываются периоды, когда потребление низкое и, соответственно, энергия "перепроизводится"

Обсуждение

*Примечание: в ходе обсуждения формируется понимание факта, что энергию надо каким-то образом запасать и хранить, школьники могут высказывать суждения на счет возможностей накопления, запасаания и хранения энергии - **5 мин***

Давайте посмотрим видео про один из современных способов преобразования, запасаания и хранения электроэнергии

Видео <https://youtu.be/ofLXw3qvAco>

3) Какую роль играет водород? Какие виды энергии здесь преобразовывались друг в друга? Какой способ получения водорода применялся в видео? Можно ли водород непосредственно использовать как топливо? Какие Вы можете назвать примеры использования водорода как топлива?

*Обсуждение **7-10 мин***

Постановка познавательной проблемы 10 мин

Разделитесь на 2 группы.

Используя флип-чарты или альбомные листы, составьте блок-схему преобразования энергии, продемонстрированную в видео. Какие еще способы получения водорода для топливного элемента вы можете предложить?

Составление схемы с предложением альтернативных способов получения водорода

Фиксация результатов с сопоставлением со схемой из презентации (схема из презентации открывается только после выполнения задания учениками)

Какие из предложенных вами вариантов получения водорода можно осуществить в комнатных условиях без затраты электроэнергии?

Ответы учеников

Какие металлы способны вытеснять водород из воды при химическом взаимодействии?

Ответы учеников

Проверьте свои заключения по металлам по ряду окислительно-восстановительных потенциалов металлических электродов в водородной шкале (ряд напряжений металлов)

Вместе с учащимися формулируем вывод о возможности получения водорода химическим способом и электрохимическим из воды. Обсуждаются продукты реакции, кроме водорода.

Обратная связь (5 минут)

Текст для учителя: Водород является веществом, способным к хранению энергии в химически связанном виде, он же способен выдавать энергию в процессе его окисления как топлива. Даже в отсутствии электроэнергии можно получить водород из воды, используя химические свойства веществ, но вода при этом будет менять свои свойства из-за образующихся продуктов. К электрохимическим способам получения водорода относится способ электролиза воды и водных растворов электролитов, но есть и иная возможность получения водорода, без приложения внешнего источника электроэнергии, а именно, путем составления контактной пары из двух металлов: активного, имеющего потенциал отрицательнее водородного электрода и менее активного, имеющего потенциал более положительный. Такая контактная пара называется гальвано-парой.

Постановка задачи: посмотрите на видео пример образования такой пары из платины и алюминия.

Видео <https://youtu.be/c7TryzEAgdM>

Какие процессы при этом происходят? Запишите их. Почему на алюминии и платине без их контакта не происходит выделение водорода?

Ответы учеников.

Посмотрите на процессы, показанные в презентации. Оцените, правильно ли вы записали свои?

Демонстрируется слайд презентации с процессами на металлах при образовании гальвано-пары.

На следующем уроке вы попробуете провести разные эксперименты по получению водорода химическим и электрохимическими способами и сравнить эти способы между собой.

Урок 2

Мотивационная часть (10 минут)

На прошлом уроке мы познакомились с разными вариантами получения водорода из воды - химическим и электрохимическим - в ходе электролиза и путем образования гальванопары из двух металлов с разными потенциалами.

Давайте еще раз посмотрим видео выделения водорода при образовании гальванопары.

Видео <https://youtu.be/c7TryzEAgdM>

Почему в видео используется раствор кислоты, а не чистая вода? Почему алюминий не вытесняет водород из водного раствора кислоты без образования гальванопары?

Обсуждение (ученики должны использовать знания о свойствах активных металлов - взаимодействие с кислородом воздуха или растворенным в воде, в результате которого алюминий покрывается плотной оксидной пленкой, защищающей от взаимодействия с компонентами окружающей среды и воздуха. Учитель может подсказать, что кислота нужна для увеличения концентрации протонов в воде, для ускорения реакции выделения водорода)

Чем этот способ отличается от химического? А от электролизного?

Ответы учеников (ученики должны сделать вывод, что при химическом взаимодействии металл сам вытесняет водород из воды или водных растворов кислот или щелочей, а при электролизном нам нужен источник внешнего тока, чтобы водород начал выделяться из воды на электроде).

Сейчас вы попробуете самостоятельно придумать и составить системы для получения водорода из воды. Для этого разделимся на 3 группы.

Разделение учащихся на группы. "Химики", "Гальваники", "Электрохимики"

Постановка познавательной проблемы

У каждой группы есть все реагенты, чтобы получить водород из воды. Каждый из вас должен добиться выделения водорода, подобрать и описать условия, при которых оно происходит, записать наблюдения и предложить объяснение подобранным условиям.

Каждой группе выдается один и тот же набор реагентов и материалов. Группы должны самостоятельно подобрать условия получения водорода способом, соответствующим названию группы.

Набор реагентов и материалов:

<i>Наименование</i>	<i>Вид</i>
<i>Медь</i>	<i>Стержни или пластины, очищенные от оксидов и солей</i>
<i>Алюминий</i>	<i>Гранулы и фольга (или стержень)</i>
<i>Цинк</i>	<i>Гранулы, стержни</i>
<i>Магний</i>	<i>Стружка</i>
<i>Вода дистиллированная</i>	
<i>Стакан химический термостойкий</i>	<i>50 мл, 3-4 шт</i>
<i>Хлорид натрия или калия</i>	<i>Соль, порошок в банке, можно сразу раствор соли в воде.</i>

<i>Раствор соляной кислоты</i>	<i>Разбавленный раствор соляной кислоты</i>
<i>Раствор гидроксида натрия</i>	<i>Разбавленный раствор гидроксида натрия</i>
<i>Источник питания</i>	<i>4,5В</i>
<i>Проволочные контакты с крокодилами на обоих концах</i>	<i>2 шт.</i>
<i>Держатель электродов (разделитель)</i>	<i>Вспененный полиэтилен или пенопласт в качестве пробки в стакан для предотвращения замыкания электродов</i>

Учебное задание "Получение водорода из воды" 10-12 минут

Проведение экспериментов

Группа 1. **Химики (постановка задачи)**

Должны подобрать растворы и металлы, которые вытесняют водород из водных растворов соли, кислоты и щелочи, описать наблюдаемые явления и бурность реакции выделения и заполнить карточку эксперимента.

Из выданного набора используется:

Набор металлов (медь, цинк, алюминий, магний), вода дистиллированная, хлорид натрия, раствор соляной кислоты, раствор гидроксида натрия или калия

Пояснение хода эксперимента: ученики методом проб и ошибок находят условия, при которых водород выделяется из воды на цинке, магнии и алюминии. Учитывая, что эти металлы покрыты оксидами, непосредственно с водой ни один из выданных металлов заметно реагировать не будет. Когда металлы помещают в растворы соли (хлорид калия или натрия), кислоты (соляная) или щелочи (гидроксид натрия или

калия) через разное время (зависит от плотности оксидного слоя и активности металла, особенностей химического взаимодействия) начинает выделяться водород. Учитель может подсказать, что ионы хлора (и гидроксида в случае магния) оказывают разрыхляющее действие на оксиды, они становятся пористыми, что позволяет молекулам воды и протонам кислоты проникнуть к "чистой поверхности" металла и начать с ним взаимодействие. Магний активно взаимодействует с водой в солевых растворах. Остальным металлам в силу амфотерности или основности их оксидов нужна кислота или щелочь (особенность химических взаимодействий - свойств оксидов). Медь ни в каком растворе водород не вытесняет - металл с более положительным окислительно-восстановительным потенциалом (ОВП).

Заполнение карточки эксперимента: записать уравнения реакций, предположить, почему нужно использовать соль, кислоту или щелочь, а не чистую воду.

Пример карточки эксперимента:

Металл	записать	
Раствор	записать	
Уравнение реакции	Наблюдения	Объяснение

Для каждого металла-раствора нужна своя карточка, или можно сделать одну карточку на все возможные пары.

Группа 2. Гальваники (постановка задачи)

Должны подобрать пару металлов и раствор, в котором на инертном металле с более положительным потенциалом выделяется водород при контакте с более активным металлом, оценить бурность реакции выделения в зависимости от среды проведения реакции и используемого металла и заполнить карточку эксперимента.

Из выданного набора используется:

Алюминий, цинк, медь, вода дистиллированная, хлорид натрия, раствор соляной кислоты

Пояснение хода эксперимента. Металл с более отрицательным ОВП, чем потенциал водородной реакции (см. ряд напряжений металлов относительно водорода или таблицу ОВП), контактируя с металлом, имеющим более положительный ОВП, образуют электрохимическую систему, в которой металл с более отрицательным ОВП начинает растворяться (окисляться), а на металле с более положительным ОВП поступающие электроны (при контакте двух этих металлов) должны восстанавливать какие-то соединения. В растворах кислоты это ионы водорода, точнее, гидроксония H_3O^+ . Из выданного набора к металлам с отрицательным ОВП относятся алюминий, цинк, магний, а к металлам с положительным ОВП - медь. Т.о., в растворе соляной кислоты при приведении в контакт медного стержня и гранул, шариков фольги, проволоки и т.п. металлов с отрицательным ОВП, на меди начнется сначала медленное, потом более энергичное выделение водорода, а металл с отрицательным ОВП будет растворяться с образованием ионов металла и электронов. В растворе соли или в чистой воде должны проходить те же явления, но там, во-первых, оксидная пленка на активном металле может мешать контакту (как в химических опытах), а во-вторых, медь может восстанавливать молекулярный кислород, растворенный в воде, до пероксида, тогда выделения газа не видно.

Заполнение карточки эксперимента: написать уравнения реакций, объяснить, почему используются растворы, а не чистая вода.

Пример карточки эксперимента:

Металл 1	записать	
Металл 2 (в контакте)	записать	
Раствор	записать	
Уравнения реакций	Наблюдения	Объяснение

Для каждой пары металлов в каждом растворе нужна своя карточка, или можно сделать одну карточку на все возможные пары.

Группа 3. *Электрохимии (постановка задачи)*

Должны собрать установку для проведения электролиза водного раствора соли с жертвенным анодом и заполнить карточку эксперимента.

Из выданного набора используется:

Электролит (хлорид калия), растворимый анод (цинк/алюминий), инертный катод (медь), источник тока 4.5 В, соединительные провода с крокодилами

Пояснение хода эксперимента: данный эксперимент аналог предыдущего. Но тут мы подключаем внешний источник тока, поэтому сами иницилируем процесс разложения воды. Растворимый анод, а не инертный, используется для предотвращения выделения газа (хлор в случае хлоридных растворов, кислород из воды в случае сульфатных, нитратных и др. растворов). На катоде идет выделение водорода из воды, а на аноде - растворение металла до ионов. Перенос электричества от катода к аноду в растворе обеспечивается ионами (электрическая цепь должна быть замкнута - ток циркулирует по замкнутому контуру), поэтому нужно использовать раствор электролита, а не чистую воду, которая является по факту диэлектриком.

Заполнение карточки эксперимента: записать уравнения реакций на электродах, обосновать выбор электродов, объяснить, почему нужно при электролизе использовать раствор соли, а не чистую воду, записать, какие реакции будут происходить, если оба электрода будут инертными (и катод, и анод).

Пример карточки эксперимента:

Металл 1 (катод)	записать	
Металл 2 (анод)	записать	
Раствор	записать	
Уравнения реакций	Наблюдения	Объяснение

Отчетные выступления команд (10 минут)

Какие процессы происходят? Уравнения реакций. Достоинства и недостатки метода. Чем химические способы отличаются от электрохимических?

Задание для всех групп:

Творческое учебное задание " ХИТ с выделением водорода" 8 минут

Основываясь на проделанных опытах придумайте, как получить водород из воды, если нет внешнего источника электроэнергии? Можно ли использовать результаты группы гальваников?

Обсуждение (дети должны выйти на мысль, что можно создать химический источник тока, в котором одним из продуктов будет водород)

Проверьте свои рассуждения на практике. Воспользуйтесь выданным экспериментальным набором и создайте химический источник тока с выделением водорода.

Из выданного набора используется:

Электролит (хлорид калия), раствор соляной кислоты, цинк/алюминий, медь, соединительные провода с зажимами

Пояснение хода творческой работы. Объединив полученные знания о контактных парах и электролизном способе, ученики должны догадаться, что контактную пару (металл с отрицательным и положительным ОВП) можно разделить в пространстве и привести в контакт не в растворе, а замкнуть накоротко проводником между собой. Тогда получится гальванический элемент, в котором за счет разности ОВП электродов жертвенный анод (цинк) будет растворяться, давая ионы металла (цинка) и электроны, переходящие к меди (катод) по внешнему проводнику, и расходоваться на медном катоде на восстановление воды до водорода. Если ученики используют раствор кислоты, то будет восстанавливаться протон из раствора (ион гидроксония).

Какие процессы протекают в системе? Почему процесс выделения водорода идет самопроизвольно? Что является источником энергии?

Самооценка учащимися достигнутых учебных результатов (контрольно-измерительные материалы)

Завершающая часть урока – самооценка учащимися достигнутых результатов. В качестве процедуры самооценки школьникам предлагается таблица, по которой необходимо оценить себя по 4х-балльной шкале по 7 позициям.

Самооценка результатов образования

Пожалуйста, ответьте на вопросы. Опираясь на систему оценивания, подсчитайте общее количество баллов.

Ответ «да» – 5 баллов

Ответ «скорее да» – 3 балла

Ответ «скорее нет» – 1 балл

Ответ «Нет» - 0 баллов

Чему я научился	Моя самооценка
1. Составлять схемы путей передачи и накопления энергии	Да Скорее да Скорее нет Нет
2. Различать химические и электрохимические методы получения водорода	Да Скорее да Скорее нет Нет
3. Строить предположения, в каких системах возможно получение водорода, а в каких нет	Да Скорее да Скорее нет Нет
4. Аргументировать высказанные версии, выступать от имени группы	Да Скорее да Скорее нет Нет
5. Объяснять свою точку зрения и задавать вопросы другим	Да Скорее да Скорее нет Нет

6. Получать водород из воды химическим способом	Да Скорее да Скорее нет Нет
7. Получать водород из воды электрохимическим способом	Да Скорее да Скорее нет Нет

Урок подготовлен по заказу Фонда инфраструктурных и образовательных программ

О Фонде инфраструктурных и образовательных программ

Фонд инфраструктурных и образовательных программ – один из федеральных институтов развития. Фонд первым в России начал работать в deeptech секторе по венчуростроительной модели и создал с нуля 900 стартапов. Фонд придерживается экосистемного подхода при выходе в новые технологии и рынки. Он одновременно создает новые компании, проектирует опережающую сертификацию, нормативно-техническую поддержку, образовательные программы и популяризационные инструменты.

С 2022 года Фонд входит в число операторов двух федеральных проектов. В первом проекте «Платформа университетского технологического предпринимательства», нацеленном на стимулирование технологического предпринимательства в университетской среде, Фонд развернет сеть из 15 университетских стартап-студий и запустит новую инвестиционную программу в студенческие стартапы «русский SBIC». Во втором федеральном проекте «Взлет – от стартапа до IPO» Фонд обеспечивает инвестициями технологические компании на ранних стадиях возвратными инструментами (капитал, займ).