

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
«Ольховская средняя школа»
Ольховского муниципального района Волгоградской области

Всероссийский конкурс юных исследователей
окружающей среды «Открытия 2030»
Номинация "Зелёная энергетика"

Кружок «Юные эдисоны»
Центра образования цифрового и гуманитарного профилей
«Точка роста» МБОУ «Ольховская СШ»

Тема работы **«Вода- уголь будущего!»**

Авторы:

Кийков Сергей Константинович,
обучающийся 9в класса МБОУ «Ольховская СШ»,
Мещеряков Матвей Артёмович,
обучающийся 9в класса МБОУ «Ольховская СШ»

Руководители:

Сивков Николай Петрович учитель физики ,
Сивкова Анна Юрьевна учитель физики и
математики
Муниципальное бюджетное общеобразовательное
учреждение «Ольховская средняя школа»
Ольховского муниципального района
Волгоградской области

Научный консультант

Михайлова Валентина Александровна,
доктор физико-математических наук,
заведующий кафедрой теоретической физики и
волновых процессов ФГАОУ ВО "Волгоградский
государственный университет"

Ольховка, 2023

Оглавление	с.
Введение	3
Глава I. Теоретическая часть	5
Физические понятия и термины	5
Глава II. Экспериментальная часть	8
2.1. Эксперимент 1. Получение водорода химическим способом	8
2.2. Изготовление модели электролизёра	9
2.3. Эксперимент 2. Получение водорода электролизом воды	13
2.4. Эксперимент 3. Демонстрация работы газовой горелки	14
2.5. Эксперимент 4. Исследование температуры пламени горелки	15
Заключение	17
Список литературы	19
Приложение	20

Введение

Эффективное получение водорода из воды - заманчивая давняя мечта цивилизации. Потому что воды на планете много, а водородная энергетика сулит человечеству «чистую» энергию из воды в неограниченных количествах. Тем более, что сам процесс сжигания водорода в среде кислорода, полученных из воды, обеспечивает идеальное по калорийности и чистоте горение [1].

Создание и промышленное освоение высокоэффективной технологии электролиза расщепления воды на H_2 и O_2 является одной из актуальных и приоритетных задач энергетики, экологии и транспорта. Ежегодно в мире потребляется 75 млн тонн водорода.

Тема получения и использования водорода широко освещена в научных источниках. В справочнике «Водород, Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение» [2] приведены важнейшие сведения о свойствах водорода, показаны особенности процесса горения водорода. Даны характеристики различных способов получения, хранения и транспортирования водорода. Рассмотрены конкретные примеры и перспективы применения водорода в различных отраслях промышленности, а также проблемы экологии при его широком использовании в качестве универсального энергоносителя. Особое внимание обращено на условия безопасного обращения с водородом.

Более подробный обзор понятий водородной энергетики, достижения в этой области, основные направления развития водородных энергетических технологий, обоснованные доводы о том, что водородная энергетика из полуфантастической альтернативной перейдет в разряд обыденной изложены в труде Клямкин С.Н. «Водородная энергетика: достижения и проблемы» [3].

В книге Дей Р. «Водород - устойчивое энергетическое решение» [4] приведено описание большого числа первичных энергетических источников для получения водорода, таких как природный газ, уголь, ядерная и возобновляемая энергия. Это делает водород универсальным энергетическим носителем, который может быть произведен на основе природных ресурсов любой страны, снижая ее зависимость от импортируемого топлива. Рассмотрено использование топливных элементов на основе водорода в транспорте, малой энергетике, в секторе портативных устройств. Решение проблем экологии, энергетической безопасности.

Производство водорода сегодня сосредоточено на централизованных крупных предприятиях, что понижает себестоимость производства, но требует дополнительных расходов на доставку водорода к водородным автозаправочным станциям. Другим вариантом является маломасштабное производство. Вместо строительства водородных заправочных станций водород можно производить в бытовых установках из природного газа, или электролизом воды [5].

Изучая перечисленные выше и прочие литературные источники обращаешь внимание на грандиозные планы по получению и использованию водорода в больших промышленных объемах и на практическое отсутствие информации посвященной получению и использованию водорода в домашних

условиях. Чаще всего встречается фраза о том, что в быту в чистом виде вещество не применяется.

Цель работы – получение водорода из воды и его использование в быту.

Задачи:

- получить водород химическим способом;
- получить водород электролизом воды и водных растворов;
- собрать и протестировать модель электролизера – установки для получения водорода;
- собрать и протестировать мини сварочный аппарат на воде.

Методы: сбор и анализ информации, моделирование, эксперимент, анализ полученных результатов.

Объект исследования: водородное топливо.

Предмет исследования: способы и устройства для получения водорода.

Гипотеза: в домашних условиях и в условиях школьной лаборатории можно собрать из подручных материалов электролизёр - установку для получения водорода.

Электролизер — аппарат для электролиза, т.е. осуществления электрохимических процессов путем пропускания постоянного тока от внешнего источника. Он может являться альтернативным, экологически чистым источником водорода.

Данные приборы широко используются в промышленности, к примеру, для получения активных металлических компонентов из руды, очищения металлов, нанесения на изделия металлических покрытий. В быту они используются редко, например, электролизер для бассейна Intellichlor или плазменный сварочный аппарат Star 7000 [6].

Актуальность: увеличение стоимости топлива, тарифов на газ и отопление в корне поменяли ситуацию, сделав популярной идею электролиза воды в домашних условиях.

Новизна. Собранный нами ювелирный газосварочный аппарат (выжигатель) можно использовать для мелких сварочных и художественных работ в быту.

Глава I. Теоретическая часть

Физические понятия и термины

Водород — химический элемент. Атом водорода состоит из одного протона и одного электрона. Такое строение обуславливает уникальные свойства водорода.

Водород составляет около 90% массы Солнца и многих звезд и межгалактического газа. В отличие от кислорода, водорода в земной коре немного — 1% по массе, что объясняется лёгкостью его атомов. На Земле водород присутствует только в виде соединений — как неорганических (вода), так и органических (углеводороды нефти, глюкоза, сахароза, белки и др.). В виде простого вещества водород практически не встречается. В небольших количествах водород может входить в состав вулканических газов.

При обычных условиях водород — бесцветный, не имеющий запаха газ, почти не растворяется ни в каких растворителях.

Водород — самый лёгкий газ, легче воздуха в 14,5 раз. Лёгкость водорода позволила использовать его для наполнения дирижаблей и аэростатов, однако из-за взрывоопасных свойств применение водорода для этих целей прекратилось [7].

Чистый водород сгорает в кислороде с характерным тихим звуком, напоминающим лёгкий хлопок. Загрязнённый воздухом водород взрывается с характерным «лающим» звуком. Водород, смешанный с воздухом, ни в коем случае нельзя поджигать, т. к. это обязательно приведет к взрыву. Смесь водорода с кислородом в объёмном соотношении 2:1 называют «гремучим газом», при её поджигании происходит сильный взрыв. Перед проведением экспериментов с водородом его обязательно следует проверять на чистоту во избежание взрыва.

Пламя водорода практически бесцветно. Водород горит в кислороде с выделением большого количества тепла, температура водородно-кислородного пламени достигает 2800°C.

Водородная энергетика. Термин «водородная энергетика» приобрел огромную популярность в мире науки, экономики и политики в связи с проблемой истощения не возобновляемых источников энергии — углеводородов. Анализ многочисленных публикаций на эту тему показывает, что под этим термином часто понимается ряд различных программ, некоторые технологические достижения, которые могут оказать влияние на дальнейшее развитие водородной энергетике, а также программы развития водородных технологий, ведущих стран мира и крупнейших компаний.

В популярной литературе водородная энергетика противопоставляется «углеводородной» энергетике. Сфера водородной энергетике — транспортировка, переработка и использование энергии. Сфера углеводородной энергетике - добыча первичного энергетического сырья. Водородная энергетика лишь дополняет нефтяную, атомную или «возобновляемую» энергетике, но сама по себе не является новым источником энергии. Водородная энергетика — это способ наиболее эффективного применения имеющихся источников энергии, повышения КПД их использования или получения иных преимуществ.

Цветовая градация водорода. Цветовая градация водорода (рис.1) зависит от способа его выработки и углеродного следа, то есть количества вредных выбросов:

- «зеленый» — произведён с помощью энергии из возобновляемых источников методом электролиза воды, считается самым чистым;
- «голубой» — произведенный из природного газа; в этом случае углекислый газ накапливается в специальных хранилищах;
- «желтый» — произведенный при помощи атомной энергии;
- «серый» - при производстве этого водорода вредные выбросы идут в атмосферу.

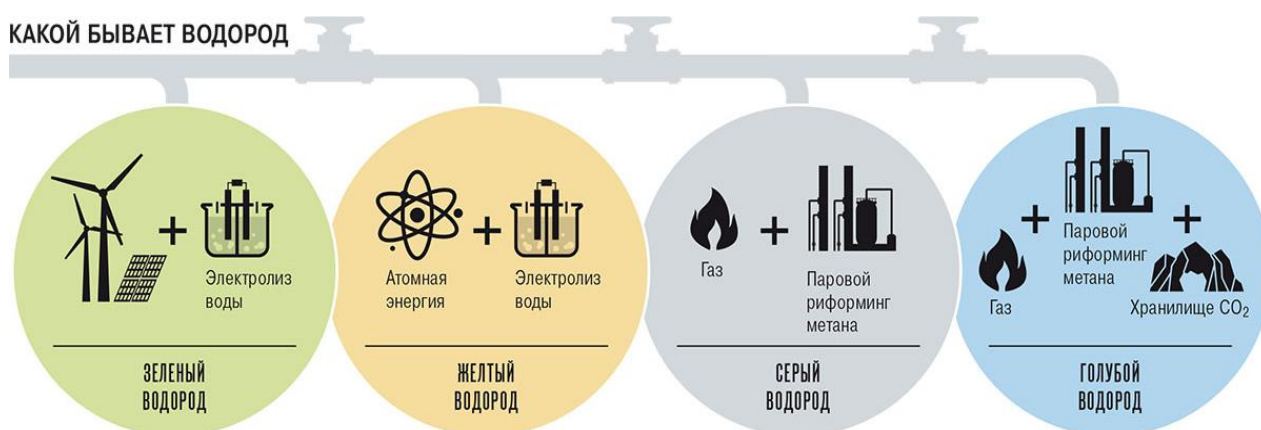


Рисунок 1. Цветовая градация водорода

Себестоимость «зеленого» водорода около 10 долларов за кг (что «абсолютно нерентабельно», по мнению главы Фонда национальной энергетической безопасности); «голубой» и «желтый» водород в несколько раз дешевле «зеленого» — от 2 долларов за килограмм.

Способы получения водорода.

В свободном виде водород на Земле практически не существует, поэтому его надо производить.

Энергетическая безопасность страны может быть повышена с помощью развития водородной энергетики за счет разнообразных способов получения водорода.

В промышленности разработаны технологии получения газа из различных видов сырья. В этом заключается преимущество водородной энергетики.

Из мусора. Калифорнийский стартап Ways2H утверждает, что сможет перерабатывать бытовой мусор в чистый водород, предлагая при этом «углеродно-негативное» решение. Это компания совмещает в себя предприятия многих стран [8].

Из металлургического шлака. Шлак расплавляют в ванне для электролиза. Составные элементы шлака оседают на катоде и аноде. Это эффективный способ переработки зол и шлаков. Таким способом из расплавленного шлака выделяют железо, кремний, водород. Полученные соединения становятся сырьем для металлургической, автомобилестроительной,

энергетической, радиотехнической промышленности, отрасли производства строительных материалов. [9]

Из биомассы. Полученный из биомассы водород используют для получения водородсодержащих продуктов путем получения водорода из продуктов пиролиза растительного биотоплива, в системах аккумулирования и транспорта энергии, в системах производства топлива для транспорта и в стационарных энергоустановках.

Из зелёных водорослей. В 1939 году немецкий исследователь Ханс Гаффрон, работая в Чикагском университете, обнаружил, что изучаемая им зелёная водоросль *Chlamydomonas reinhardtii* иногда переключается с производства кислорода на производство водорода. [3]

Глава II. Экспериментальная часть

2.1. Эксперимент 1. Получение водорода химическим способом.

Цель: получить водород химическим способом.

Приборы и материалы: медный купорос 200 г, поваренная соль 200 г, вода 1 л, пластиковая 1,5 л бутылка, воздушный шарик, пищевая алюминиевая фольга, емкость для приготовления раствора, ведро с холодной водой.

Ход работы.

Растворим поваренную соль и медный купорос в воде. Кусочки алюминиевой фольги скатаем в шарики и добавим в раствор (фото 1).



Фото 1. Приготовление раствора



Фото 2. Процесс получения водорода

В пробку бутылки вставляем трубку, к другому концу которой привязываем воздушный шарик. Наблюдаем, как на фольге образуются пузырьки. Идет реакция, сопровождающаяся выделением водорода. Раствор постепенно меняет цвет (фото 2). В конце эксперимента раствор приобретает грязный коричневый цвет. В процессе химической реакции наблюдаем раздувание шарика. Это теплый водород заполняет шарик и поднимает его в воздух. Завязываем шарик и отпускаем в полет. Реакция идет с большим выделением тепла, и бутылка сильно нагревается и начинает плавиться. Опустим ее для охлаждения в ведро с холодной водой или поставим в снег (фото 3).

Вывод. Мы получили водород химическим путём. При таком способе получения водорода нет возможности регулировать его скорость выделения. Чем больше алюминиевых шариков и насыщеннее раствор, тем выше скорость химической реакции получения водорода и быстрее заполняется воздушный шарик.



Фото 3. Охлаждаем бутылку во время химической реакции

2.2. Изготовление модели электролизёра

Электролиз - физико-химический процесс, состоящий в выделении на электродах составных частей растворённых веществ или других веществ.

Водород при смеси с воздухом образует взрывоопасную смесь — гремучий газ. Температура горения водорода 2800°C . Это гораздо выше температуры плавления отдельных металлов.

При газосварке металлические детали соединяются методом расплавления. Кислород и водород (идеальная горючая смесь) можно получить в электролизёре. Для этого разводим в воде натрий двууглекислый (сода) и заполняем раствором отсеки нашего электролизера.

Технология изготовления электролизера

Материалы: лист нержавеющей стали, техническая резина, оргстекло, болты с гайками, соединительные штуцера и патрубки, герметик,

Порядок изготовления электролизера.

1. Нарежем пластины из металла 10x10 (фото 4).
2. В пластинах просверлим отверстия. Через них раствор и газ будут перемещаться между отсеками.
3. Нарежем изолирующие резиновые прожеутки (фото 5).
4. Боковые стойки нашего прибора вырежем из оргстекла размером 12x12 см.
5. Высверливаем два отверстия, положив детали друг на друга, чтобы при сборке они совпали. Соединяем пластины шурупами, чтобы при дальнейшей работе наши детали не скользили относительно друг друга.

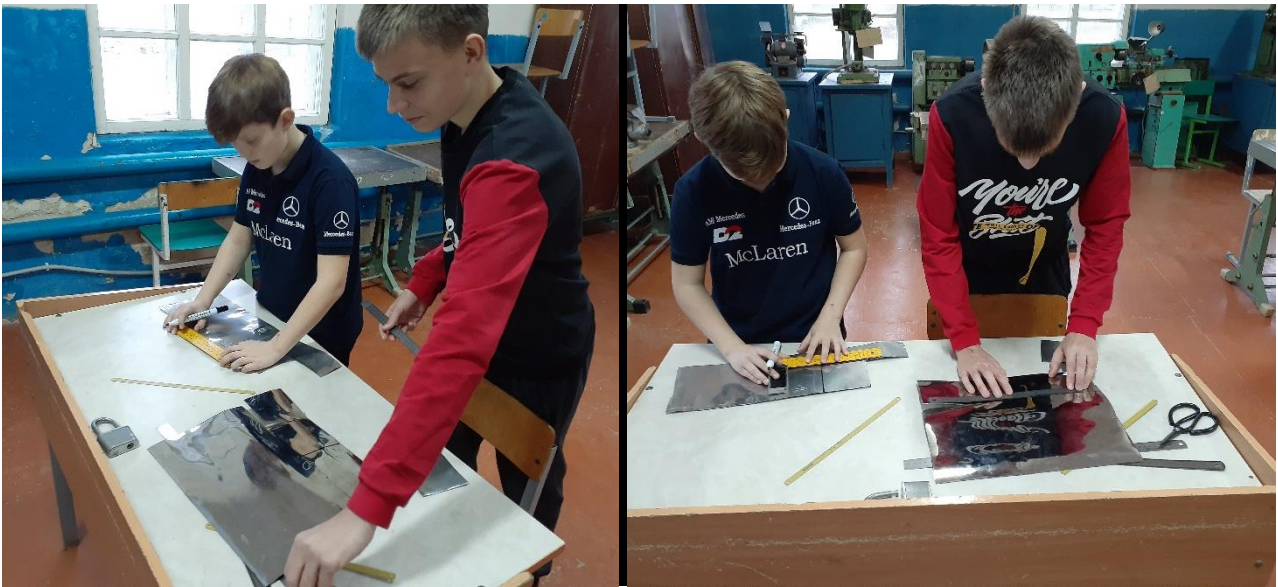


Фото 4. Нарезаем пластины из нержавеющей стали



Фото 5. Изготовление резиновых прокладок

Монтаж электролизера.

1. На пластину из оргстекла по очереди кладем резиновую прокладку, металлическую пластину так далее (рис. 2). Каждый слой фиксируем с помощью герметика (фото 6).
2. Две крайние металлические пластины немного отводим, к ним будем крепить контакты.
3. Высверливаем два отверстия: сверху для выхода газа и снизу для поддержания уровня раствора. Завершаем сборку.
4. Нижний патрубок трубкой соединяем с бутылкой, в которую будет заливаться раствор, заполняющий отсеки электролизера.

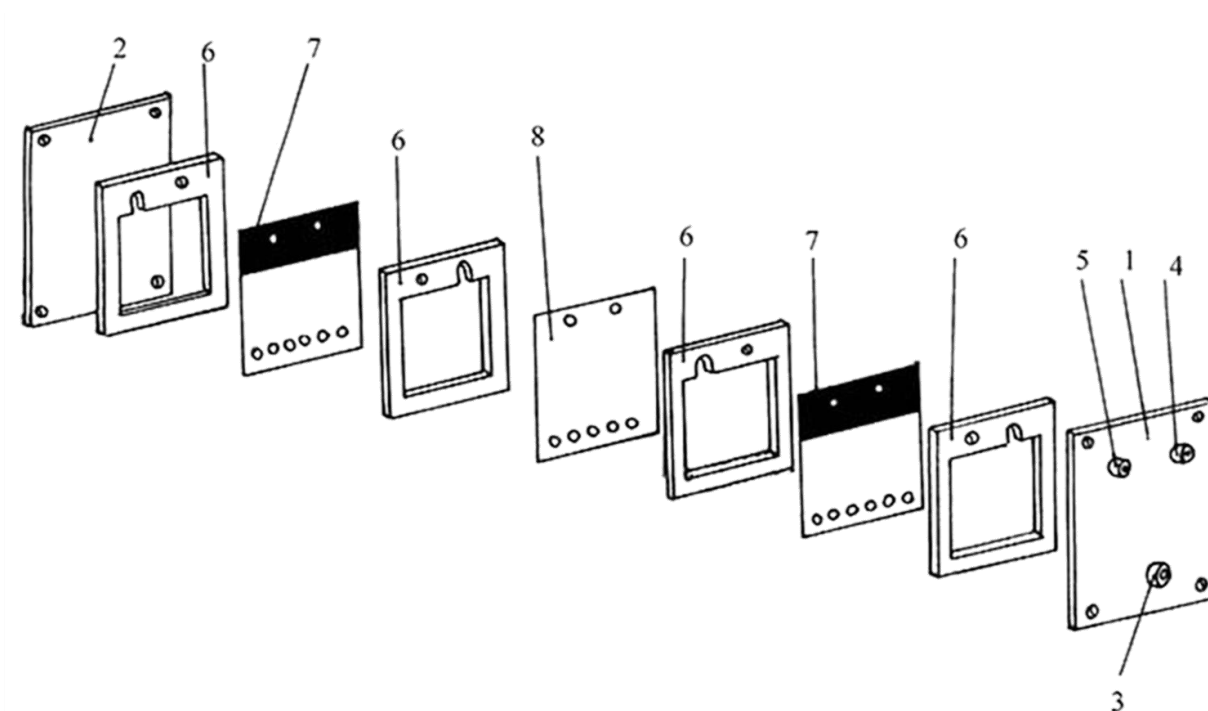


Рисунок 2. Схема сборки электролизёра

- 1, 2 – боковые пластины из оргстекла
- 3, 4, 5 – соединительные штуцеры
- 6 - пластины из нержавеющей стали
- 7, 8 – резиновые прокладки

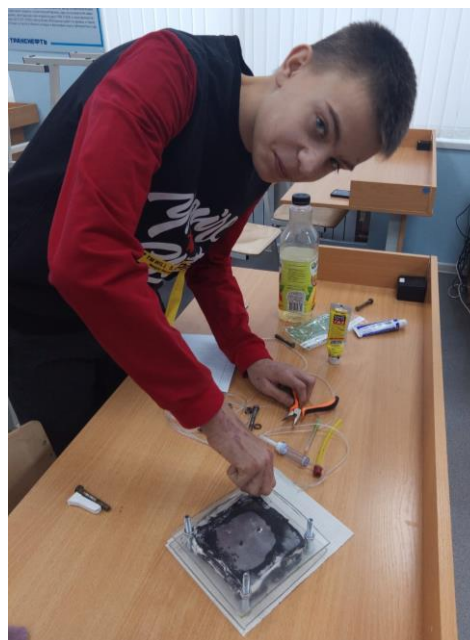


Фото 6. Сборка электролизёра

Монтаж изделия завершен (фото 7).

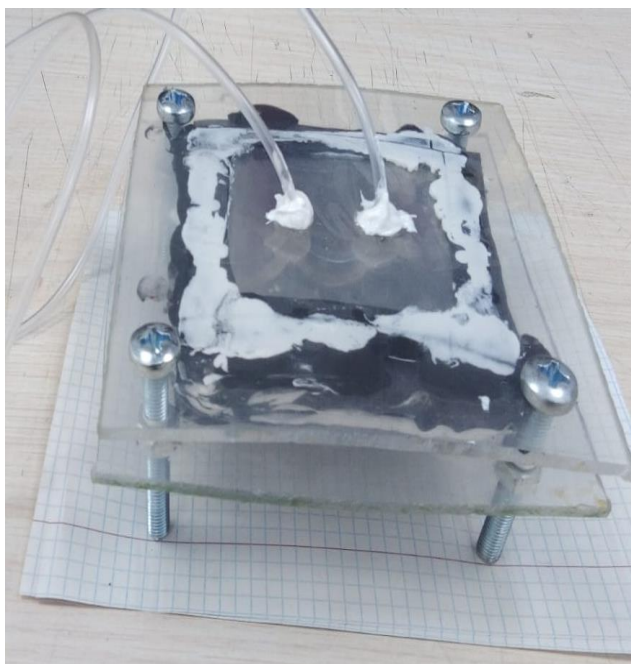


Фото 7. Модель электролизёра

Изготовление водного затвора. На выходе из установки мы получаем гремучий газ. Для разложения его на водород и кислород, а также с целью предотвращения взрыва, монтируем водяной затвор. Проходя через воду, кислород опускается на дно, а водород собирается в пространстве над жидкостью и поступает в горелку.

В пробке бутылки делаем два отверстия. В одно заходит трубка электролизера и погружается в воду. Во второе отверстие вставляется трубка с полый иглой на конце (горелка), конец которой располагается над раствором и не касается его.

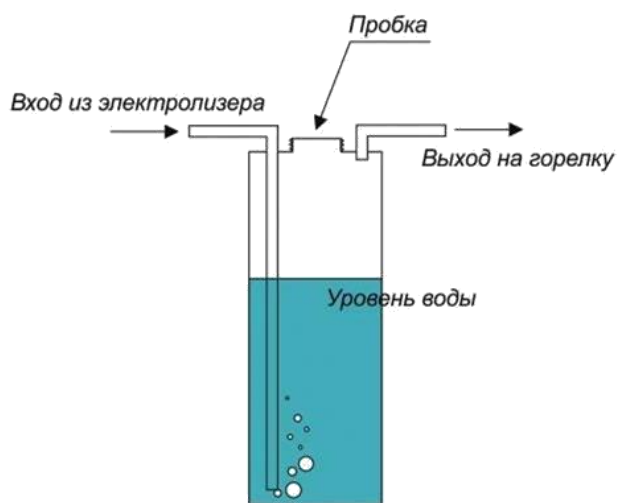


Рис. 3. Схема водного затвора

Для питания возьмем мощный источник постоянного тока. Напряжение -2 В на пластину нержавеющей стали.

Концентрацию водного раствора соды рассчитываем так, чтобы ток был от 4 до 6 А.



Фото 8. Тестирование электролизёра

2.3. Эксперимент 2. Получение водорода электролизом воды

Цель: с помощью изготовленной модели электролизера продемонстрировать получение водорода из водного раствора.

Приборы и материалы: модель электролизёра, источник тока, мыльный раствор, спички.

Ход работы.

Модель электролизера подключаем к источнику тока (фото 8). Наблюдаем появление пузырьков газа. Это выделяется водород.

Докажем это. Опустим иглу в мыльный раствор (фото 9).

На поверхности образуется пена, пузырьки которой заполнены газом (фото 10). Отключаем источник тока. Поднесем спичку. Услышим характерный для водорода хлопок.



Фото 9. Закачиваем водород в мыльный раствор

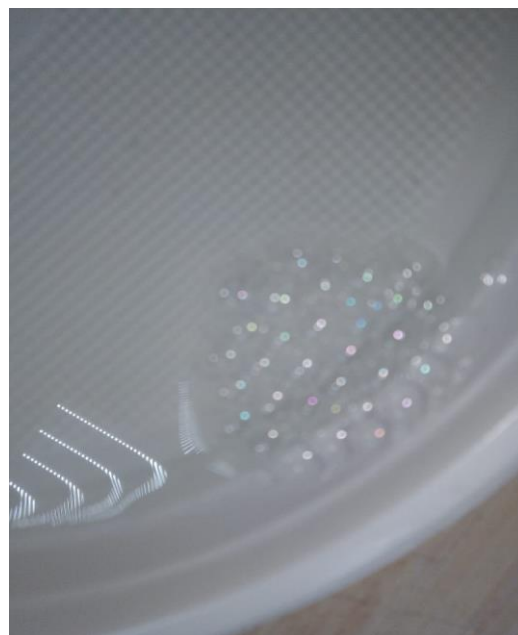


Фото 10. Пузырьки водорода в мыльном растворе.

Оценка КПД установки

№ п/п	U В	I А	t с	V 10 ⁻⁶ м ³	m 10 ⁻⁶ кг	q 10 ⁷ Дж/кг	A Дж	Q Дж	η %
1	25,2	3,0	33	113	10,17	12	2495	1220	48,9
2	24,8	3,2	19	72	6,48	12	1508	777	51,5
3	25,4	2,95	33	113	10,17	12	2473	1220	49,3
4	22,0	2,65	42	113	10,17	12	2449	1220	49,8

$A = I \cdot U \cdot t$ – энергия, затрачиваемая электрическим током для производства водорода

$Q = q \cdot m$ – количество теплоты выделяемое при сгорании произведённого водорода

$\eta = A \cdot 100 / Q$ - коэффициент полезного действия установки.

Вывод. С помощью модели электролизёра методом электролиза был получен водород. Среднее значение КПД 50%.

2.4. Эксперимент 3. Демонстрация работы газовой горелки

Внимание! При работе с установкой помните, что водород крайне взрывоопасен. Поэтому, тушить горелку надо опустив в воду, а не выключением питания.

Цель: демонстрация работы газовой горелки.

Приборы и материалы: модель электролизёра, источник тока, деревянная дощечка, спички, игла шприца.

Ход работы.

Подключаем установку к источнику тока. Наблюдаем выделение водорода. В качестве горелки используем иглу обычного шприца. Через 20-30 секунд поджигаем кончик иглы. Наблюдаем свечение пламени на кончике иглы (фото 11). Иглой выжигаем рисунок на доске (фото 12). Отключаем источник тока. Гасим горелку, опустив в воду.

Вывод. Собранная нами модель электролизера действующая. Газовая горелка работает.



Фото 11. Газовая горелка



Фото 12. Выжигаем на доске с помощью газовой горелки.

2.5. Эксперимент 4. Исследование температуры пламени горелки

Цель: определение температуры пламени горелки.

Приборы и материалы: газовая горелка; образцы металлов и сплавов: припой ПОС61, свинец, цинк, алюминий, медь, сталь; таблица «Температура плавления материалов».

Ход работы.

Попытаемся расплавить образцы металлов и сплавов в пламени горелки (фото 13).

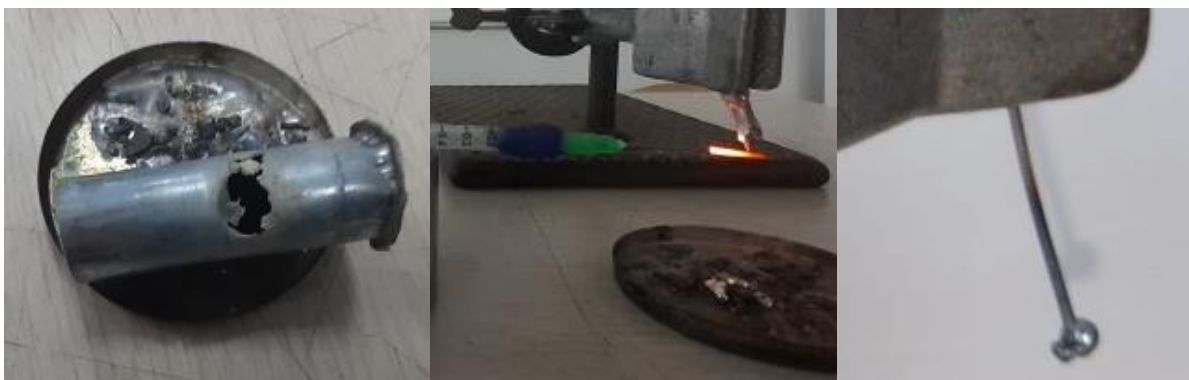


Фото 13. Плавление цинка, олова, стали

Если образец можно расплавить, устанавливаем температуру плавления вещества по таблице «Температура плавления металлов и сплавов при нормальном атмосферном давлении» [10] и делаем вывод о температуре пламени горелки (прил.1 таб.1). Результат фиксируем на фото. Составляем таблицу «Температура пламени горелки» (прил.2 таб.2).

Вывод. Все представленные образцы удалось расплавить в пламени горелки. Максимальная подтвержденная температура пламени лежит в диапазоне 1350-1535 °С. Достичь температуры 2800 °С не удастся из-за большие рассеивания тепла. В этом один из недостатков нашего прибора.

Заключение

Цель проекта достигнута. Гипотеза подтвердилась.

Мы получили водород из воды в домашних условиях.

Решили задачи проекта: изготовили действующую модель электролизера и мини сварочный аппарат на воде для резки металлов, мелких сварочных и художественных работ в быту.

Познакомили учащихся школы со своим проектом во время проведения школьной Кулибинской недели физики и технологий (фото 14).



Фото 14. Выступление на Кулибинской неделе физики и технологий

Наша работа может быть продолжена в направлении рассмотрения вопроса увеличения эффективности природных источников энергии с помощью электролиза.

Для получения солнечной энергии можно использовать солнечные панели или коллекторы. Эти решения трудно использовать в нашем климате для отопления дома, т.к. солнце наиболее интенсивно светит летним днем, а топить нужно зимними ночами. Интересно рассмотреть вопрос о возможности использования электролиза для запасания солнечной или ветровой энергии. Например, летом на солнце использовать электричество солнечной панели, что бы получить запас водорода, а ночью зимой этот водород сжигать в водородном котле. То, что у системы низкий КПД не важно, т.к. летом солнца много. Гораздо важнее вопрос безопасности накопления и хранения такого водорода.

Прогнозируется, что водород в перспективе способен стать новым энергоносителем и сформировать водородную экономику России.

Минпромторгом России издан «Атлас российских проектов по производству низкоуглеродного и безуглеродного водорода и аммиака.

Издание станет ориентиром для иностранных инвесторов, и для отечественных машиностроителей. Из атласа следует, что Росатом в 2024-2025 гг. планирует запуск 4 пилотных проектов по производству зеленого водорода на территории Калининградской, Мурманской и Сахалинской областей.

Проекты ориентированы на страны Европы и страны Азиатско-Тихоокеанского региона [11].

Энергетическая стратегия России на период до 2035 г. предусматривает развитие в стране производства и потребления водорода, вхождение отечественных компаний в число мировых лидеров по объему его экспорта. К 2030 г. Россия должна занять 20% на мировом рынке водорода, доходы от экспорта водорода планируются в размере 210 млрд руб. (1,0 млн т).

Как говорил герой романа Жюль Верна «Таинственный остров», изданного в 1874 г.: «Пока на Земле живут люди, они будут обеспечены всем, и им не придется терпеть недостатка в свете, тепле и продуктах животного, растительного или минерального царства. Повторяю, я думаю, что, когда истощатся залежи каменного угля, человечество будет отапливаться и греться водой. Вода – уголь будущего» [12].

Список источников и литературы

1. Дудышев В. Д.. Дешевый водород и топливо из воды капиллярным электроосмосом | Проект Заряд. 27.02.2011. zaryad.com
2. Водород, Свойства, получение, хранение, транспортирование, применение: Справ изд./ Гамбург Д.Ю., Семенов В.П., Дубовкин Н.Ф., Смирнова Л.Н. – М. : Химия, 1989. – 672 с.: ил.
3. Водородная энергетика: достижения и проблемы / С. Н. Клямкин, Б. П. Тарасов // Возобновляемые источники энергии. Вып. 5 : 6 Всерос. науч.-молодежная школа, Москва, 26-27 нояб. 2008 г. – М., 2008. – С. 147-157.
4. Дей Р. Водород - устойчивое энергетическое решение // Мир стандартов. – 2007. – № 1. – С. 82-84.
5. Производство водорода — Википедия (wikipedia.org)
6. Электролизер. Виды и типы. Устройство и работа. Применение (electrosam.ru)
7. Водород, его физические и химические свойства Онлайн-школа Фоксфорд (foxford.ru)
8. Инновации в энергетике, возобновляемая энергетика – RenEn
9. Научно-популярный журнал Познавайка (poznavaika.org)
10. Физика.8 кл.: учеб. для общеобразоват. учреждений/ А.В. Пёрышкин. –14-е изд., стереотип. – М.: Дрофа, 2011 г.– 191 с.: ил.
11. В России появится 33 проекта по производству водорода (neftegaz.ru)
12. Таинственный остров : [для младшего и среднего школьного возраста] / Жюль Верн ; худ. Б. Косульников. - Москва : Белый город, 2007. - 47 с. : цв. ил. - (Приключения и фантастика). - ISBN 978-5-7793-11889-2 (в пер.) : Б. ц.


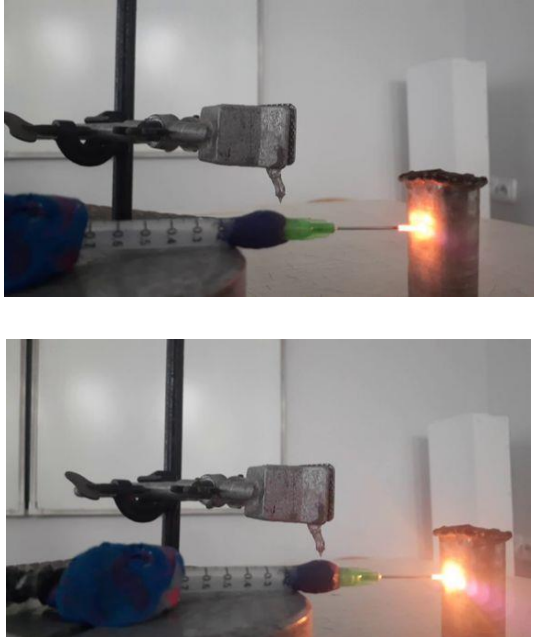
Приложение





Приложение 1

Таблица 1 «Температура плавления металлов и сплавов при нормальном атмосферном давлении»

Вещество	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Вещество	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$	Вещество	$t_{пл}, ^\circ\text{C}$
Водород	-259	Натрий	98	Золото	1064
Кислород	-219	Олово	232	Медь	1085
Азот	-210	Свинец	327	Чугун	1200
Спирт	-114	Янтарь	360	Сталь	1500
Ртуть	-39	Цинк	420	Железо	1539
Лёд	0	Алюминий	660	Платина	1772
Цезий	29	Серебро	962	Осмий	3045
Калий	63	Латунь	1000	Вольфрам	3387

Таблица 2 «Температура пламени горелки»

Металл или сплав	Температура плавления, °С	Фото эксперимента
Припой ПОС61	≈ 190	
Свинец	327	
Цинк	420	

		
Алюминий	660	
Медь	1085	  

Сталь
(проволока и
иголка)

1350 до 1535

