Региональная конференция по научно – техническому творчеству школьников

«Лабиринты науки»

секция Техника

Исследовательский проект

«Получение водорода и преобразование его в электрическую энергию»

Выполнил: Мартынов Дмитрий, ученик 8 «В» класса

МБОУ Некрасовской СОШ п. Некрасовское

Руководитель: Глазкова Светлана Борисовна,

учитель физики МБОУ Некрасовской СОШ

Г. Ярославль, 2021

Содержание

1. Введение 2
2. Общие сведения о водороде 3
3. Способы получения водорода 3
3.1 Метод паровой конверсии природного газа 3
3.2 Метод электролиза воды 3
3.3 Получение водорода из твердых горючих ископаемых 4
3.4 Получение водорода из биомассы 4
3.5 Химическая реакция воды с металлами 5
3.6 Домашние системы производства водорода 5
4. Хранение водорода 5
5. Применение водорода 6
6. Практическая часть 7
6.1 Производство водорода, используя энергию ветра 7
6.2 Использование топливного элемента для обеспечения энергоснабжения светодиодного модуля. 7
6.3 Накопление водорода с помощью электролиза воды для последующего энергоснабжения автомобиля 8
6.4 Химический способ получения водорода 9
7. Заключение 9
8. Выводы 10
9. Список литературы и источников информации 10
10. Приложения 10

1. Введение

Сегодня мы все чаще слышим о надвигающимся на человечество кризисе энергетических и минеральных ресурсов. Человечеству нужна энергия, причем потребности в ней увеличиваются с каждым годом. На фоне катастрофического ухудшения экологического состояния планеты и истощения ресурсов углеводородного сырья, заманчиво использовать водород как абсолютно безвредное топливо для средств транспорта, обогрева жилищ, в автономных и стационарных источниках вторичной энергии. Его применение позволит значительно снизить выбросы углекислого газа в атмосферу. Для реализации этого высокотехнологичного направления Россия имеет сырьевые ресурсы (вода, природный газ, углероды, ядерное топливо) и уникальную базу знаний, накопленных в процессе исследований и разработок атомно-водородной энергетики. Развитие технологий водородной энергетики соответствует заданиям Указа Президента 7 мая 2018 года. (2)
Водород не встречается на Земле в чистом виде, его нужно получать, но все существующие сейчас способы либо очень затратны, либо малоэффективны.

Цель: выявить условия получения водорода разными методами и на модели генератора водорода изучить его работу.

Задачи:

1. Сравнить технологии производства водорода, их основные преимущества и недостатки.
2. Изучить процесс получения водорода методом электролиза водных растворов электролитов.
3. Получить водород, используя набор для управления энергией Horizon Energy Box.

Методы исследования: наблюдение, сравнение, измерение, обобщение, анализ.

2. **Общие сведения о водороде**

Водород (лат. Hydrogenium, от греч.hedor – вода и gennao – рождаю) первый самый лекгий химический элемент периодической системы Менделеева, атомная масса 1,0794. Водород был открыт в первой половине 16 века Парацельсом. Кавендиш впервые исследовал его свойства. Лавуазье показал, что водород входит в состав воды.

Водород обычно существует в комбинации с другими элементами, например, кислорода в воде, углерода в метане и органических соединениях. Он входит в состав всех растительных и животных организмов, нефти, ископаемых углей, природного газа, воды, ряда минералов и пород. В свободном состоянии встречается очень редко (в небольших количествах – в вулканических газах и продуктах разложения органических остатков). Водород – самый распространенный элемент во Вселенной; в виде плазмы он составляет половину массы Солнца и большинства звезд, основная часть газа межзвездной среды и газовых туманностей.
Водород обладает высокой теплопроводностью, равной при нормальных условиях 0,1717 Вт/(м •К).(1) При его сгорании высвобождается большое количество энергии и образуется вода без выделения каких-либо вредных газов.

Первый водородный топливный элемент был сконструирован английским ученым Уильямом Гроувом в 30-х годах XIX века. Гроув пытался осадить медь из водного раствора сульфата меди на железную поверхность и заметил, что под действием электрического тока вода распадается на водород и кислород. Гроув и Кристиан Шенбейн продемонстрировали возможность производства энергии в водородно-кислородном топливном элементе с использованием кислотного электролита.

3. **Способы получения водорода**

Запасы водорода, связанного в органическом веществе и в воде, практически неисчерпаемы. Разрыв этих связей позволяет производить водород и затем использовать его как топливо. Разработаны многочисленные процессы по разложению воды на составные элементы.

3.1 Метод паровой конверсии природного газа. Более 50% всего водорода получается путём паровой конверсии воды и метана. При этом три основных составляющих (природный газ, водяной пар и оксиген) смешиваются в определённых пропорциях.

$CH_4 + H_2O \leftrightarrow CO + 3H_2$

Часть природного газа сгорает вместе с кислородом, тем самым поддерживая необходимую температуру для продолжения химической реакции. Метан, не выгоревший во время реакции конверсии, реагирует с водяным паром, образуя оксид углерода и гидроген. Метан соединяют с водяным паром при давлении 2 МПа и температуре около 800 градусов, в результате чего получается конвертированный газ с содержанием водорода 55-75%. Полученный водород используется как реагент для очистки нефти и как компонент азотных удобрений, а также для ракетной техники. Простота и относительная лёгкость делает производство водорода путём паровой конверсии наиболее дешёвым из всех доступных. (3)

3.2 Метод электролиза воды. Электролитический водород является наиболее доступным, но дорогим продуктом. Для получения водорода электролизом воды используют дистиллированную или обессоленную природную воду, что позволяет избежать накопления в электролите различных примесей. Удельная электропроводимость обычной водопроводной воды невелика и близка к 10^{-1} Ом/м, а очень чистой дистиллированной воды — около $4 \cdot 10^{-6}$ Ом/м. Для увеличения удельной электропроводимости воды при электролизе применяют водные растворы электролитов — кислот, щелочей, солей.

$2\ Na\ Cl + 2\ H_2O \rightarrow 2\ Na\ OH + Cl_2 \uparrow + H_2 \uparrow$. (4)

При прохождении постоянного электрического тока через обрабатываемую воду происходит серия электрохимических реакций, в результате которых образуется водород. При электролизе в электролит, помещают два электрода и подводят к ним напряжение. На стороне анода происходит диссоциация воды с образованием молекул кислорода O_2 и выделением положительно заряженных ионов водорода H+ и имеющих отрицательный заряд электронов e-. На катоде-, ионы водорода H+ принимают электроны, образуя газообразный водород H_2:

Анод: $2H_2\ O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$

Катод: $4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$

Для получения одного кубометра водорода требуется 4–5 киловатт-часов электроэнергии, что довольно дорого. Причем при электролизе большая часть электроэнергии теряется в виде выделения тепла при протекании тока через электролит. Во избежание возникновения при электролизе ненужных затрат и сохранения ценных ресурсов некоторые компании стремятся разработать системы полного цикла «электричество — водород— электричество», в которых получение энергии становится возможным без внешней подпитки. (приложение 1)

Разрабатываются высокотемпературные процессы электролитического разложения воды с целью снижения расхода электроэнергии и уменьшения объема аппаратуры. (2)

Существует промышленная технология электролиза химически чистой воды, без применения каких-либо добавок. $2\ H_2O \rightarrow 2\ H_2 \uparrow + O_2 \uparrow$ Устройство представляет собой обратимый топливный элемент с твёрдой полимерной мембраной. Для такого способа производства требуются значительные запасы воды. Тем не менее он совсем не требователен к её качеству – для электролиза можно использовать промышленную, дождевую или даже сточную воду. (4) В перспективе можно ожидать, что параллельно с разработкой термических,

термохимических, биохимических и других методов получения водорода из воды, начнутся интенсивные работы по усовершенствованию существующих и созданию новых более экономичных методов электролитического разложения воды на базе электрической энергии станций, работающих на атомной энергии. (6) В промышленных и опытно-промышленных установках реализован КПД электролизера – 70…80 %.

3.3 Получение водорода из твердых горючих ископаемых. Старейший способ получения водорода из каменного угля путём процесса газификации угля. Процесс состоит в нагреве угля с водяным паром до высоких температур. $C + H_2O \rightarrow CO + H_2 - 118{,}9$ кДж; $2C + O_2 \rightarrow 2CO + 230$ кДж. В результате образуется водяной газ, содержащий до 40 % CO и 50 % H_2, а также CO_2, CH_4, N_2 и примеси сернистых соединений. После очистки от последних получают водород. Себестоимость процесса $2-$2,5 за килограмм водорода. В будущем возможно снижение цены до $1,50, включая доставку и хранение.

3.4 Получение водорода из биомассы

Биомассой могут служить отходы множества современных производств: отходы лесозаготовок, отходы переработки древесины и производства бумаги, отходы переработки зерновых продуктов, отходы рыбных, соко- и мясокомбинатов. Водород из биомассы получается термохимическим, или биохимическим способом.

При термохимическом методе биомассу нагревают без доступа кислорода до температуры 500°-800°. В результате процесса выделяется H2, CO и CH4. Себестоимость процесса $5-$7 за килограмм водорода. В будущем возможно снижение до $1,0-$3,0.

В биохимическом процессе водород вырабатывают различные бактерии, например, Rodobacter speriodes. Возможно применение различных энзимов для ускорения производства водорода из полисахаридов (крахмал, целлюлоза), содержащихся в биомассе. Процесс проходит при температуре 30° Цельсия при нормальном давлении. Такой способ производства набирает всё большую популярность ввиду того, что, помимо гидрогена, из биомассы добываются этилен и ацетилен. Также ценным сырьём являются и сами биоотходы, которые широко используются в сельском хозяйстве для производства удобрений. Себестоимость процесса около $2 за кг. (3)

3.5 Химическая реакция воды с металлами

В 2007 году Университет Purdue (США) разработал метод производства водорода из воды при помощи алюминиевого сплава. Сплав алюминия с галлием формируется в пеллеты. Пеллеты помещают в бак с водой. В результате химической реакции производится водород. Галлий препятствует образованию оксидной пленки на поверхности алюминия, тормозящую процесс окисления алюминия. В результате реакции создаётся водород и оксид алюминия. Из одного фунта (≈453 г) алюминия можно получать более 2 кВт·ч энергии от сжигания водорода и более 2 кВт·ч тепловой энергии во время реакции алюминия с водой. В будущем, при использовании электроэнергии атомных реакторов 4-го поколения, себестоимость водорода, получаемого в ходе реакции, станет эквивалента цене бензина $3 за галлон (≈3,8 л).

Автомобиль среднего размера с двигателем внутреннего сгорания с 350 фунтами (158 кг) алюминия на борту может проехать 350 миль (560 км). В будущем стоимость такой поездки составит $63 (0,11 $/км), включая стоимость восстановления оксида алюминия на атомной электростанции 4-го поколения. (4)

3.6 Домашние системы производства водорода

Вместо строительства водородных заправочных станций водород можно производить в бытовых установках из природного газа, или электролизом воды. Honda испытывает свою

бытовую установку под названием Домашняя энергетическая станция Honda. Установка в бытовых условиях производит водород из природного газа. Часть водорода используется в топливных элементах для производства тепловой и электрической энергии для дома. Оставшаяся часть водорода используется для заправки автомобиля.

Британская компания ITM Power Plc разработала и испытала в 2007 г. бытовой электролизёр для производства водорода. Водород производится ночью, что позволит сгладить пики потребления электроэнергии. Электролизер мощностью 10 кВт производит из воды водород, и хранит его под давлением 75 бар. Произведённого водорода достаточно для 40 км пробега биотопливного (водород/бензин) Ford Focus. (4)

Разнообразие способов получения водорода является одним из главных преимуществ водородной энергетики, так как повышает энергетическую безопасность и снижает зависимость от отдельных видов сырья.

4. Хранение водорода

Смесь водорода с воздухом является опасным взрывчатым веществом, легко воспламеняется и горит. Поэтому возникает проблема в хранении и транспортировке водорода.

1.Газообразное хранение водорода.
2.Жидкое хранение водорода
3.Криогенная адсорбция хранения водорода
4.Хранени водорода в гидридах металлов, сплавов, интерметаллических соединений, композитов
5.Хранение водорода на основе углеродных нано структур (нанотрубки, фулерены)

На сегодня наиболее востребованные способы хранения водорода – это дешёвый метод хранения газообразного водорода под давлением и более энергоёмкий, но дорогой – хранение водорода в жидком виде. Все остальные способы либо экономически не оправданны, либо не до конца проработаны. (3)

5. Применение водорода

- Химическая промышленность - 50 % мирового выпуска водорода идёт на производство аммиака, 8 % используется для производства метанола.
- В нефтепереработке водород используется в процессах гидрокрекинга и гидроочистки, способствуя увеличению глубины переработки сырой нефти и повышению качества конечных продуктов. Для этих целей используется порядка 37 % всего производимого в мире водорода.
- Пищевая и косметическая промышленность: при производстве саломаса (твёрдый жир, производимый из растительных масел). Саломас является основой для производства маргарина, косметических средств, мыла. Водород зарегистрирован в качестве пищевой добавки под номером E949.
- Транспорт: водород используется в качестве топлива для серийно выпускаемых автомобилей на Водородных топливных элементах: Toyota Mirai, Hyundai Nexo. Американская компания Nikola представила линейку коммерческих автомобилей на водороде, а также пикап Nikola Badger с запасом хода 960 км. Компания Alstom в 2018 году запустила в Германии первый коммерческий поезд на топливных элементах Coradia iLint, способный проходить 1000 км на одном резервуаре с водородом.
- Топливо: водород используют в качестве ракетного топлива. Ввиду крайне узкого диапазона температур (менее 7 кельвинов), при котором водород остаётся жидкостью, на практике чаще используется смесь жидкой и твёрдой фаз.

В водородно-кислородных топливных элементах используется водород для непосредственного преобразования энергии химической реакции в электрическую.

- Электроэнергетика: водород применяется для охлаждения мощных электрических генераторов.

Мировой спрос на чистый водород в настоящее время находится на уровне 75 млн тонн в год. При этом порядка 95 % потребления приходится на нефтеперерабатывающую и химическую промышленность, в основном самостоятельно обеспечивающих собственные потребности в водороде за счет его производства на специализированных установках непосредственно в месте потребления. Водородная энергетика – это масштабное экологически чистое производство водорода и его широкое использование как энергоносителя, накопителя энергии и компонента многих промышленных продуктов.

С точки зрения «зеленой» энергетики у водородных топливных элементов крайне высокий КПД — 60%. Для сравнения: КПД лучших двигателей внутреннего сгорания составляет 35-40%. Для солнечных электростанций коэффициент составляет всего 15-20%, но сильно зависит от погодных условий. Из-за высокого КПД водородная энергетика является наиболее привлекательным источником энергии, но все же существует ряд проблем, мешающих ее массовому применению.

Проблемы использования водорода: высокая стоимость низкоуглеродного водорода, недостаточная готовность технологий для его широкого применения, включая обеспечение безопасности всей производственной цепочки, дефицит необходимой инфраструктуры для хранения и транспортировки водорода, а также ряд пробелов в нормативной правовой базе. (7)

6. Практическая часть

В исследованиях использовался набор для управления энергией Horizon Energy Box. Дистиллированная вода, секундомер, мультиметр.

6.1 Производство водорода, используя энергию ветра

Цель: Получить водород, используя альтернативный источник энергии

Ход выполнения эксперимента

1. Установил электролизер, выводы на крышке, в гнездо на основании. Установил трубку с черным ниппелем на верхний вывод на стороне водороде (с черным выводом). Поместил другой конец трубки на верхний впускной патрубок на стороне кислорода (не перепутать выводы!)
2. Заполнил шприц дистиллированной водой. На O_2 стороне электролизера, отмеченной красным, присоединил шприц к выводу с открытом концом. Заполнять электролизер до момента, пока вода не начнет вытекать из трубки. Установил красную заглушку на трубку на стороне кислорода. Дать отстояться в течение 3 минут.
3. Присоединил круглые резервуары к соответствующему основанию, установив их в круглые отверстия. Заполнить водой до отметки «0».
4. Трубку длиной 20 см пропустить сквозь зажим, чтобы он находился на расстоянии 4 см от конца трубки.
5. Присоединил трубки к верхним патрубкам внутренних контейнеров.
6. Присоединил другой конец трубки к нижнему концу на H_2 стороне электролизера, выделенной черным. А другой конец трубки к нижнему концу на O_2 стороне электролизера, выделенным красным.
7. Соединил электролизер (реверсивный топливный элемент) с помощью красного и черного кабелей к соответствующим выводам, расположенным на ветроэнергетической установке с тремя профилированными лопастями «С» с шагом на 6^0.

8. При достаточной силе ветра система должна начать производить водород и кислород в соответствующих баллонах. На поверхности водородного баллона начнут появляться пузырьки. С помощью мультиметра измерил силу тока и напряжение на выходе ветрогенератора.

9. По завершении цикла производства водорода отсоединить реверсивный топливный элемент от ветроэнергетической установки. (5)

10. Провел опыты с ветроэнергетической установкой с тремя профилированными лопастями «С». С помощью мультиметра измерил силу тока и напряжение на выходе ветрогенератора.

11. Вычислил мощность топливного элемента по формуле: P = U • I. Результаты занес в таблицу 1. Таблица 1

№ опыта	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, Вт
1	0,5	0,6	0,3

Вывод: Мощность произведенной энергии за счет ветра оказалась маленькой. Она зависит от скорости движения ветра, количества лопастей, их формы, угла наклона. (Приложение 2)

6.2 Использование топливного элемента для обеспечения энергоснабжения светодиодного модуля.

Цель: Преобразовать, полученный водород в электроэнергию.

Ход выполнения эксперимента

1. Присоединил синий продувочный клапан к концу трубки длиной 2 см, другой конец которой присоединил к верхнему патрубку топливного элемента на стороне водорода.

2. Обжал трубку, присоединенную к электролизеру и водородному баллону, чтобы предотвратить утечку водорода, оставшегося в баллоне после эксперимента 1. Отсоединил трубку от электролизера и присоединил ее к нижнему патрубку на топливном элементе.

3. Присоединил топливный элемент к основанию с помощью красного и черного проводов. Светодиодный модуль также соединил с основанием.

4. Светодиодные индикаторы начнут мигать. По мере потребления светодиодными индикаторами электроэнергии, топливный элемент будет потреблять водород из баллона, и станет виден расход газа (по изменению уровня воды). (5)

5. Измерил время работы светодиодного индикатора, силу тока и напряжение. Вычислил мощность топливного элемента по формуле: P = U • I, P = 0,3 Вт. Количество произведенной энергии вычислил по формуле: Q = P • t, t = 24 мин – время работы светодиодов до их погасания, Q = 4320 Дж.

Вывод: Светодиодные индикаторы работали за счет энергии полученной в топливном элементе, работающем на воде, вследствие образования водорода. (Приложение 4)

6.3 Накопление водорода с помощью электролиза воды для последующего энергоснабжения автомобиля.

Цель: Собрать автомобиль, работающий на водороде.

1. Надеть силиконовую трубку длиной 5 см на кончик шприца.

2. Набрал в шприц некоторое количество дистиллированной воды и заполнил ею топливный элемент через патрубок, расположенный ближе всего от красного разъема на стороне кислорода. Как только вода попала в топливный элемент, отсоединил шприц от трубки.

3. Присоединил другую трубку длиной 5 см к противоположному патрубку (ближайший к черному разъему) и установил красный и черный ниппели на каждый из свободных концов трубки.

4. Установил резервуары для воды в круглые гнезда на раме автомобиля. В них поместил внутренние газовые резервуары.

5. Заполнил контейнеры 40 мл дистиллированной воды.
6. Установил реверсивный топливный элемент на раме автомобиля, чтобы красный разъем располагался на стороне резервуара O_2.
7. Присоединил две трубки длиной 20 см к верхним патрубкам внутренних резервуаров, затем противоположные концы трубок к нижним патрубкам, расположенным в нижней части топливного элемента на сторонах H_2 и O_2.
8. Присоединил блок батарей к топливному элементу и включил блок. Внутренний газовый резервуар постепенно наполнится газом. Появление пузырьков из внутреннего резервуара означает, что внутренний газовый резервуар полностью наполнен газом. Когда это произошло отключил блок батарей и отсоединил его.
9. Подключил провода двигателя, выходящие из-под днища автомобиля, к ближайшему красному и черному разъемам.
10. Двумя оставшимися проводами подключил топливный элемент к раме автомобиля, соблюдая полярность. Автомобиль начал двигаться. (5)
11. Провел опыт 1. Измерил время, затраченное автомобилем на преодоление дистанции 3 м, температура воды 25 ^{0}C. Вычислил скорость движения автомобиля по формуле: U = S : t. Полное время движения автомобиля до полной остановки 12 мин.
12. Провел опыт 2. Вода температурой 50 ^{0} C. Полное время движения автомобиля до полной остановки 14 мин. Расстояние 3 м.
13. Провел опыт 3. Изменил количество дистиллированной воды, заполняющего топливный элемент, уменьшив объем жидкости. Время движения до полной остановки 6 мин, расстояние 3 м. Вычислил мощность по формуле: P = I• U, количество выделенной энергии на топливном элементе по формуле: Q = P • t. Результаты занес в таблицу.

№ опыта	Температура, ^{0}C	Объем резерв.	Время, с	Скорость, м/с	Сила тока, А	Напряжение, В	Мощность, Вт	Количество Энергии, Дж
1	25	полный	9,47	0,317	0,7	0,9	0,63	4536
2	50	полный	9,13	0,33	0,83	0,95	0,79	6636
3	25	¾ объема	10,76	0,28	0,72	1,42	1,022	3679

Вывод: Скорость движения автомобиля зависит от температуры топлива прямо пропорционально, от объема заполнения топливного элемента – прямо пропорционально. Количество произведенной энергии самое наибольшее при полном баке топлива и с его наибольшей температурой. (Приложение 3)

6.4 Химический способ получения водорода

Приборы и материалы: бутылка, пластиковая трубка от капельницы, медный купорос, пищевая соль, алюминиевая пищевая фольга, емкость с мыльной водой.

Ход эксперимента:
1. В бутылку насыпал равное количество (100 г) медного купороса и пищевой соли.
2. Залил водой и перемешал до полного растворения. Раствор окрасился в ярко зеленый цвет.
3. Кусочки алюминиевой фольги скомкал и добавил в раствор. Началась реакция. Образовывалось множество пузырьков водорода с поверхности алюминия. При реакции начало выделяться, большое количество тепла и бутылка сильно нагревалась.

4. Опустил бутылку в емкость с водой для охлаждения. Цвет раствора стал меняться на более темный, а затем и вовсе стал черным.
5. В пробке бутылки продел трубку от капельницы. Через эту трубку водород поступал в воздушный шарик.

Вывод: Химическим способом получил водород в домашних условиях. При выборе исходил из наличия доступных реактивов и безопасности. Самый простой способ получить водород: реакция алюминия, медного купороса и пищевой соли в воде ($Al + CuSO_4 + NaCl + H_2O$).

7.Заключение

Правительства многих стран признают перспективность применения водорода в качестве альтернативного источника энергии. Из-за высокого КПД водородная энергетика является наиболее привлекательным источником энергии. В настоящее время около 80% водорода получают из природного газа и нефтепродуктов путем паровой конверсии. Водород не встречается на Земле в чистом виде, его нужно получать, но все существующие сейчас способы либо очень затратны, либо малоэффективны.

Получил водород в домашних условиях за счет химической реакции алюминия, медного купороса и пищевой соли в воде. Проведя опыты с набором для управления энергией Horizon Energy Box убедился в возможности получения водорода способом электролиза воды и за счет альтернативной энергии (энергии ветра). Эффективность работы топливного элемента и образование водорода зависит от объема наполнения жидкостью, температуры жидкости, которой его наполняют, размеров ТЭ.

8. Выводы:

1. Самым эффективным с точки зрения объёма полученного водорода на единицу затраченной энергии считается метод паровой конверсии природного газа. Более удобный и простой метод — электролиз воды, но требует больших энергетических затрат.
2. При электролизе воды, при прохождении через нее постоянного электрического тока происходит серия электрохимических реакций, в результате которых образуется водород. $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+ + 4e^-$; $4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2$
3. Получил водород методом электролиза воды, преобразовал полученный водород в электроэнергию.

9. Литература

1.Долгополов С.Ю., Ломов И.В., Шаманин И.В. Ведение в ядерно-водородную энергетику Издательство г. Томск, 2011 г.

2.Пономарев-Степной Николай Николаевич академик РАН, научный консультант генерального директора АО «Концерн Росэнергоатом» Москва, 25 октября 2018 года. Перспективы атомно-водородной энергетики

3 Радченко Р.В., Мокрушин А.С.Водород в энергетике : учеб. пособие / — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014.

4. Общественно-деловой научный журнал Энергетическая политика, 2020 г.

5.Методическое пособие для набора управления энергией Horizon Energy Box.

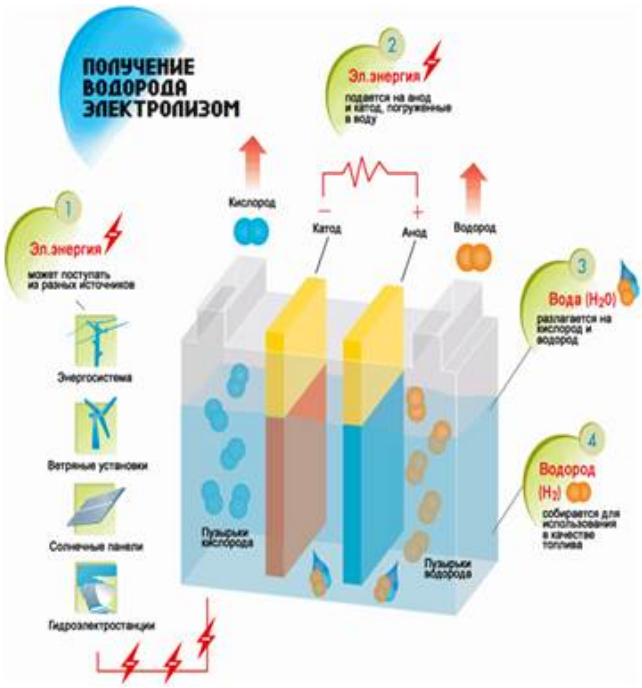
6.https://biznesprost.com/otkryt-biznes/proizvodstvo-vodoroda.html Способы получения водорода 02.11.21 (21.00)

7..https://ru.wikipedia.org/wiki Производство водорода 03.11.2021 (18.00)

8.https://zen.yandex.ru/media/dbk/sovremennye-problemy-hraneniia-vodoroda 03.11.2021 (20.00)

10.Приложения

Приложение 1 Схема электролиза воды и получение водорода



Приложение 2 Производство водорода, используя энергию ветра





Приложение 3 Автомобиль, работающий на водородном топливе

Приложение 4 Работа светодиодного модуля за счет энергии полученной на топливном элементе

