

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ПРОЦЕСС ЭЛЕКТРОЛИЗА

Маляров Д.А.

г. Вологда, МОУ «Средняя общеобразовательная школа № 5», 9 класс

Научные руководители: Барина А.В., Билово Е.О.,

МОУ «Средняя общеобразовательная школа № 5»

Данная статья является реферативным изложением основной работы. Полный текст научной работы, приложения, иллюстрации и иные дополнительные материалы доступны на сайте III Международного конкурса научно-исследовательских и творческих работ учащихся «Старт в науке» по ссылке: <https://www.school-science.ru/0317/11/28685>.

Явление электролиза широко применяется в современной промышленности. В частности, электролиз является одним из способов промышленного получения алюминия, водорода, в медицине получения живой (щелочной) и мертвой (кислой) воды, а также гидроксида натрия, хлора, хлорорганических соединений, диоксида марганца, пероксида водорода. Большое количество металлов извлекается из руд и подвергается переработке с помощью электролиза. В следствие чего, повышение эффективности электролиза важно и является актуальной темой исследования. Один из способов, описанных в научных исследованиях, повышения эффективности электролиза, является применение магнитного поля [2].

Цель: изучить, как магнит (магнитное поле) влияет нахождение электролиза в воде и водном растворе. Объект исследования: электролиз в воде и водном растворе. Предмет исследования: влияние положения магнита (ориентация магнитного поля), которое может увеличить эффективность электролиза: ток, напряжение и массу полученного вещества.

Гипотеза: если принять, что магнитное поле влияет на электролиз, то необходимо выявить какие параметры будут меняться и на сколько эффективно.

Задачи:

1) изучить необходимую литературу по магнитным полям и их влияние на воду и водные растворы;

2) подготовить несколько абсолютно одинаковых опытов в соответствие с гипотезой, при это учитывать время воздействия, окружающие условия, физические данные магнита;

3) провести серию экспериментов;

4) обработать результаты, построить графики, предположить зависимости;

5) провести анализ экспериментальных данных, выявить при каких «магнитных»

условиях изучался объект и контрольный образец;

б) вывести рекомендации по повышению эффективности электролиза под влиянием магнитного поля.

Использованы следующие методы: – теоретические: анализ литературы, синтез различных точек зрения, моделирование процесса воздействия магнита на воду и омагниченной воды при электролизе, сравнение, расчет по формулам; – эмпирические: наблюдение, эксперимент.

Теоретический аспект электролиза

Понятие электролиза

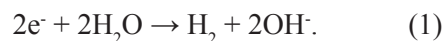
Электролиз (от электро- и греческого *lysis* – разложение, растворение, распад) – совокупность процессов электрохимического окисления-восстановления на погруженных в электролит электродах, при прохождении через него электрического тока [3].

Электролиз – физико-химическое явление, состоящее в выделении на электродах составных частей растворенных веществ или других веществ, являющихся результатом вторичных реакций на электродах, которое возникает при прохождении электрического тока через раствор либо расплав электролита [5].

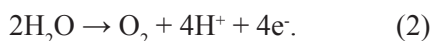
Электролиз воды

Рассмотрим более детально процессы, протекающие при электролизе. На катоде, в результате электролиза происходит восстановление ионов или молекул электролита, с образованием новых продуктов. Катионы принимают электроны и превращаются в ионы более низкой степени окисления или атомы.

Два электрона, поступающие с катода, реагируют с двумя молекулами воды, образуя молекулу водорода H_2 и два иона гидроксила OH^- . Молекулярный водород образует пузырьки газообразного водорода (после того, как раствор вблизи катода насытится водородом), а ионы гидроксила остаются в растворе [4]:



На аноде, в результате электролиза, происходит окисление ионов или молекул, находящихся в электролите или принадлежащих материалу анода (анод растворяется или окисляется). Четыре электрона переходят на анод с двух молекул воды, которая разлагается с образованием молекулы кислорода и четырех ионов водорода [6]:



Применение электролиза воды

Электролиз воды один из наиболее известных и хорошо исследованных методов получения водорода. Он обеспечивает получение чистого продукта (99,6 – 99,9% H₂) в одну технологическую ступень.

Электрохимический метод получения водорода из воды обладает следующими положительными качествами:

- высокая чистота получаемого водорода – до 99,99% и выше;
- простота технологического процесса, его непрерывность, возможность наиболее полной автоматизации, отсутствие движущихся частей в электролитической ячейке;
- возможность получения ценнейших побочных продуктов – тяжелой воды и кислорода;
- общедоступное и неисчерпаемое сырье – вода;
- гибкость процесса и возможность получения водорода непосредственно под давлением;

- физическое разделение водорода и кислорода в самом процессе электролиза.

Во всех процессах получения водорода разложением воды в качестве побочного продукта будут получаться значительные количества кислорода. Это даст новые стимулы его применения. Он найдет свое место не только как ускоритель технологических процессов, но и как незаменимый очиститель и оздоровитель водоемов, промышленных стоков. Эта сфера использования кислорода может быть распространена на атмосферу, почву, воду. Сжигание в кислороде растущих количеств бытовых отходов сможет решить проблему твердых отходов больших городов. Кроме того, кислород может быть использован для газификации древесины, угля и т.д.

Еще более ценным побочным продуктом электролиза воды является тяжелая вода, D₂O, изотопная разновидность воды, в которой легкий атом водорода ¹H замещен его тяжелым изотопом ²H – дейтерием D. Впервые открыта в природной воде Г. Юри и Э.Ф. Осборном (США) в 1932 году. Тяжелая вода содержится в природных водах и атмосферных осадках в отношении 1 атом D на 5000 – 7000 атомов H. По физическим свойствам D₂O заметно отличается от H₂O (см. таблицу).

Тяжелая вода – хороший замедлитель нейтронов в атомных реакторах. Кроме того, тяжелая вода используется в качестве сырья для получения дейтерия, который в свою очередь является сырьем для термоядерной энергетики.

Физические свойства воды

Свойства	H ₂ O	D ₂ O
Состав, %		
водород.....	11,19	20,24
кислород.....	88,91	79,76
Молярная масса, г/моль	18,02	20,03
Температура (при 1 атм), °C		
кипения.....	100	101,431
плавления.....	0	3,813
Плотность при 20°C, г/см ³	0,9982	1,1056

Влияние внешних факторов на электролиз

Процесс электролиза, неодинаков во всех случаях, и зависит от ряда факторов – природы электролита, типа электролитической ванны, оптимизации самих электролизных процессов.

Различают технический и прикладной электролиз, а электролитические процессы классифицируются следующим образом:

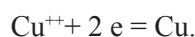
- получение металлических сплавов;
- получение гальванических покрытий;
- получение неорганических веществ (хлора, водорода, кислорода, щелочей и т.д.);
- получение органических веществ;
- очистка металлов (медь, серебро);
- получение металлов (магний, цинк, литий, натрий, калий, алюминий, медь и т.д.);
- обработка поверхностей металлов (электрополировка, азотирование, борирование, очистка);
- нанесение пленок при помощи электрофореза;
- электродиализ и обессоливание воды.

Электролиз в растворе медного купороса

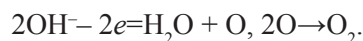
Молекулы медного купороса CuSO_4 диссоциируют при растворении на положительные ионы Cu^{++} и отрицательные ионы SO_4^{--} .

Кроме ионов Cu^{++} и SO_4^{--} раствор содержит также водородные (H^+) и гидроксильные (OH^-) ионы воды.

Ионы меди Cu^{++} разряжаются легче, чем ионы водорода H^+ , поэтому при прохождении тока на катоде будет происходить выделение меди:



Ионы SO_4^{--} труднее разряжаются, чем ионы OH^- . Поэтому при прохождении тока у анода разряжаются ионы гидроксила и выделяется кислород:



Ионы SO_4^{--} с ионами H^+ образуют у анода раствор серной кислоты:



Иначе протекает процесс, если анод изготовлен из меди. В этом случае разряд ионов происходит только у катода. У анода же, наоборот, ионы металла переходят в раствор.

Объяснить это можно тем, что атомы меди Cu теряют электрон легче, чем ионы OH^- , в этом случае вместо выделения кислорода будет происходить переход с анода в раствор ионов Cu^{++} , т.е. $\text{Cu} - 2e = \text{Cu}^{++}$.

Следовательно, электролиз CuSO_4 при медном аноде сводится к переносу меди с анода на катод. В то же время количество медного купороса останется неизменным в растворе.

При расчетах следует принять, что для меди $\mu = 63,5 \times 10^{-3}$ кг/моль и в соединении медь двухвалентна – $Z = 2$.

Закономерности, описывающие электролиз

Законы Фарадея количественно описывают закономерности, наблюдающиеся при электролизе [7]:

$$\kappa = \frac{\mu}{zF} \quad m = \kappa \cdot I \cdot \Delta t \quad (3)$$

где κ – электрохимический эквивалент (кг/Кл).

Масса вещества, выделившегося на электроде за время Δt при прохождении электрического тока, пропорциональна силе тока и времени.

$$m = \frac{\mu I \Delta t}{zF}, \quad (4)$$

где $F = eN_A$ – число Фарадея; (5)

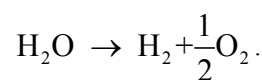
I – сила тока (А); Δt – промежуток времени, в течении которого происходил процесс (с); F – число Фарадея (96500 Кл/моль); e – заряд электрона ($1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл); N_A – число Авогадро ($6,02 \cdot 10^{23}$ моль $^{-1}$); μ – молярная масса (г/моль); z – валентность химического элемента

$$m = \mu \cdot \nu;$$

ν – количество вещества (моль),

$$\nu(\text{H}_2 + \text{O}_2) = \frac{I \Delta t}{zF} 1,5.$$

Коэффициент пропорциональности, равный 1,5, свидетельствует о том, что получившийся газ – это смесь из водорода и кислорода, находящихся в разных количествах:

**Экспериментальная часть***Экспериментальная установка*

Для осуществления эксперимента необходимо создать электролизер, схема которого представлена на рис. 1. электролизер собран из двух нержавеющей проводников, к которым подводится напряжение. Измерение силы тока и напряжения осуществляется с помощью мультиметров. В качестве источника питания использовался блок питания с различными режимами работы.

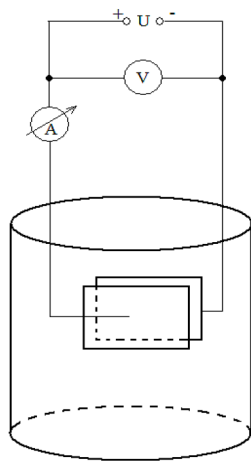


Рис. 1. Электролизер для дистиллированной воды

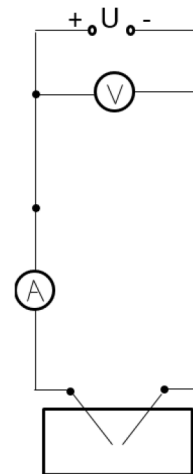


Рис. 2. Электролизер для раствора медного купороса

Изменение силы тока во времени в процессе электролиза

Зависимость силы тока от времени подчиняется экспоненциальному закону:

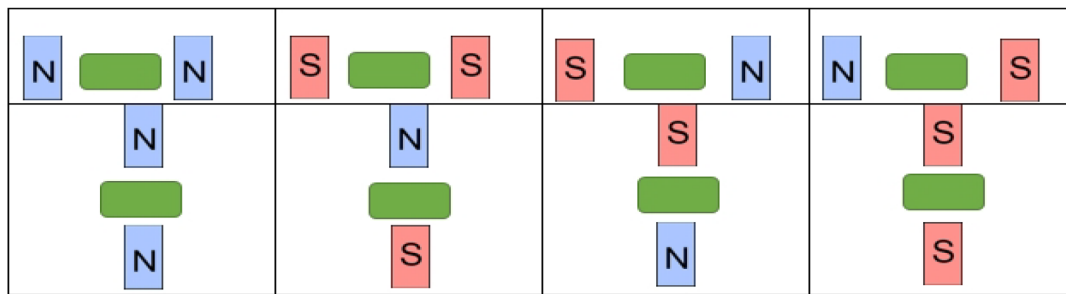
$$i(t) = I_0 e^{-kt}, \quad (6)$$

где I_0 – сила тока в момент коммутации цепи, А; t – время электролиза, с; k – коэффициент, который зависит от природы реакции, площади рабочего электрода (S), коэффициента диффузии (D) электроактивного вещества, скорости перемешивания, определяющей толщину диффузионного слоя (δ) и объема раствора.

Выход по току при проведении электрохимической реакции будет количественным, когда ток уменьшится до нуля, т.е. при бесконечно большом значении времени t . На практике электролиз считают законченным, когда ток достигает примерно 0,1% от значения I_0 .

Для нахождения зависимости $i(t)$ использовалась экспериментальная установка, изображенная на рис. 1. В ходе трех испытаний значение напряжения устанавливалось равным 1,16 В; 3,18 В соответственно. Полученная зависимость отражена на рис. 3.

Проверка гипотезы



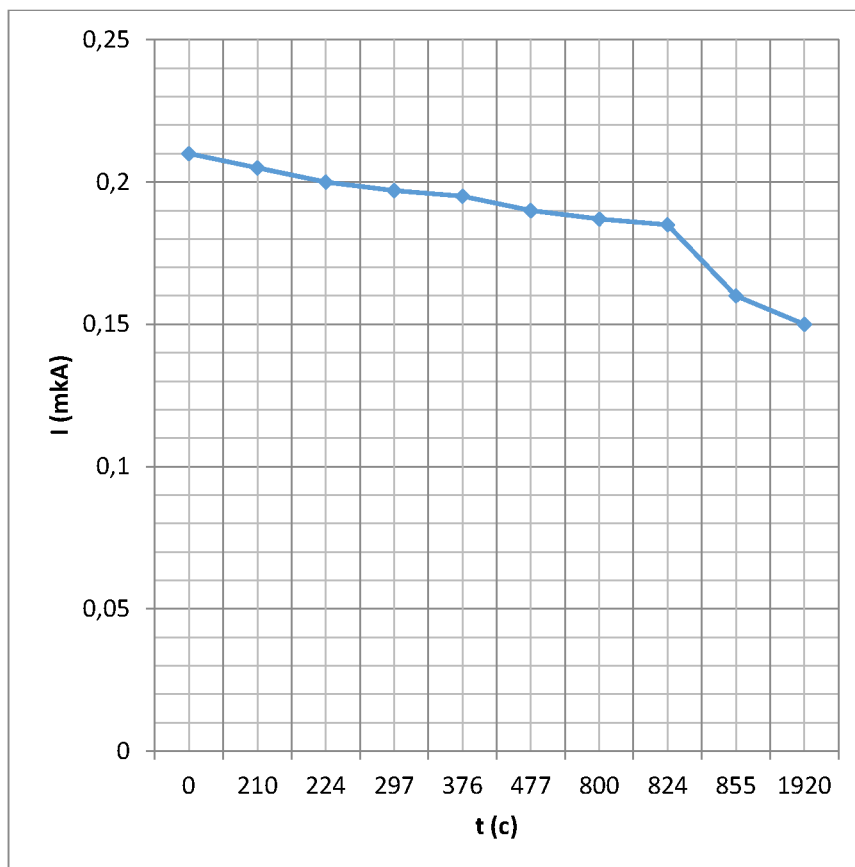


Рис. 3. Зависимость $i(t)$ при $U=1,16 В$

Для дистиллированной воды получены следующие зависимости $i(t)$ (рис. 3).

Список литературы

1. Классен В.И. Омагничивание водных систем. – Л., 1982. – 296 с.
2. Стась И.Е. Влияние постоянного магнитного поля.
3. Прохорова А.М. Большая Советская Энциклопедия / А.М. Прохорова. – М.: Советская Энциклопедия, 1978. – т. 30. – С. 62.
4. Кессених В.Н. Распространение радиоволн / В.Н. Кессених. – М.: Гос. Издат. Техн. – теорет. литературы, 1952. – 488 с.
5. Энциклопедический справочник. Естественные науки / под ред. А.А. Кудрицкого. – М.: Русское энциклопедическое товарищество, 2003. – т. 1. – С. 303 – 319.
6. Горохов А.А. Общая химия: Курс лекций / А.А. Горохов. – 2-е изд. перераб. и доп. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. – 113 с.
7. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский; под ред. В.И. Николаева, Н.А. Парфентьевой. – 17-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 2008. – 366 с.