

Рагулина Варвара, 10 класс

МОУ Гимназия №7, г.о. Лыткарино

Исследование зависимости сопротивления электролитов от их концентрации

Руководитель: Акимова М.Н.

**2021**

## Содержание

Актуальность	3
Цель	3
Задачи	3
Введение	
Понятие электролита	4
Электропроводность	4
Теоретическая часть	5
Практическая часть	5
Концентрация	5
Таблица «Исследование зависимости электропроводности от природы раствора и его концентрации»	6
Комментарии к данным таблицы	7
График зависимости	8
Выводы	8
Источники	8

## Актуальность

Представьте: перед Вами стоят 2 пробирки с белым порошком; задача – сделать качественный анализ содержимого и определить, что же это такое. С таким вопросом постоянно встречаются криминалисты, экологи, исследователи, люди, занимающиеся синтезом различных веществ. Можно получить ответ, основываясь на строении вещества, с помощью спектрального анализа. Или можно обратить внимание на химические свойства вещества. Но тогда нужно сделать предположения о том, к какому классу веществ относится образец, чтобы подобрать грамотно реагенты. В своей работе я бы хотела предложить новый способ исследования веществ, а точнее их растворов. Данный метод может быть полезен в выше перечисленных областях.

## Цель:

Выявить зависимость сопротивления и электропроводности растворов от концентрации для анализа вещества.

## Задачи:

1. Изучить зависимость электропроводности от концентрации раствора
2. Изучить зависимость электропроводности от вида электролита
3. Собрать простейшую электрическую цепь для поставленных исследований
4. Приготовить самостоятельно несколько растворов
5. Исследовать сопротивление и электропроводность полученных растворов
6. Определить полученные растворы к сильным или слабым электролитам
7. Сделать вывод о проделанной работе

## Введение

Для решения различных химических и физических задач необходимо обращаться к таблице растворимости. С её помощью мы можем сделать вывод о том, с каким электролитом, сильным или слабым, мы имеем дело. Сильные электролиты – вещества, практически полностью диссоциирующие в воде на ионы; слабые электролиты – наоборот. Однако на основании этого возникает не мало споров. Например, считать ли  $\text{CaSO}_3$  осадком, или вещество всё же растворится? Можно создать специальные условия, при которых это вещество растворится. Будут ли в связи с этим растворы электролитов разной концентрации вести себя одинаково при пропускании тока через них? Если нет, то как? Значения электропроводности для различных растворов посчитаны и с ними можно ознакомиться в различных источниках. Однако таких значений для смесей растворов нет. Попытаемся найти их самостоятельно.

## Понятие электролита

Электролиты – растворы, имеющие в своем составе заряженные частицы, которые принимают участие в переносе зарядов между электродом и катодом. Могут быть сильными и слабыми. Процесс распада молекул на ионы называется электролитической диссоциацией.

Вещества-электролиты устроены за счет ионных или ковалентных полярных связей. Во время растворения происходит химическое воздействие вещества с молекулами воды, в результате чего оно распадается на ионы. Молекулы воды – активные диполи с двумя полюсами: положительным и отрицательным. Атомы водорода располагаются под углом  $104,5^\circ$ , за счет этого молекула воды приобретает угловую форму. Например, вещества, имеющие ионную кристаллическую решетку, намного легче диссоциируют, они уже состоят из активных ионов, а диполи воды во время растворения только ориентируют их. Между диполями воды и ионами электролита возникают усилия взаимного притяжения, связи кристаллической решетки ослабевают и ионы покидают кристалл. Степень диссоциации  $\alpha$  – это отношение числа молекул, распавшихся на ионы, к общему числу растворенных молекул:

$$\alpha = N_{\text{д}} / N_{\text{общ}}$$

Степень диссоциации в растворах электролитов всегда увеличивается с уменьшением концентрации электролита, т.е. по мере разбавления раствора, потому что при этом ионы все более отдаляются друг от друга и возможность им встречаться и вновь связываться в молекулы уменьшается. Электролиты, степень диссоциации которых даже в относительно концентрированных растворах велика (близка к 1), называют сильными электролитами, а электролиты, степень диссоциации которых даже в разбавленных растворах мала, – слабыми электролитами (расщепляются на ионы обратимо, процессы диссоциации и ассоциации по интенсивности могут сравниваться, раствор очень плохо проводит электрический ток). Таким образом, сильные электролиты те, которые легко распадаются на ионы, а слабые те, которые трудно распадаются на ионы. Степень диссоциации зависит от природы растворителя, температуры (Повышение температуры растворителя увеличивает активность ионов и их количество, поэтому во время всего исследования поддерживалась постоянная температура –  $20^\circ\text{C}$ ) и концентрации.

### Электропроводность

В 1826 году Георг Симон Ом экспериментально обнаружил, что соотношение  $U/I$  остаётся постоянным в широком диапазоне прикладываемых напряжений. Эту линейную зависимость можно записать в виде  $I=GU$ , где коэффициент пропорциональности  $G=qn\mu S/l$  (Где  $q$  – переносимый заряд,  $n$  – концентрация,  $\mu$  – подвижность носителей заряда,  $S$  – площадь сечения электродов,  $l$  – расстояние между электродами) называется проводимостью. Проводимость или электрическая проводимость, определяется как способность системы (тело, вещество, раствор) проводить электрический ток его носителями (электронами или ионами) под воздействием электрического поля.

### Теоретическая часть

Проводимость есть величина обратная сопротивлению (измеряется в Сименсах). Также в формуле есть коэффициент, учитывающий параметры зонда (расстояние между электродами и их площадь сечения):

$$EC = I / (R \times S) \quad (1)$$

Где  $EC$  – электропроводность,  $R$  – сопротивление между электродами,  $S$  – площадь сечения электродов,  $l$  – расстояние между электродами

В данной формуле площадь сечения и расстояние между электродами будут постоянной величиной. Поэтому их можно заменить на известный коэффициент  $\alpha$ :

$$EC = \alpha/R$$

$$S = \pi d^2/4$$

Также на электропроводность влияет температура раствора (поэтому в солемерах есть термометр). Во время всех измерений раствор будет иметь одинаковую температуру.

Сопротивление будем измерять с помощью мультиметра.

Сопротивление можно выразить через концентрацию раствора:

$$R = I/(qn\mu S)$$

Где  $q$  – переносимый заряд,  $n$  – концентрация,  $\mu$  – подвижность носителей заряда.

Для упрощения введём коэффициент  $k$ , получаем:

$$R = k/n \quad (2)$$

Из этого следует, что при увеличении концентрации сопротивление уменьшается, а электропроводность увеличивается. В практической части проверим справедливость данного утверждения для различных электролитов.

### Практическая часть

Оборудование: ванночка, в которой будут растворы; цинковые пластины, для пропускания электрического тока через раствор; источник питания (~5В); мультиметр; весы; несколько пластмассовых цилиндров; реагенты (NaCl, KI, NaHCO<sub>3</sub>, CaCl<sub>2</sub>, Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>, смеси: NaHCO<sub>3</sub>+CaCl<sub>2</sub>, CaCO<sub>3</sub>+ жидкое мыло)

Для измерения сопротивления растворов соберем следующую цепь (см. ПРИЛОЖЕНИЕ):

Закрепим в ванночке цинковые пластины, через выводы подключим их к источнику питания. Для измерения сопротивления раствора соберем зонд, у которого будут два электрода (см. ПРИЛОЖЕНИЕ). Для того чтобы исключить большую погрешность измерений сделаем зонд с «колпаком», который будет ограничивать объём захватываемой жидкости для измерений. Также будем проводить несколько измерений для раствора одной концентрации, чтобы получить более точный результат.

### Концентрация

Концентрация растворов будет известной величиной. Для этого сначала взвесим на весах воду, которую позже перельём в ванночку. Затем найдем массу вещества, раствор которого готовим. Так выразим концентрацию в процентах.

При проведении данного исследования возникает проблема: через раствор нужно пропускать переменный ток, иначе раствор, электропроводность которого исследуется, быстро поляризуется. Но можно достаточно точно измерить сопротивление, и с источником постоянного тока. Для этого каждый раз для изменения концентрации я буду делать новый раствор, а не добавлять исследуемое вещество в прежний. Так можно избавиться от ионов, оставшихся после прошлого эксперимента. Также сопротивление надо измерять очень быстро во избежание неверного результата.

Для измерения массы капли жидкого мыла использовался дозатор: изначально с помощью весов была установлена масса одной капли (0,10 г), после чего в раствор добавлялось с помощью дозатора определённое количество мыла.

Все исследуемые вещества необходимо растворять в дистиллированной воде (в данном случае при комнатной температуре, о чем упоминалось выше), т.к. в воде из-под крана много примесей.

В приведенной ниже таблице записаны результаты исследования. После я представила замечания по тому, что наблюдалось во время проведения эксперимента.

Таблица 1

**Таблица «Исследование зависимости электропроводности от природы раствора и его концентрации»**

№	Вещество	m(H <sub>2</sub> O), г	m(вещ-ва)	n, %	R, кОм	ЕС, мСм
I	NaCl	64,75	0,9	1,39	1,2	~0,83
II			1,29	1,99	1,7	~0,59
III			1,74	2,69	0,9	~1,11
IV			1,93	2,98	1	~1
I	KI	64,39	0,25	0,4	0,6	~1,67
II			0,34	0,5	0,5	2
III			0,48	0,86	1	1
I	NaHCO <sub>3</sub>	60,33	0,21	0,35	1,1	~0,91
II			0,51	0,8	0,9	~1,11
III			0,71	1,2	0,7	~1,43
I	CaCl <sub>2</sub>	62,30	0,25	0,4	1,4	~0,71
II			0,39	0,6	1,5	~0,67
III			0,55	0,9	0,9	~1,11
I	NaHCO <sub>3</sub> + CaCl <sub>2</sub> (1:1)	60,06	0,23 +0,23	0,77	1,2	0,83
II			0,33 +0,33	1,1	1,1	0,9
I	Ca <sub>3</sub> (PO <sub>4</sub> )	60,56	0,25	0,41	1,3	~0,77
II			0,49	0,81	1,3	~0,77
III			0,73	1,2	1,3	~0,77
IV			1,37	2,27	0,9	~1,11
V			1,58	2,67	0,7	~1,43
I	CaCO <sub>3</sub>	58,63	0,18	0,31	1,2-1,3	0,83-0,77
II			0,70	1,13	1,6	0,625
III			0,72	1,3	1,9	0,53
I	Жидкое мыло	53,49	0,10	0,19	0,7	5,71
II			0,20	0,37	0,5	2
III			0,30	0,61	1,3	0,77
I	Жидкое мыло + CaCO <sub>3</sub>	49,51	0,50 + 0,70	-	2	0,5
II			0,60 + 0,70	-	0,5	2
III			0,20 + 0,57	-	1,7	0,59
IV			0,20 + 0,39	-	2	0,5
V			0,20 + 0,23	-	~2	~0,5

**Комментарии к данным таблицы:**

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , №2, R: Интересно, что при исследовании сильных электролитов по мере распада вещества на ионы, сопротивление увеличивалось, а при том же процессе в слабых электролитах наоборот – уменьшалось.

$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ , №3, R: При увеличении концентрации  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  (электролит средней силы), раствор начинает вести себя, как слабый электролит (концентрация увеличилась, следовательно, сопротивление увеличивается по мере распада вещества на ионы).

Жидкое мыло, №1, R: При исследовании жидкого мыла, мной выявлена следующая зависимость: с течением времени сопротивление растёт, при чем очень быстро, что свидетельствует о том, что мыло – сильный электролит. В то же время  $R(\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2)$  увеличивалось не так быстро. Значит, жидкое мыло распадается на ионы быстрее. На основе этой закономерности можно сделать вывод: определить вещество возможно не только с помощью зависимости сопротивления от концентрации, но и на основании того, как изменяется R с течением времени.

Жидкое мыло, №2, R: Провела эксперимент с увеличением  $n$  мыла, используя раствор, предыдущей попытки. Оказалось, что R возросло, хотя должно было уменьшиться. Объяснение: полученный результат доказывает то, что молекулы мыла распались на ионы, следовательно, увеличилось R. Поэтому каждый раз надо использовать новый раствор.

Жидкое мыло +  $\text{CaCO}_3$ , №2, R: Оставила образец  $\text{CaCO}_3$  в растворе на 7 часов. С течением времени некоторая часть  $\text{CaCO}_3$  разложилась:

$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$  (процесс в данном случае считаю необратимым, т.к. углекислый газ свободно выходил из раствора, в котором оставался оксид кальция (конечно,  $\text{CaCO}_3$  разложился не полностью и остался в ванночке, но  $\text{CaO}$  – неэлектролит, что позволяет исследование дальше). Также R раствора с течением времени возрастало, значит  $\text{CaCO}_3$  – сильный электролит.

В состав жидкого мыла входят калийные соли высших карбоновых кислот. В целом раствор с таким соотношением мыла и соли вёл себя, как полагает сильному электролиту.

Жидкое мыло +  $\text{CaCO}_3$ , №5, R: с течением времени, R уменьшалось.

Согласно таблице, с увеличением концентрации одного и того же вещества, могло сначала увеличиваться, а потом уменьшаться. Это можно объяснить с помощью материала из [2]:

«Если опустить в концентрированный раствор хлорида натрия электроды прибора по определению электрической проводимости, то лампочка загорится ярко, а в концентрированном растворе уксусной кислоты – слабо. При добавлении воды к раствору уксусной кислоты лампочка начинает светиться все ярче. Разбавление же раствора хлорида натрия на яркости свечения лампочки почти не отражается. Так как электрическая проводимость зависит от числа свободных ионов, то, следовательно, хлорид натрия даже в концентрированных растворах диссоциирует на ионы полностью, молекулы же концентрированной уксусной кислоты почти не диссоциируют. При разбавлении раствора уксусной кислоты число диссоциированных молекул увеличивается. На основании эксперимента можно сделать выводы: 1. Некоторые электролиты в водных растворах полностью диссоциируют на ионы независимо от их концентрации; 2. Известны электролиты, которые диссоциируют частично (при разбавлении растворов равновесие диссоциации смещается вправо, а при увеличении концентрации – влево)»

## График зависимости

Для наглядности необходимо построить график. Из (2) видно, что зависимость должна быть обратной. Однако после проведения практической части, оказалось, что это не так: в какой-то момент изменение сопротивления будет практически не заметно (как это было с  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ). Более того графики для различных электролитов будут отличаться. В связи с этим можно предположить, что график будет представлять собой гиперболу в случае сильных электролитов. В случае же слабых электролитов представить зависимость очень сложно. Для того необходимо более точное оборудование и большое количество измерений.

## Выводы

На основе проведенного исследования можно сделать вывод: сопротивление электролитов разной силы с изменением концентрации растворов изменяется по-разному. Это объясняется природой веществ, их способностью диссоциировать. Также оказалось, что можно определить вещества с помощью значения электропроводности или же с помощью изменения их сопротивления с течением времени. Я считаю, что данную тему необходимо развивать, так как она тесно связана с разными дисциплинами, и иногда приведенные выше исследование может упростить анализ жидкости. В ближайшее время я так же планирую продолжить изучение изменения сопротивления растворов в зависимости и от других факторов.

## Источники

- 1) Б.Б. Буховцев, Ю.Л. Климонтович, Г.Я. Мякишев «Физика. Учебное пособие для 9 класса средней школы, 1981»
- 2) А.В. Чудновский «ЗФТШ. Физика. Постоянный электрический ток. Задание №5 для 10-х классов(2020-2021 учебный год), 2021»
- 3) С.П. Мясников, Т.Н. Осанова «Пособие по физике, 1981»
- 4) Г.Е. Рудзитис, Ф.Г. Фельдман «Химия. Учебное пособие для 7-11 классов средней общеобразовательной школы в 2-х частях (Часть 2), 1985»
- 5) Ю.В. Ходаков, Д.А. Эпштейн, П.А. Глориозов «Неорганическая химия. Учебник для 9 класса, 1980»
- 6) [Исследование зависимости сопротивления жидких растворов от концентрации примесей \(1sept.ru\)](#) (время обращения: 21.02 -29.02)
- 7) [elektrokhimiya\\_rastvorov.pdf \(gubkin.ru\)](#) (время обращения: 06.03 – 12:00-13:00)
- 8) [ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТЬ НА ВЫСОКИХ ЧАСТОТАХ \(scask.ru\)](#) (время обращения: 05.03 – 18:23)

ПРИЛОЖЕНИЕ

**РЯД АКТИВНОСТИ МЕТАЛЛОВ / ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ РЯД НАПРЯЖЕНИЙ**  
 Li Rb K Ba Sr Ca Na Mg Al Mn Zn Cr Fe Cd Co Ni Sn Pb (H) Sb Bi Cu Hg Ag Pt Au →  
 активность металлов уменьшается

**РАСТВОРИМОСТЬ КИСЛОТ, СОЛЕЙ И ОСНОВАНИЙ В ВОДЕ**

	H <sup>+</sup>	Li <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	Ba <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Co <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Ag <sup>+</sup>	Hg <sup>2+</sup>	Pb <sup>2+</sup>	Sn <sup>2+</sup>	Cu <sup>2+</sup>	
OH <sup>-</sup>		P	P	P	P	P	M	H	M	H	H	H	H	H	H	H	H	-	-	H	H	H	
F <sup>-</sup>	P	M	P	P	P	M	H	H	H	M	H	H	H	P	P	P	P	P	-	H	P	P	
Cl <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	P	M	P	P	
Br <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	H	M	M	P	P	
I <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	P	P	P	P	H	H	H	M	?	
S <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	-	-	-	H	-	-	H	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HS <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	H	?	?	?	?	?	?	?	?
SO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	M	H	?	-	H	?	H	H	?	M	H	H	H	?	?	
HSO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	?	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	M	P	H	P	P	P	P	P	P	P	P	M	-	H	P	P	
HSO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	?	?	?	-	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	?	H	?	?
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	?	?	P	M	?	?	M	?	?	?	?	?
PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup>	P	H	P	P	-	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H	H
HPO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	P	?	P	P	P	H	H	M	H	?	?	H	?	?	?	H	?	?	?	?	M	H	?
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	P	P	P	?	-	?	?	?
CO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	P	P	P	P	P	H	H	H	H	?	?	H	-	H	H	H	H	H	H	H	H	?	H
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	?	?	P	?	?	?	?	?	?	?	?	P	?	?
CH <sub>3</sub> COO <sup>-</sup>	P	P	P	P	P	P	P	P	P	-	P	P	-	P	P	P	P	P	P	P	-	P	?
SiO <sub>3</sub> <sup>2-</sup>	H	H	P	P	?	H	H	H	H	?	?	H	?	?	?	H	H	?	?	H	?	?	?

“P” – растворяется (> 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)  
 “M” – мало растворяется (от 0,1 г до 1 г на 100 г H<sub>2</sub>O)  
 “H” – не растворяется (меньше 0,01 г на 1000 г воды)  
 “-” – в водной среде разлагается  
 “?” – нет достоверных сведений о существовании соединений

Рис.1 «Таблица растворимости»

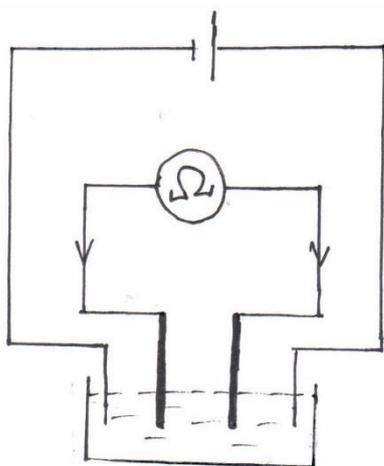


Рис.2 «Схема собранной цепи»



Рис.3 «Ванночка с раствором»



Рис.4 «Зонд»



Рис.5 «Измерение массы реагента»

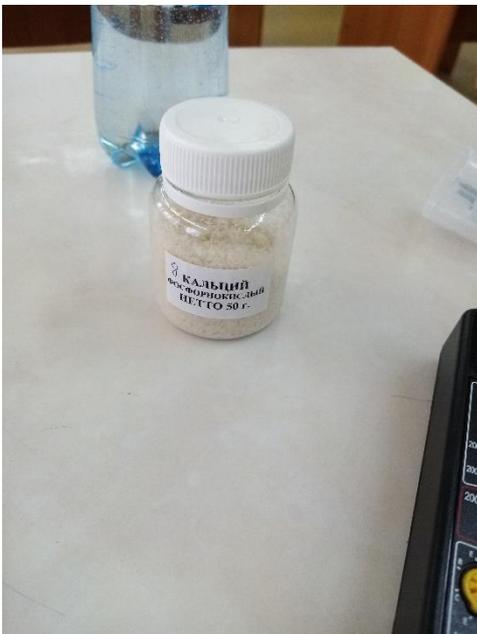


Рис.6 « $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ »



Рис.7 «Выпадение  $\text{CaCO}_3$  в осадок»