

## ИЗУЧЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОДНЫХ РАСТВОРОВ НЕКОТОРЫХ ЭЛЕКТРОЛИТОВ

Атигаев А. С.

КГУ «Гимназия №93» ГУ «Отдел образования г. Караганды» (100008 Республика Казахстан, г. Караганда, ул. Алиханова, 24), e-mail: [at\\_amir@bk.ru](mailto:at_amir@bk.ru)

Растворы электролитов, являясь проводниками второго рода, изменяют значение своей удельной электропроводности в зависимости от температуры окружающей среды, приложенной разности потенциалов и частоты проходящего тока иначе, чем металлы и их сплавы. Это их свойство может быть использовано для решения прикладных инженерных задач. Цель работы состоит в измерении удельного электрического сопротивления растворов ряда электролитов. Цель была достигнута.

В статье рассматривается проблема измерения электрических характеристик водных растворов некоторых солей и щелочей. Литературный обзор указывает на работы, решающие задачу прикладного применения знаний об электрических характеристиках растворов электролитов. Продуктом работы является таблица экспериментальных данных, которую можно использовать, как справочный материал для выполнения работ учащимися и студентами, для непосредственного использования при проведении фундаментальных исследований.

Ключевые слова: Электрическое сопротивление, электрические характеристики, растворы, электролиты.

## RESEARCH OF SOME ELECTROLYTES' WATER SOLUTIONS' ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Atigayev A.

#93 Gymnasium under the egis of Karaganda city education department (ul. Alikhanova, d. 24, g. Karaganda, 100008, Kazakhstan), e-mail: [at\\_amir@bk.ru](mailto:at_amir@bk.ru)

Electrolytes' water solutions that are ionic conductors can change their specific electrical conductivity as function of ambient temperature, potential difference and current frequency otherwise than metals and metal alloys. It can be used in applied engineering. The idea of this work is in dimension of the some electrolytes' water solutions' specific electrical conductivity. The idea was proved.

The problem of electric and dielectric characteristic's dimension in electrolytes' water solutions of several salts and alkalis was considered in the article. The literature review points to works that solve the problem of applying knowledge about the electrical characteristics of electrolyte solutions. The product of the work is a table of experimental data, which can be used as a reference material for students and students to perform their work for direct use in basic research.

Keywords: Electrical conductivity, electrical characteristics, solutions, electrolytes.

### **Постановка проблемы.**

Гидроксид натрия, хлорид натрия, сульфат меди, как и многие другие вещества являются незаменимыми в химической промышленности. Постоянно ведутся разработки новых видов оборудования, используемого на химических производствах, ищутся и находятся новые технологические решения. Знание численных значений электрических и диэлектрических характеристик перечисленных и других веществ способно во многом упростить

моделирование технологических процессов, происходящих на производствах с их использованием.

Цель исследования состоит в измерении удельного электрического сопротивления растворов ряда электролитов.

Практическая значимость работы обусловлена возможностью использования приведенных в работе экспериментально полученных данных в качестве справочного материала.

### **Обзор публикаций по теме исследования.**

Актуальность исследования подтверждается публикациями на эту тему.

В статье [1] показано, что диэлектрические характеристики РЭ можно связать их с эквивалентной и удельной проводимостью. Например, выведена формула описывающая соотношение удельной электропроводности РЭ, его коэффициента диэлектрической проницаемости, вязкости растворителя и его температуры.

Диссертация [2] рассматривает электрические и диэлектрические свойства таких РЭ, как муравьиная и уксусная кислоты. Поднимается вопрос о практическом применении накопленной информации, выводятся общие уравнения для термодинамических расчетов РЭ, приводятся данные об электрической проводимости РЭ.

Статья [3] рассматривает вольт-амперные характеристики растворов хлоридов натрия и калия, полученных на установках различной конструкции, а именно, с помощью стационарной и импульсной схем.

Сотрудниками московского предприятия «Г-4665» Бухаровым, Герасимовым и Федоткиным был изобретен «Жидкостный резистор, содержащий заполненный электролитом герметичный полый корпус из изоляционного материала» [4]. Разработка представляет собой полый диэлектрический цилиндр, заполненный электролитом с двумя электродами, имеющий специальный отсек с воздушным карманом. Это позволяет оградить воздушную среду и среду РЭ так, что пузырь воздуха не касается электродов.

Томский НИИ Высоких напряжений имеет схожее изобретение [5]. Однако здесь на границе воздушного кармана и среды электролита свободно плавает поплавоч с закрепленным на нем электродом, что, по мнению авторов изобретения, позволяет нивелировать влияние теплового расширения РЭ на электрические характеристики резистора.

Работа [6] посвящена выведению формул для вычисления таких величин как, динамический коэффициент диэлектрической проницаемости  $\epsilon_1(\omega)$  и динамический коэффициент диэлектрических потерь  $\epsilon_2(\omega)$ . Их численные значения являются, соответственно действительной и мнимой частями комплексного значения коэффициента диэлектрической проницаемости  $\epsilon(\omega)$ .

## Методика измерения электрического сопротивления растворов электролитов.

В целях накопления практических данных о проводимости РЭ была собрана установка для получения их вольт-амперных характеристик. Действующее значение переменного напряжения в цепи было неизменным, равным 12.000 В.

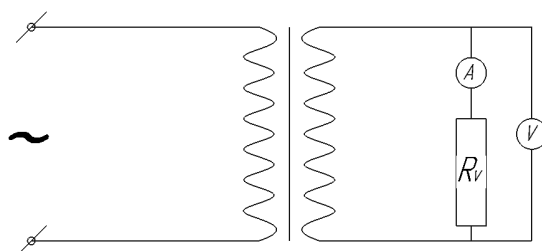


Рис. 1. Схема установки для измерения электрического сопротивления РЭ.

На рис. 1 изображена схема такой установки, здесь  $R_v$  – сосуд для измерения электрического сопротивления растворов. Он представляет собой трубку из химически стойкого стекла ХС-2 (ГОСТ 21400-75) с двумя отливами, герметично закрытую с торцов резиновыми пробками с графитовыми электродами. Графит был выбран в качестве материала электродов из-за его химической инертности по отношению к исследуемым электролитам. Сопротивление графитовых электродов в растворе  $R_{эл}$  принимается за константу в данном эксперименте  $R_{эл} = 24.446 \text{ Ом} = \text{const}$ .

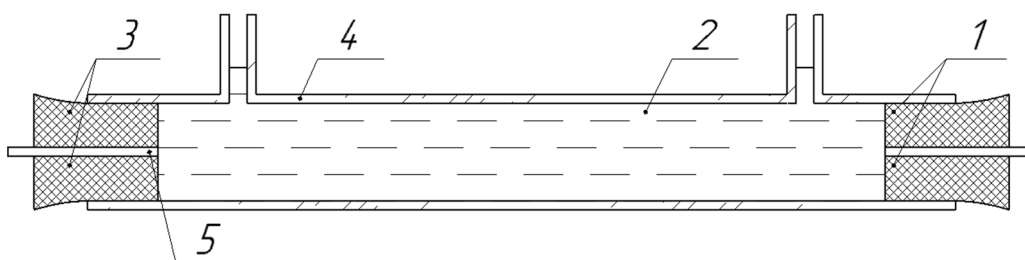


Рис. 2. Сосуд для измерения электрического сопротивления РЭ.

1, 3 – резиновые пробки, герметично прижатые к внутренним стенкам трубки, 2 – РЭ, 4 – стеклянная трубка с двумя отливами, 5 – графитовые электроды.

Сосуд для измерения электрического сопротивления электролитов представлен на рис. 2. Объем всех РЭ в сосуде  $V = 27.500 \text{ мл} = \text{const}$ . При фиксированном значении действующего напряжения  $U = 12.000 \text{ В} = \text{const}$  частотой  $f = 50.0 \text{ Гц} = \text{const}$  проводились измерения протекающего через среду РЭ тока. Ток измерялся по четыре раза для каждого РЭ, дальнейшие вычисления проводили, используя среднее арифметическое значение тока для каждого РЭ. Сопротивление объема раствора вычислили по закону Ома для участка цепи, а удельное электрическое сопротивление [7; с. 258] приняли за электрическое сопротивление 1.000 мл РЭ.

Ввели через один из отливов в сосуд термопару (при этом объем раствора в сосуде не изменился), обмотали трубку проволокой из нихрома, подключили ее через ключ к источнику тока. Таким образом, получили возможность равномерно изменять температуру среды РЭ.

Работа проводилась с растворами гидроксида натрия (ч. д. а.), хлористого натрия (ч. д. а.), безводного сульфата меди (ч. д. а.), безводной уксусной кислоты (х. ч.) в бидистиллированной (мин. не более 7 мг/л) воде.

### Результаты измерений и вычислений. Перспективные направления исследований.

Проведя все измерения и вычисления, составили таблицу их результатов (см. таблицу 1).

На рисунках 3 – 6 представлены графики зависимости удельного электрического сопротивления растворов электролитов от их концентрации при различной температуре среды. По результатам измерений можно судить о пригодности исследуемых РЭ к использованию

в качестве элементов электрических цепей переменного тока. Например, раствор NaOH (см.

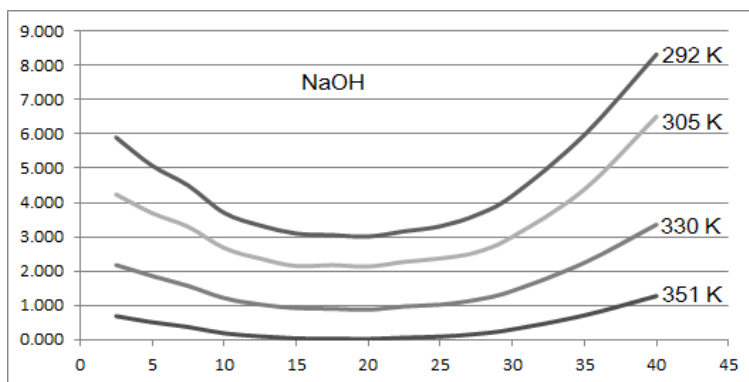


Рис. 3. Зависимость  $\rho(\omega)$  для растворов NaOH при различных температурах. По вертикали  $\rho$ , Ом·см. По горизонтали  $\omega$ , %.

рис. 3) концентрацией 17,5 % по массе имеет наименьшее удельное сопротивление при температурах в диапазоне от 292 до 351 Кельвин. Растворы NaCl (см. рис. 4) и CH<sub>3</sub>COOH (см. рис. 5) концентрациями от 20 до 40 % по массе имеют относительно постоянное удельное

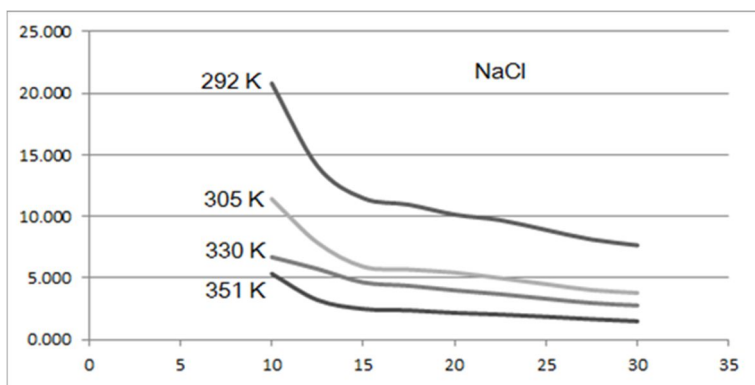


Рис. 4. Зависимость  $\rho(\omega)$  для раствора NaCl при различных температурах. По вертикали  $\rho$ , Ом·см. По горизонтали  $\omega$ , %.

электрическое сопротивление в диапазоне температур от 292 до 351 Кельвин. Это их свойство

потенциально может быть использовано в технике, например, при использовании растворов этих электролитов в качестве активного элемента электрических цепей переменного тока. Эта тема заслуживает отдельного исследования.

Растворы же гидроксида натрия и сернокислой меди (см. рис. 6) могут гипотетически быть применены в качестве элемента прибора для измерения температуры из-за их относительно высокой

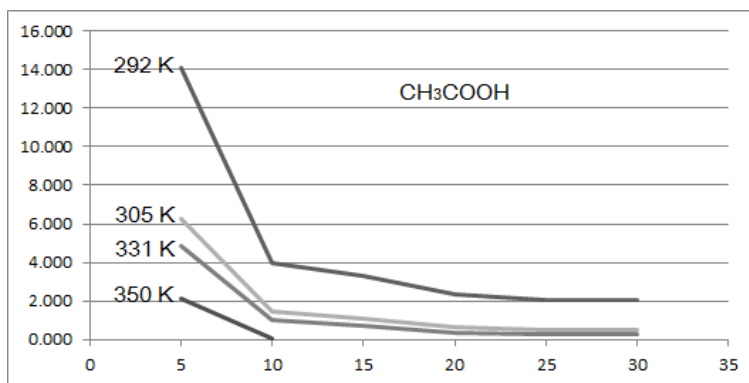


Рис. 5. Зависимость  $\rho(\omega)$  для раствора CH<sub>3</sub>COOH при различных температурах. По вертикали  $\rho$ , Ом·см. По горизонтали  $\omega$ , %.

чувствительности к ее изменениям в диапазоне концентраций от 2,5 до 30,0 % по массе.

Таблица 1.

Удельное электрическое сопротивление и удельная электропроводность водных растворов некоторых электролитов при различной температуре.

Т, К		292.00	305.00	330.00	351.00	292.00	305.00	330.00	351.00
Электролит	ω, %	ρ, Ом·см				κ, См·см <sup>-1</sup>			
		NaOH	2.5	5.896	4.234	2.172	0.685	0.170	0.236
5.0	5.075		3.690	1.854	0.505	0.197	0.271	0.540	1.982
7.5	4.498		3.291	1.564	0.367	0.222	0.304	0.639	2.724
10.0	3.698		2.672	1.209	0.183	0.270	0.374	0.827	5.468
12.5	3.331		2.363	1.024	0.093	0.300	0.423	0.977	10.765
15.0	3.095		2.148	0.917	0.035	0.323	0.466	1.090	28.643
17.5	3.051		2.173	0.900	0.027	0.328	0.460	1.112	36.908
20.0	3.008		2.133	0.871	0.016	0.332	0.469	1.148	60.624
22.5	3.162		2.269	0.968	0.055	0.316	0.441	1.033	18.086
25.0	3.306		2.368	1.020	0.086	0.302	0.422	0.980	11.643
27.5	3.636		2.548	1.160	0.161	0.275	0.393	0.862	6.201
30.0	4.196		3.000	1.420	0.297	0.238	0.333	0.704	3.370
35.0	5.977		4.387	2.244	0.707	0.167	0.228	0.446	1.414
40.0	8.324		6.509	3.357	1.272	0.120	0.154	0.298	0.786
NaCl	2.5	—	—	—	—	—	—	—	—
	5.0	437.208	218.160	218.160	108.635	0.002	0.005	0.005	0.009
	7.5	37.644	19.215	15.056	10.671	0.027	0.052	0.066	0.094
	10.0	20.781	11.410	6.696	5.345	0.048	0.088	0.149	0.187
	12.5	14.078	7.865	5.739	3.217	0.071	0.127	0.174	0.311
	15.0	11.484	5.925	4.643	2.494	0.087	0.169	0.215	0.401
	17.5	10.949	5.688	4.372	2.377	0.091	0.176	0.229	0.421
	20.0	10.149	5.439	4.004	2.173	0.099	0.184	0.250	0.460
	22.5	9.699	4.993	3.692	2.034	0.103	0.200	0.271	0.492
	25.0	8.906	4.504	3.321	1.854	0.112	0.222	0.301	0.539
	27.5	8.122	4.026	2.973	1.658	0.123	0.248	0.336	0.603
30.0	7.656	3.794	2.773	1.487	0.131	0.264	0.361	0.673	
CuSO <sub>4</sub>	2.5	3.730	2.190	1.542	0.601	0.268	0.457	0.648	1.664
	5.0	3.607	2.100	1.476	0.558	0.277	0.476	0.677	1.793
	7.5	3.331	1.925	1.332	0.472	0.300	0.520	0.751	2.117
	10.0	3.140	1.816	1.240	0.410	0.319	0.551	0.806	2.438
	12.5	3.031	1.724	1.174	0.375	0.330	0.580	0.852	2.664
	15.0	2.989	1.757	1.148	0.358	0.335	0.569	0.871	2.792
	17.5	3.052	1.738	1.185	0.382	0.328	0.575	0.844	2.616
	20.0	2.871	1.575	1.102	0.332	0.348	0.635	0.907	3.010
	22.5	2.411	1.311	0.848	0.176	0.415	0.763	1.179	5.697
	25.0	3.095	1.724	1.207	0.402	0.323	0.580	0.828	2.485
	27.5	3.667	2.149	1.509	0.581	0.273	0.465	0.663	1.722
30.0	3.896	2.301	1.630	0.655	0.257	0.435	0.614	1.527	
CH <sub>3</sub> COOH	5.0	14.078	6.238	4.867	2.104	0.071	0.160	0.205	0.475
	10.0	3.967	1.424	0.979	0.082	0.252	0.702	1.022	12.160
	15.0	3.331	1.121	0.734	—	0.300	0.892	1.362	—
	20.0	2.334	0.646	0.350	—	0.428	1.549	2.853	—
	25.0	2.049	0.510	0.241	—	0.488	1.961	4.151	—
	30.0	2.049	0.510	0.241	—	0.488	1.961	4.151	—

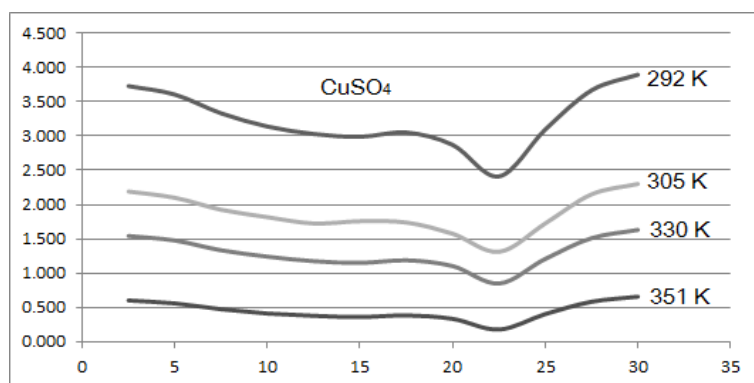


Рис. 6. Зависимость  $\rho(\omega)$  для раствора  $\text{CuSO}_4$  при различных температурах.

По вертикали  $\rho$ , Ом·см. По горизонтали  $\omega$ , %.

Таким же образом могут быть использованы и растворы хлористого натрия и уксусной кислоты в концентрациях 2,5 – 7,5 % по массе (см. таблицу 1).

Растворы электролитов, изменяя свои электрические и диэлектрические характеристики под влиянием многих факторов, в том числе, температуры, давления среды, концентрации вещества в растворителе, частоты протекающего тока, могут быть

применены во многих отраслях промышленности и сферах экономики в качестве датчиков и элементов измерительных приборов.

## Литература.

1. Артемкина, Ю. Электропроводность водных растворов электролитов при бесконечном разведении и предельная высокочастотная проводимость воды / Ю. Артемкина, В. Щербаков // Успехи в химии и химической технологии. – 2012. – т.26 №2. – с. 43-47.
2. Барботина Н. Н. Электропроводность и диэлектрические характеристики водных растворов ряда электролитов в широком интервале концентраций: Автореферат дис. канд. техн. наук. - Москва: РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. - 20 с.
3. Варзин С. А. Сравнение вольт-амперных характеристик в растворах электролитов NaCl и KCl, измеренных с помощью стационарной и импульсной схем / С. Варзин, С. Гуцев, В. Коцюшко // Вестник СПбГУ. Серия 4. Физика. Химия. – 2017. – №2. – с. 131-137.
4. Жидкостный резистор [Текст] : а. с. 1036206 СССР : МПК H01C 11/00 / Бухаров В. Ф., Герасимов А. И, Федоткин А. С ; заявитель и патентообладатель Предприятие ПЯ Г-4665. — № 2958431 ; заявл. 09.07.1980 ; опубл. 29.02.1984, Бюл. № 8
5. Жидкостный резистор [Текст] : а. с. 1046777 СССР : МПК H01C 10/02 / Семкин Б. В., Сотников В. Г., Галанская И. В. ; заявитель и патентообладатель НИИ Высоких напряжений при томском Ордена Октябрьской Революции и Ордена Трудового Красного Знамени политехническом институте им. С. М. Кирова. — № 3361323 ; заявл. 26.11.1981 ; опубл. 07.10.1983, Бюл. № 37
6. Одинаев, С. К статистической теории диэлектрических свойств растворов электролитов / С. Одинаев, Р. Махадбегов // Доклады академии наук Республики Таджикистан. – 2013. – т.56 №5. – с. 381-388.
7. Гамеева, О. С. Физическая и коллоидная химия: учебник для техникумов химико-технических специальностей / Ольга Степановна Гамеева. – М.: Высшая школа, 1969. – 408 с.