

Работа 3.10

Исследование зависимости сопротивления электролитов от температуры и концентрации

Оборудование: термостат, набор стеклянных трубок с электролитами разной концентрации, источник переменного напряжения (BC-24), электронный цифровой прибор Щ4300, электронное измерительное устройство M890G.

Введение

Вещества, в которых при прохождении электрического тока происходят химические превращения, называются *проводниками второго рода* или *электролитами*. Электролитами являются растворы солей, щелочей или кислот в воде и некоторых других жидкостях, а также расплавы солей, которые в твердом состоянии являются *ионными кристаллами*.

Проводимость электролитов обусловлена *электролитической диссоциацией* — распадом на ионы в растворителе молекул растворенного вещества. *Степенью диссоциации* называется отношение числа диссоциированных молекул к общему числу молекул. Степень диссоциации зависит от температуры, концентрации раствора и диэлектрической проницаемости растворителя. С увеличением температуры она возрастает.

Ионы разных знаков, которые возникают при диссоциации, движутся хаотически и при встрече могут объединяться в нейтральные молекулы — *рекомбинировать*. Процессы диссоциации и рекомбинации происходят одновременно. При неизменных условиях в растворе устанавливается *динамическое равновесие*, при котором число молекул, которые диссоциируют на ионы, равно числу пар ионов, которые за то же время рекомбинируют. При этом в любой момент времени оказывается диссоциированной только часть всех молекул. Степень диссоциации характеризуют коэффициентом диссоциации α :

$$\alpha = \frac{n'}{n},$$

где n — концентрация молекул растворенного вещества, n' — концентрация молекул, которые распались на ионы.

При включении электрического поля на хаотическое тепловое движение ионов электролитов накладывается упорядоченное движение положительных ионов в направлении поля к катоду, а отрицательных — к аноду. В результате возникает электрический ток. Плотность этого тока

$$j = n_+ |q_-| v_+ + n_- q_- v_- ,$$

где q_+ и q_- — заряды ионов, n_+ и n_- — концентрация положительных и отрицательных ионов, v_+ и v_- — их средние скорости направленного движения.

Концентрации положительных и отрицательных ионов одинаковы, поэтому

$$n_+ = n_- = \alpha n,$$

где α — коэффициент диссоциации, n — число молекул растворенного вещества в единице объема электролита. Если молекулы диссоциируют на два иона, то

$$|q_+| = |q_-| = q, \text{ а } q = Ne,$$

где $N = 1, 2, 3, \dots$, e — элементарный заряд (заряд электрона). Скорости ионов можно выразить через их подвижности b_+ и b_- :

$$v_+ = b_+ E, \quad v_- = b_- E.$$

Тогда

$$j = \alpha n q (b_+ + b_-) E \text{ или } j = \sigma E,$$

где $\sigma = \alpha n q (b_+ + b_-)$ — удельная электропроводность электролита.

Таким образом, для электролитов выполняется закон Ома.

Опыт показывает, что удельная электропроводность электролитов зависит от температуры. Это вызвано тем, что при повышении температуры возрастает степень диссоциации молекул и подвижность ионов.

Зависимость электропроводности электролитов от концентрации раствора имеет более сложный характер: при малых концентрациях электропроводность электролитов возрастает с увеличением концентрации, достигает максимума, а затем уменьшается. Объяснить явление можно следующим образом.

Дистиллированная вода электрический ток не проводит. Поэтому при небольших концентрациях с ее ростом электропроводность растет из-за увеличения количества носителей зарядов. Одновременно происходит уменьшение расстояния между ионами и между ионами и молекулами растворителя. Если растворитель подобно воде полярный (его молекулы представляют собой диполи), то начинает сказываться кулоновское взаимодействие между ионами и молекулами растворителя. Согласно закону Кулона сила взаимодействия зарядов обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и при малых расстояниях она резко возрастает. В результате ион растворенного вещества, начиная с некоторой концентрации, оказывается окруженным слоем молекул растворителя. В общем случае это явление получило название *сольватации*, а если растворитель вода — *гидратации*. Соответственно, в общем случае слой молекул растворителя, окружающий ион, называется сольватной оболочкой, а если растворитель вода — гидратной. Следствием сольватации (гидратации) является падение подвижности ионов, а значит и падение электропроводности.

При увеличении напряженности поля (более 10 В/м) наблюдается отклонение от закона Ома. Вызвано это тем, что при увеличении скорости ионов их подвижности не остаются постоянными, а зависят от скорости движения ионов.

Целью работы является исследование зависимости сопротивления электролитов от температуры и концентрации.

Описание установки и метода. Исследуемые растворы электролитов разной концентрации находятся в U-образных стеклянных трубках с опущенными в них электродами.

Трубки помещены в термостат, заполненный водой. Температура воды в термостате регулируется с помощью электронагревателя и контактного термометра, а измеряется контрольным электронным термометром. При исследовании зависимости сопротивления электролита от концентрации используется набор трубок с различной концентрацией электролита. Измерения при этом проводятся при комнатной температуре.

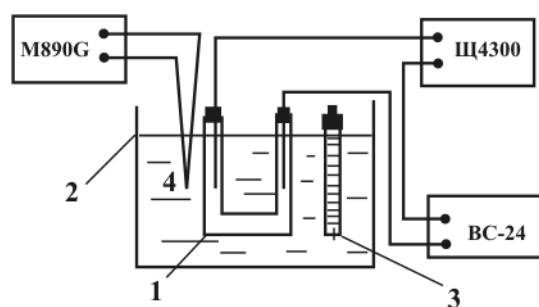


Рис. 3.34

Схема установки для измерения сопротивления электролита приведена на рис. 3.34. Пробирка 1 с исследуемым раствором помещается в термостат 2. Переменное напряжение от источника питания ВС-24 подается на электроды, погруженные в раствор. Ток, проходящий через электролит, измеряется электронным измерительным прибором Щ4300.

Необходимая температура поддерживается с помощью контактного термометра 3 и контролируется электронным измерительным устройством М890G, термопара которого 4 находится в термостате.

Порядок выполнения работы

Задание 1. Исследование зависимости сопротивления электролита от температуры.

1. Соберите схему согласно рис. 3.34.
2. Включите в сеть переменного тока источник питания ВС-24 и установите на выходе переменное напряжение 6 В. Более точно определите это напряжение с помощью прибора Щ4300.
3. Подготовьте электронный цифровой прибор Щ4300 для измерения переменного тока до 50 мА.
4. Подготовьте электронное измерительное устройство М890G для измерения температуры.
5. Определите сопротивление электролита при комнатной температуре по формуле $R_x = U/I$.

6. Включите термостат и выполните аналогичные измерения при разных температурах электролита в интервале от комнатной температуры до 60 °С (через каждые 5 °С).

7. Результаты измерений запишите в таблицу 1 и постройте график $R_x = f(t^\circ)$.

Таблица 1

№ п/п	$t, ^\circ\text{C}$	$U, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$R_x, \text{Ом}$
-------	---------------------	---------------	----------------	------------------

Задание 2. Исследование зависимости сопротивления электролита от концентрации раствора.

1. При комнатной температуре выполните измерения сопротивлений растворов разных концентраций.

2. Результаты измерений запишите в таблицу 2 и постройте график $R_x = f(n\%)$.

Таблица 2

№ п/п	$n, \%$	$U, \text{В}$	$I, \text{мА}$	$R_x, \text{Ом}$
-------	---------	---------------	----------------	------------------



КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Какие вещества называют проводниками второго рода?
2. Объясните механизм проводимости электролита.
3. Что такое диссоциация молекул и рекомбинация ионов?
4. В каких растворителях возможно возникновение электролитической диссоциации?
5. Какие физические явления могут вызвать диссоциацию?
6. Дайте определение коэффициента диссоциации. От чего зависит его величина?
7. Запишите выражение для удельной электропроводности электролита. Объясните физический смысл величин, входящих в эту формулу.
8. Почему при измерении сопротивления электролита используется переменный ток?
9. Как объяснить зависимость сопротивления электролита от концентрации раствора?