

Вольтамперная характеристика воды

Условие

Задача 1. «Вольтамперная характеристика воды»

Приборы и оборудование: сосуд с чистой водой и двумя электродами (медный и алюминиевый), мультиметр, реостат, постоянный резистор с известным сопротивлением, переключатель, соединительные провода, батарейка 4,5 В.

Стакан с водой и двумя электродами из разных металлов представляет собой гальванический элемент (на рисунке показано его обозначение на схемах). В данной работе вам предстоит исследовать этот элемент.



Внимание! Электрические свойства воды изменяются при протекании тока. Ток через воду пропускайте только во время проведения измерений! Мультиметр используйте только в режиме вольтметра!

Часть 1. ЭДС и внутреннее сопротивление?

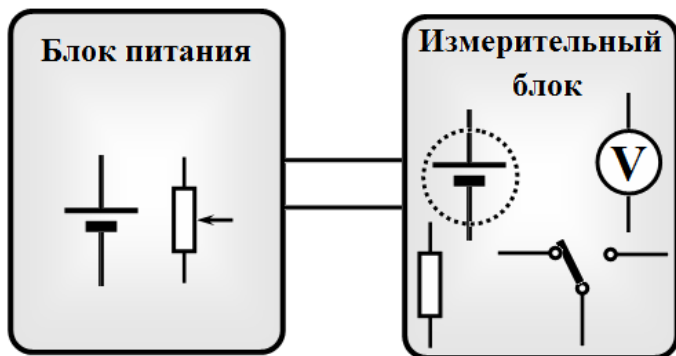
1.1 Измерьте напряжение на электродах вашего элемента при прямом подключении к нему мультиметра в режиме вольтметра. Измерения проведите при нескольких расстояниях между электродами. Можно ли считать это напряжение равным ЭДС источника?

В дальнейших измерениях расстояние между электродами должно быть максимальным (равным диаметру стакана), закрепите электроды на краях стакана!

1.2 Переключите мультиметр в режим измерения сопротивления. Измерьте показания мультиметра (в режиме омметра) при его подключении к электродам элемента. Объясните почему показания изменяются при изменении полярности подключения. Можно ли считать данные показания сопротивлением воды?

Часть 2. Электрическая схема.

В работе Вам предстоит изучить вольтамперную характеристику гальванического элемента, поэтому вам будет необходимо изменять напряжение на исследуемом элементе, а также измерять напряжение и силу тока. Поэтому электрическую схему можно разделить на две части – блок питания и измерительный блок. В качестве подсказки на рисунке показаны элементы, которые мы рекомендуем использовать в каждом блоке.



2.1 Предложите электрическую схему блока питания, позволяющую изменять напряжение в максимальном диапазоне. Учтите, что сопротивление переменного резистора (потенциометра) значительно меньше сопротивления исследуемых элементов.

2.2 Предложите электрическую схему измерительного блока, позволяющую с помощью одно-

го вольтметра измерять как напряжение на гальваническом элементе, так и силу тока через него (естественно с использованием переключателя).

Часть 3. Измерительная.

3.1 Измерьте зависимость напряжения на гальваническом элементе от силы тока через него. Постройте график полученной зависимости. Не забудьте провести измерения при двух направлениях тока.

Условимся считать, положительными значениями силы тока, если он протекает от медного электрода к алюминиевому (аналогично для напряжения).

Часть 4. Эквивалентная схема гальванического элемента.

4.1 Источник электрического тока имеет две характеристики – ЭДС и внутреннее сопротивление. Поэтому реальный источник можно представить в эквивалентном виде: источник ЭДС с нулевым сопротивлением и резистор (без ЭДС). Нарисуйте эквивалентную схему источника, заменив его на два указанных идеальных элемента.

4.2 Для найденных диапазонов напряжений рассчитайте ЭДС и внутреннее сопротивление вашего гальванического элемента, оцените погрешности этих величин.

Решение

Задача 11-1 Вольтамперная характеристика воды.

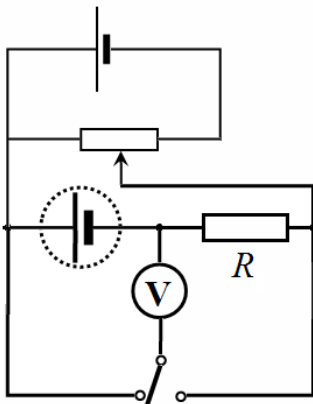
1.1 Вольтметр действительно показывает ЭДС данного гальванического, так как внутреннее сопротивление вольтметра значительно больше сопротивления воды. Показания вольтметра примерно 1,5 В и практически не зависят от расстояния между электродами.

1.2 Показания омметра значительно различают (от кОм до МОм) при изменении полярности подключения – так как источник создает собственную ЭДС, поэтому омметр может показывать все, что угодно. Измерить таким способом внутреннее сопротивление невозможно.

2.1 В работе следует использовать традиционную схему для измерения силы тока и напряжения, а также изменения напряжения. Сила тока рассчитывается как

$$I = \frac{U_R}{R} \quad (1)$$

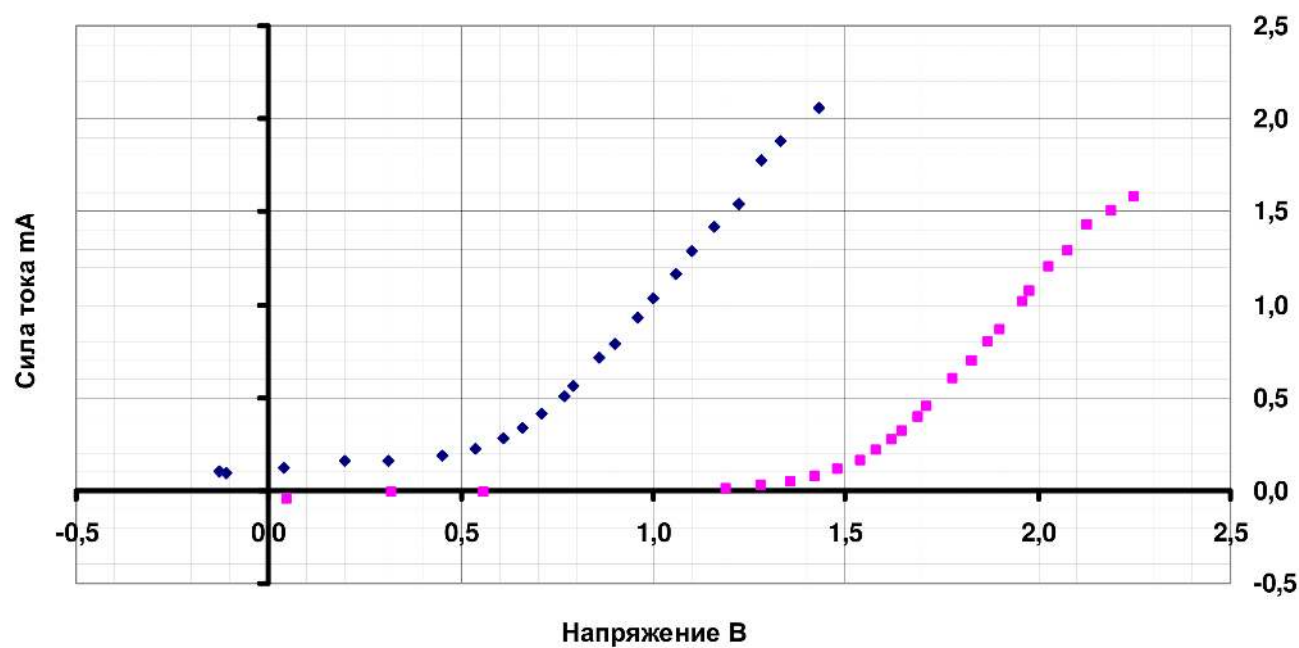
где U_R - напряжение на резисторе, R - его сопротивление.



Результаты измерений зависимости силы тока через элемент от напряжения на нем (при двух полярностях подключения источника приведены в Таблице 1.

- медь				+ медь		
$U_{\text{э}}$	U_{r}	$I_{\text{э}}$ мА		$U_{\text{э}}$	U_{r}	$I_{\text{э}}$ мА
1,43	2,80	2,059		2,25	2,15	1,581
1,33	2,55	1,875		2,19	2,05	1,507
1,28	2,42	1,779		2,13	1,94	1,426
1,22	2,10	1,544		2,08	1,75	1,287
1,16	1,93	1,419		2,03	1,64	1,206
1,10	1,75	1,287		1,98	1,45	1,066
1,06	1,58	1,162		1,96	1,38	1,015
1,00	1,41	1,037		1,90	1,18	0,868
0,96	1,26	0,926		1,87	1,09	0,801
0,90	1,07	0,787		1,83	0,94	0,691
0,86	0,97	0,713		1,78	0,82	0,603
0,79	0,77	0,566		1,71	0,61	0,449
0,77	0,69	0,507		1,69	0,53	0,390
0,71	0,56	0,412		1,65	0,43	0,316
0,66	0,46	0,338		1,62	0,37	0,272
0,61	0,38	0,279		1,58	0,29	0,213
0,54	0,30	0,221		1,54	0,22	0,162
0,45	0,26	0,191		1,48	0,15	0,110
0,31	0,21	0,154		1,42	0,10	0,074
0,20	0,22	0,162		1,36	0,06	0,044
0,04	0,16	0,118		1,28	0,03	0,022
-0,11	0,12	0,088		1,19	0,01	0,007
-0,13	0,14	0,103		0,56	-0,02	-0,015
				0,32	-0,02	-0,015
				0,05	-0,06	-0,044

Рис. 1 ВАХ воды

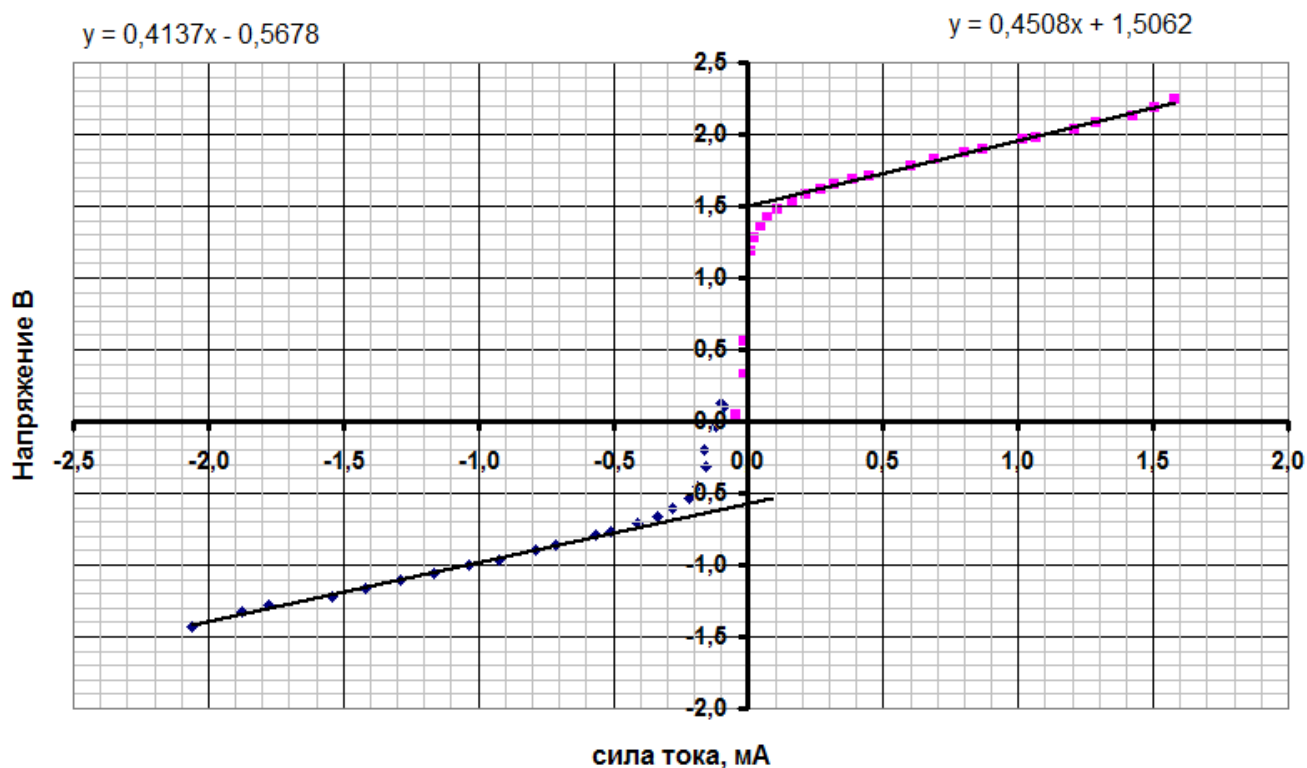


Графики полученных зависимостей показаны на рис. 1 (без учета изменения знака при изменении полярности подключения источника) Полученные зависимости не линейны и не совсем обычные. Для их объяснения и анализа запишем выражение для напряжения на участке цепи, содержащим источник ЭДС

$$U = \varepsilon + Ir \quad (1)$$

Для проверки этого соотношения следует построить график обратной зависимости: напряжения от силы тока, причем с учетом знаков напряжений и токов (рис. 2) **Зависимость напряжения на элементе от силы тока через него**

Зависимость напряжения на элементе от силы тока через него



При каждой полярности подключения источника формула (1) выполняется – что говорит о том, что «чистый» источник ЭДС и его сопротивление на эквивалентной схеме должны быть подключены последовательно.

Однако две ветки полученной зависимости не соответствуют друг другу. Так ЭДС в этих случаях различаются. Следовательно, необходимо признать, что ЭДС зависит от направления протекания тока, так существенно перестраиваются области ионных слоев вблизи электродов. Значения ЭДС и внутреннего сопротивления могут быть найдены по линейным участкам полученной зависимости как коэффициент наклона (внутренне сопротивление) и сдвига прямой (ЭДС). В обоих случаях внутренне сопротивление остается примерно одинаковым и равным примерно 0,4 кОм. Значение ЭДС существенно изменяется от +1,5 В до –0,6 В. Эти параметры и их погрешности могут быть найдены по методу наименьших квадратов.