

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА 2. ГАЛЬВАНИЧЕСКИЕ ЭЛЕМЕНТЫ

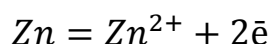
### Цель работы

Ознакомление с электрохимическими процессами, протекающими при работе гальванических элементов, принцип составления гальванических элементов и расчет ЭДС.

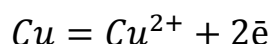
### Краткие теоретические сведения

*Гальванический элемент* – это устройство, в котором окислительно-восстановительные реакции осуществляются на электродах, а химическая энергия непосредственно превращается в электрическую энергию.

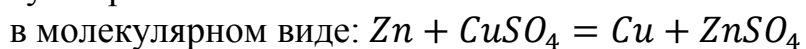
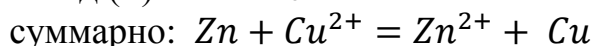
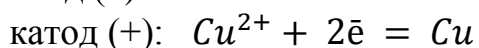
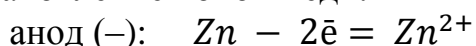
Рассмотрим систему, в которой два электрода находятся в растворах собственных ионов. Примером может служить гальванический элемент Даниэля-Якоби. Он состоит из медной пластины, погруженной в раствор  $CuSO_4$ , и цинковой пластины, погруженной в раствор  $ZnSO_4$ . Сосуды с растворами соединены U-образной трубкой, заполненной электролитом (насыщенный раствор хлорида калия в смеси с агар-агаром). При контакте цинковой пластины с электролитом катионы цинка начинают переходить в раствор до установления равновесия окислительно-восстановительной реакции:



На поверхности медной пластины происходит аналогичный процесс:



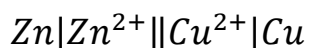
Поскольку потенциал цинкового электрода отрицательнее потенциала медного электрода, то при замыкании внешней цепи, т.е. при соединении цинка с медью металлическим проводником, электроны будут переходить от цинка к меди. Появление тока во внешней цепи приводит к смещению равновесия и как следствие этого к поляризации электродов. На цинковом электроде (*аноде*) происходит потеря электронов – процесс окисления цинка; на медном электроде (*катоде*) происходит присоединение электронов – восстановление ионов меди:



В результате окислительно-восстановительной реакции по внешней цепи (металлический проводник) течет электрический ток от цинкового электрода к медному электроду, а по внутренней цепи (трубка с электролитом) движутся ионы  $SO_4^{2-}$  к цинковому электроду. Цинковый

электрод постепенно растворяется, а на медном электроде выделяется металлическая медь.

При схематической записи, заменяющей рисунок гальванического элемента, границу раздела между проводником 1-го рода и проводником 2-го рода обозначают одной вертикальной чертой, а границу раздела между проводниками 2-го рода – двумя чертами. Схема элемента Даниэля-Якоби, например, записывается в виде



Для упрощения в таких схемах обычно опускается внешняя цепь. Разность равновесных окислительно-восстановительных потенциалов катода и анода определяет *электродвижущую силу* (ЭДС)  $E_{\text{r}}^0$  гальванического элемента, для элемента Даниэля-Якоби она равна

$$E_{\text{r}}^0 = E_{\text{Cu}}^0 - E_{\text{Zn}}^0 = 0,34 - (-0,76) = 1,1 \text{ В.}$$

Чем больше разность стандартных электродных потенциалов металлов, образующих гальванический элемент, тем больше значение ЭДС.

**Концентрационный гальванический элемент.** Необходимую для работы гальванического элемента разность потенциалов можно создать, используя электроды из одного металла и один и тот же раствор электролита, но разной концентрации. В этом случае элемент называется концентрационным и работает за счет выравнивания концентрации растворов, при этом катодом является электрод с большей концентрацией раствора электролита.

ЭДС концентрационного гальванического элемента рассчитывается по уравнению Нернста:

$$E_{\text{кгэ}} = 0,059 \lg(C_2/C_1),$$

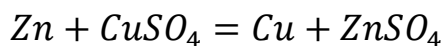
где  $C_2 > C_1$ .

## Экспериментальная часть

### Опыт 1 Составление медно-цинкового гальванического элемента

Составьте медно-цинковый гальванический элемент по схеме ниже приведенного рис. 10.1. Для выполнения этого опыта потребуется 5 стеклянных стаканчиков. В один стаканчик налейте 10–20 мл 1 М раствора  $\text{CuSO}_4$  и поместите медный электрод. В остальные 4 стаканчика налейте такого же объема растворы  $\text{ZnSO}_4$  с концентрациями 0,001; 0,01; 0,1 и 1 моль/л. Электролиты соедините электролитическим мостиком, заполненным насыщенным раствором хлорида калия в смеси с агар-агаром. В раствор  $\text{ZnSO}_4$  наименьшей концентрации поместите цинковый электрод и соедините его через гальванометр с медным электродом металлическим проводом. После замыкания внешней цепи наблюдайте отклонение стрелки гальванометра, обусловленное возникновением электрического тока в

системе вследствие протекания в ней окислительно-восстановительной реакции



Измерьте ЭДС (напряжение) гальванического элемента с помощью гальванометра. Перенесите последовательно цинковый электрод в более концентрированные растворы  $\text{ZnSO}_4$  и снова измерьте ЭДС. Полученные данные занесите в таблицу. По окончании измерений электролитический мостик поместите в раствор хлорида калия.

Запишите электрохимическую схему медно-цинкового гальванического элемента, электронные уравнения электродных процессов и суммарное уравнение реакции.

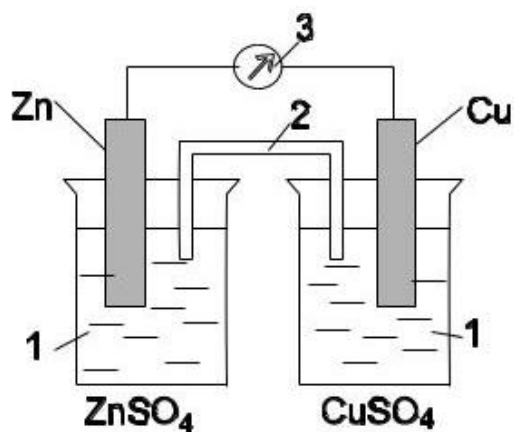


Рис. 10.1. Гальванический элемент: 1 – растворы  $\text{ZnSO}_4$  и  $\text{CuSO}_4$ ; 2 – электролитический мостик; 3 – гальванометр

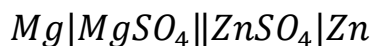
Рассчитайте электродные потенциалы  $E_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}}^0$  для указанных концентраций по уравнению Нернста и ЭДС элементов. Данные расчетов занесите в табл. 10.1. Сравните вычисленную ЭДС с экспериментально полученными значениями.

Таблица 10.1

$[\text{Me}^{n+}]$ , моль/л		$E_{\text{Me}/\text{Me}^{n+}}$ , В		ЭДС, В		Ошибка измерения
$[\text{Cu}^{2+}]$	$[\text{Zn}^{2+}]$	$\dot{A}_{\text{Cu}/\text{Cu}^{2+}}^0$	$\dot{A}_{\text{Zn}/\text{Zn}^{2+}}^0$	Экспериментальная	Расчетная	
1	0,001	0,34				
1	0,01	0,34				
1	0,1	0,34				
1	1	0,34	-0,76			

По данной электрохимической схеме напишите электронные уравнения электродных процессов, суммарное уравнение реакции и вычислите стандартную ЭДС элемента.

По схеме медно-цинкового гальванического элемента составьте гальванический элемент по нижеприведенной схеме и определите ЭДС:



### Опыт 2 Концентрационный гальванический элемент

Для проведения опыта воспользуемся прибором предыдущего опыта. Два стаканчика заполните одним и тем же электролитом, а именно, сульфатом цинка, но различной концентрации. В стаканчик 1 налить раствор 1 М концентрации, в стаканчик 2 – 0,01 М концентрации. После замыкания внешней цепи наблюдайте за отклонением стрелки гальванометра, обусловленным возникновением электрического тока в системе вследствие выравнивания концентраций исходных растворов электролитов.

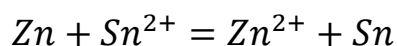
Показания гальванометра занесите в рабочий журнал и сравните с теоретическим значением ЭДС концентрационного гальванического элемента, рассчитанной по уравнению Нернста.

Напишите уравнения реакций, протекающих на электродах.

### Примеры решения типовых задач

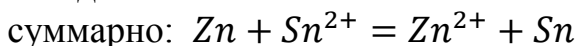
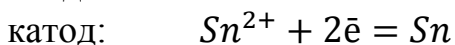
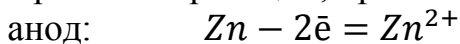
**Пример 1.** Составить схему гальванического элемента, в котором цинковый и оловянный электроды опущены в раствор собственных ионов с концентрацией  $[Zn^{2+}] = 10^{-4}$  моль/л,  $[Sn^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л. Написать уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде; рассчитать ЭДС.

**Решение.** Согласно значениям стандартных электродных потенциалов, система  $Sn^{2+} + 2e = Sn$  по отношению к системе  $Zn^{2+} + 2e = Zn$  будет окислителем, т.е. при их контакте электроны будут переходить от  $Zn$  к ионам  $Sn^{2+}$ :

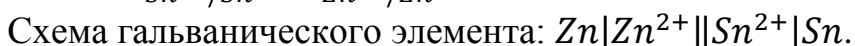
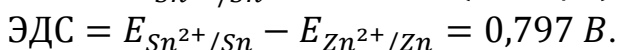
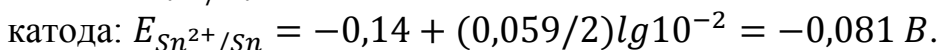
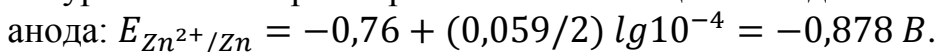


На цинковом электроде (аноде) происходит потеря электронов – окисление цинка; на оловянном электроде (катоде) происходит потеря электронов – восстановление ионов олова.

Уравнения реакций, протекающих на электродах, записываются так:

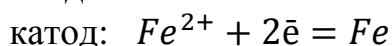
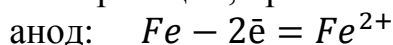


По уравнению Нернста рассчитать потенциал каждого электрода:



**Пример 2.** Составить схему концентрационного гальванического элемента, в котором железные электроды опущены в растворы электролитов с концентрацией  $[Fe^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л у одного электрода и  $[Fe^{2+}] = 10^{-6}$  моль/л у другого электрода. Написать уравнения реакций, протекающих на катоде и аноде; рассчитать ЭДС.

Решение. Электрод с большей концентрацией раствора электролита ( $[Fe^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л) будет являться катодом по отношению к электроду с меньшей концентрацией раствора электролита ( $[Fe^{2+}] = 10^{-6}$  моль/л). Уравнения реакций, протекающих на электродах, записываются так:



$$\text{ЭДС} = 0,059/2(\lg 10^{-2}/10^{-6}) = 0,118 \text{ В.}$$

Схема концентрационного гальванического элемента:  
 $Fe|Fe^{2+}||Fe^{2+}|Fe$ .

### Контрольные вопросы и задачи

1. Какие процессы называют электрохимическими? Покажите взаимосвязь между химической и электрической формами энергии.
2. Что такое электродный потенциал? Каковы процессы, приводящие к возникновению электродного потенциала?
3. Что такое стандартный электродный потенциал?
4. От каких факторов зависит электродный потенциал? Проанализируйте уравнение Нернста?
5. Что такое гальванический элемент? Опишите принцип работы элемента Даниэля-Якоби.
6. Что такое ЭДС гальванического элемента?
7. Какие гальванические элементы называют концентрационными? Как рассчитать ЭДС таких элементов?
8. Какой из гальванических элементов обладает наибольшей ЭДС:  $Ca|Ca^{2+}||Ag^+|Ag$ ;  $Fe|Fe^{2+}||Ag^+|Ag$ ;  $Zn|Zn^{2+}||Ni^{2+}|Ni$ ;  $Mg|Mg^{2+}||Pb^{2+}|Pb$ ? Ответ подтвердите расчетами.
9. Рассчитайте электродный потенциал магния в растворе его соли при концентрации  $[Mg^{2+}] = 0,1$  моль/л.
10. Рассчитайте ЭДС медно-кадмиевого элемента при  $[Cd^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л и  $[Cu^{2+}] = 10^{-4}$  моль/л.
11. Вычислите ЭДС концентрационного элемента при  $[Ni^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л у одного электрода и  $[Ni^{2+}] = 10^{-6}$  моль/л у другого электрода.
12. Определите концентрацию ионов меди в растворе, если ЭДС медно-цинкового элемента равна 1,16 В и  $[Zn^{2+}] = 10^{-2}$  моль/л.

13. Гальванический элемент составлен из серебряного электрода, погруженного в 1 М раствор  $AgNO_3$  и стандартного водородного электрода. Чему равна его ЭДС?
14. Исходя из значений стандартных электродных потенциалов и  $G_{298}^{\circ}$ , укажите, можно ли в гальваническом элементе осуществить реакцию

