

## Концентрационные потенциалы (уравнение Нернста)

### Цели эксперимента

- Показать условия, при которых разность потенциалов может существовать даже между двумя гальваническими элементами из одного и того же металла.
- Объединить одинаковые половины гальванических элементов.
- Измерить концентрационные потенциалы.
- Воспользоваться уравнением Нернста.

### Введение

Когда гальванический элемент состоит из одних и тех же веществ, например, меди и медной соли, но с разными электролитическими концентрациями, можно измерить разность потенциалов  $E$ . В 1889 году Вальтер Нернст описал это явление в своей работе.

Такие системы стремятся уравновесить свою концентрацию. При этом необходимо поддерживать электронейтральность. Диффузионное равновесие может быть достигнуто двумя способами (см. рис. 2).

1. Ионы меди и сульфат-ионы диффундируют через полупроницаемую мембрану.

2. Медь растворяется или диссоциирует на электроде. Затем происходит следующая окислительно-восстановительная реакция:

Red.:  $\text{Cu}^{2+} + 2e^- \rightarrow \text{Cu}^0$  половина с высокой концентрацией  
 Ox.:  $\text{Cu}^0 \rightarrow \text{Cu}^{2+} + 2e^-$  половина с низкой концентрацией

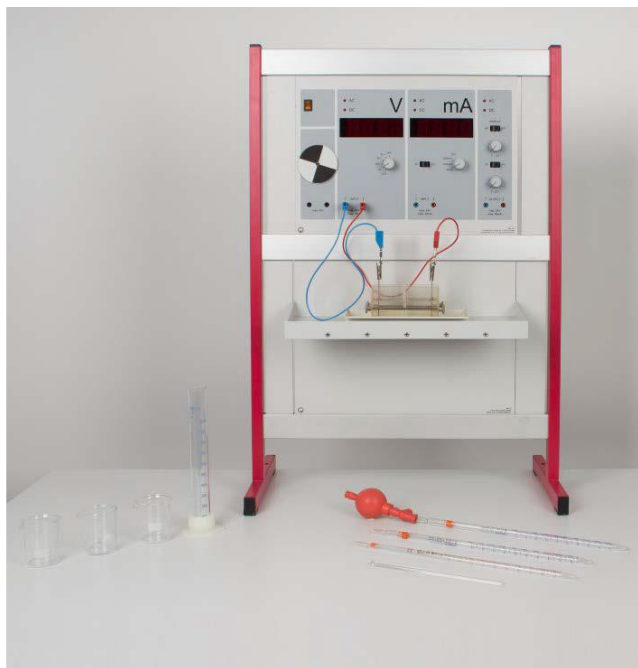


Рисунок 1 Экспериментальная установка и материалы.

Если электроды соединены таким образом, что высвободившиеся электроны ( $e^-$ ) проходят по проводнику, происходит выравнивание заряда и может быть получена электрическая энергия.

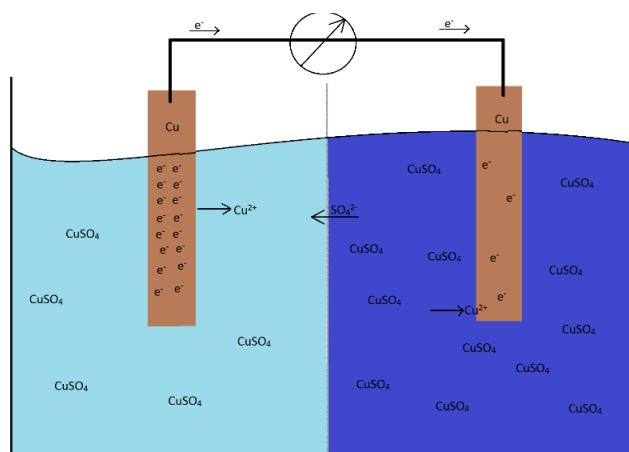


Рисунок 2 Зарисовка к эксперименту

Этот электрохимический процесс был описан Нернстом с помощью дифференциального уравнения, называемого уравнением Нернста.

$$E = E^0 + \frac{RT}{zF} \ln \frac{c_{ox}}{c_{red}}$$

$E^0$ : стандартный электродный потенциал

$R$ : универсальная газовая постоянная

$T$ : абсолютная температура в градусах Кельвина

$z$ : число электронов, участвующих в процессе

$F$ : постоянная Фарадея

$c_{ox}$ : концентрация окислительно-восстановительного партнера

Если подставить все константы теперь и если во внимание коэффициент преобразования натурального логарифма в десятичный, общее уравнение Нернста примет следующий вид.

$$E = E^0 + \frac{0.059V}{z} \ln \frac{c_{ox}}{c_{red}}$$



Решение уравнения описывает не только гальванические элементы, но и любую окислительно-восстановительную реакцию. С его помощью можно определить константу равновесия для окислительно-восстановительной реакции, если частичные окислительно-восстановительные реакции могут быть установлены на отдельных элементах.

Уравнение Нернста имеет очень широкое применение. Например, оно используется для определения концентрации и проведения потенциометрического титрования в лаборатории, при анализе и измерении кислотности среды pH.

В этом эксперименте гальванический элемент собирается с использованием одинаковых полуэлементов с разными электролитическими концентрациями (см. Рис. 2). Затем зависимость потенциала от концентрации устанавливается с использованием уравнения Нернста.

### Меры предосторожности

**ВНИМАНИЕ:** Медный купорос может вызвать раздражение глаз. Всегда носите лабораторный халат и защитные очки. Избегайте контакта с кожей. Не выливайте раствор в раковину. NaOH вызывает коррозию. Избегайте контакта с кожей и глазами. При использовании носите лабораторный халат и защитные очки. Не выливайте раствор в раковину.

Сульфат меди (II)	
	<b>Факторы опасности</b> H411 Очень токсично для водных организмов с долгосрочным воздействием. <b>Меры предосторожности</b> P273 Избегайте попадания в окружающую среду.
<b>Осторожно</b>	
Раствор медного купороса, 1 моль / л	
	<b>Факторы опасности</b> H290 Может вызывать коррозию металлов. <b>Меры предосторожности</b> P234 Хранить только в заводской упаковке. P390 Absorbировать пролитое вещество, чтобы предотвратить материальный ущерб.
<b>Осторожно</b>	

<b>Оборудование и химикаты</b>
1 Демонстрационный блок, CPS
1 Панельная рама C50, двухуровневая, для CPS
1 Электрохимический стол, CPS
1 Набор принадлежностей для электрохимии
1 Электролизер
1 Поддон
2 Бумажная диафрагма
2 Крокодиловые зажимы
2 Соединительные провода
2 Медные электроды
1 Мерный цилиндр, 100 мл
2 Стакан, 150 мл
1 Стакан, 600 мл
1 Стеклопалочка для перемешивания
2 Градуированная пипетка, 10 мл
1 Шар для дозирования (шар Пелея)
1 Вода, дистиллированная, 1 л
1 Раствор медного купороса, прибл. 1 моль / л
1 Раствор гидроксида натрия, 0,1 моль / л

### Подготовка к эксперименту

#### Подключение оборудования

Поместите демонстрационный блок и электрохимический стол в панельную раму. Поместите поддон для сбора капель в

центр электрохимического стола. Закрепите два полуэлемента электролизера винтами, оставив зазор шириной около 0,5 см. В этом зазоре разместите две бумажные диафрагмы одна на другую и плотно закрепите два полуэлемента винтами. Теперь электроды должны быть изолированы. Поместите по медному электроду в каждый из крайних пазов (см. Рис. 1).

#### Подготовка эксперимента

Используются растворы с концентрацией 0,1 моль/л и 0,01 моль / л. На каждый полуэлемент требуется 80 мл раствора.

Поместите шар для дозирования на градуированную пипетку и сначала наберите 9 мл сульфата меди (1 моль / л). Перелейте в первый стакан (150 мл). Затем добавьте 81 мл воды. Перемешайте раствор стеклянной палочкой. Наберите 9 мл этого раствора (с молярной концентрацией 0,1) и перелейте его во второй стакан (150 мл). Добавьте 81 мл воды и перемешайте стеклянной палочкой. Во избежание путаницы промаркируйте стаканы.

На демонстрационном блоке переключите селектор (6) (рис. 3) на внешний источник питания (EXT). Установите переключатель (8) на панели в положение постоянного тока (DC). Отрегулируйте тумблер переключения напряжения (15) в соответствии с измерением.

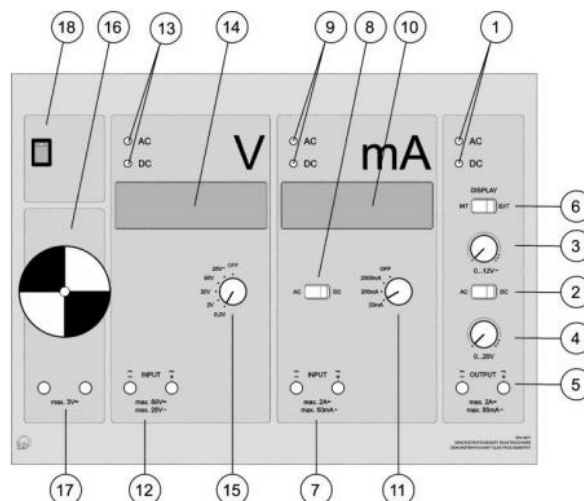


Рисунок 3 Электрохимическая демонстрационная установка.

Подключите два электрода ко входу (12) вольтметра (см. Рис. 4), используя два соединительных провода с крокодиловыми зажимами, и установите необходимое значение с помощью регулятора (0,2 В – 2 В должно быть достаточно).

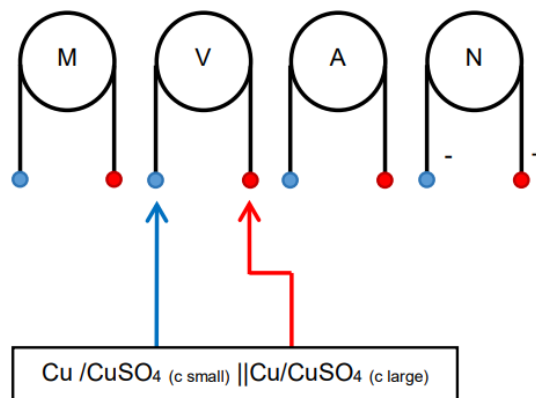


Рисунок 3 Схема эксперимента.

### Проведение эксперимента

Залейте 0,1-молярный раствор в один полуэлектрод, а 0,01-молярный раствор в другой. Запишите измерение. По окончании эксперимента емкости опустошают и промывают.

### Наблюдение

Наблюдается разность потенциалов 272 мВ.

### Результаты

Используя уравнение Нернста, мы можем сравнить экспериментально определенные значения с теоретически рассчитанными значениями. Упрощенное уравнение Нернста:

$$E = E^0 + \frac{0,059\text{В}}{z} \ln \frac{c_{ox}}{c_{red}}$$

Если подставить концентрации (с, разные концентрации), валентность ( $z = 2$  для меди) и стандартный потенциал ( $E = 0,337$  для меди), то получится следующий результат:

$$E = 0,337\text{ В} + \frac{0,059\text{В}}{2} \ln \frac{0,1}{0,01} = 0,307\text{ В}$$

Теоретическое значение 307 мВ несколько выше измеренного значения 272 мВ (отклонение примерно 10%).

### Очистка и утилизация

Перелейте растворы в стакан (600 мл) и дайте остыть. Добавьте холодный разбавленный раствор NaOH. Выпадет в осадок бело-голубое твердое вещество, которое окажется нерастворимым. Пропустите его через сложенный фильтр и добавьте к раствору еще NaOH. Если осадок больше образуется, раствор можно слить в канализацию. Если фильтрат имеет синий цвет, необходимо увеличить концентрацию раствора путем легкого нагревания, либо путем испарения в вытяжном шкафу. Дайте фильтру высохнуть в вытяжном шкафу, а затем утилизируйте его вместе с твердыми неорганическими отходами.

