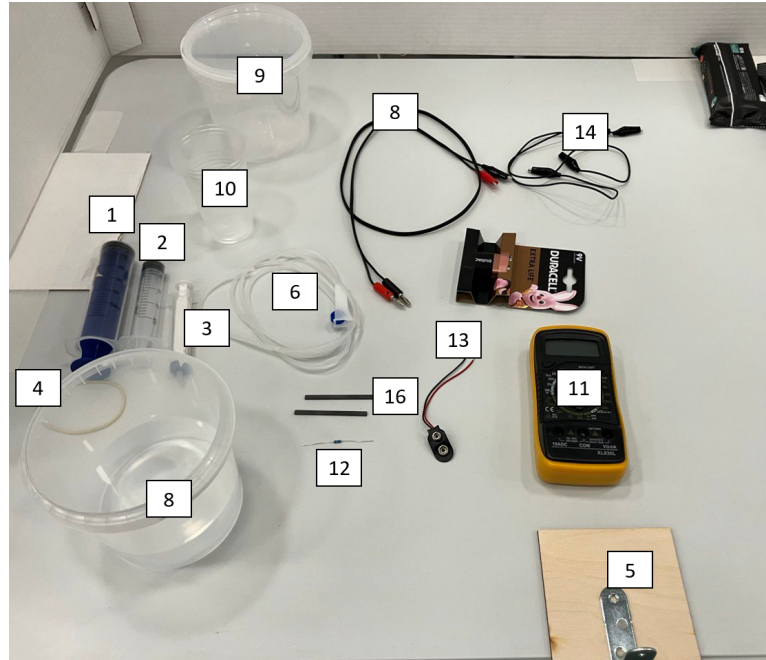




М1В - Ионная проводимость

Оборудование:

1. Шприц 50 мл
2. Шприц 20 мл
3. Шприц 10 мл
4. Резинка
5. Фиксированная на столе деревянная подставка
6. Шланг капельницы длиной $L = 150$ см
7. Баночка с раствором хлорида натрия NaCl с концентрацией 2.0 моль/л
8. Ведро с чистой водой
9. Ведро для слива
10. Два пластиковых стакана
11. Мультиметр
12. Резистор
13. Батарейка крона с холдером
14. Пара проводов крокодил-крокодил
15. Пара проводов банан-крокодил
16. Графитовые электроды



Один моль вещества это такое количество вещества, в котором содержится $N_A = 6.02 \cdot 10^{23}$ моль⁻¹ молекул.

В начале прошлого века Петр Дебай и Эрих Хюккель разработали первую теорию поведения заряженных частиц в окружении большого количества других заряженных частиц. Несмотря на то, что этот подход позволил количественно объяснить многие явления в плазме и электролитах, многие фундаментальные вопросы связанные с поведением ионов в растворах до сих пор остаются нерешенными.

В1 Измерьте площадь внутреннего сечения S шланга капельницы.

0.5

В2 Измерьте сопротивление выданного резистора R и сопротивление вольтметра R_V . Считайте, что сопротивление вольтметра R_V не зависит от его режима работы.

0.5

Для теоретического описания микроскопических явлений в электролите удобнее использовать удельную проводимость κ (каппа) вместо удельного сопротивления ρ . При этом сопротивление R между концами **длинного** провода длиной L и сечением S выражается через его удельную проводимость как

$$R = \frac{L}{\kappa S}.$$

Если электрический ток I равномерно течет через провод с площадью поперечного сечения S , то говорят о плотности электрического тока $j = I/S$.

В3 Укажите размерность κ .

0.5



Обратите внимание, что из-за различных поверхностных химических явлений на границах раздела «раствор-электрод» всегда образуются паразитная ЭДС, которая может медленно меняться со временем. Ваши дальнейшие измерения должны учитывать эту ЭДС. Будет лучше всего, если эта ЭДС не будет изменяться и не будет содержаться в формулах для пересчета.

Контактировать с электролитом должны ТОЛЬКО графитовые стержни, так как их поверхность в гораздо большей степени инертна, чем поверхность металлов.

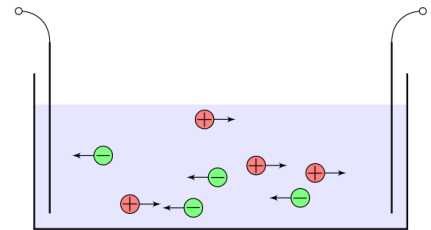
В4 Зарисуйте установку, которую вы будете использовать для измерения удельной проводимости κ . Любые подробности о проводимых измерениях объясняйте ТОЛЬКО рисунками. Измерьте зависимость удельной проводимости раствора κ от молярной концентрации c соли в нем. Получите не менее 10 точек. *Примечание:* в установке для измерения κ вы должны надежно понимать как устроены токи в той области пространства, на которой падает большая часть приложенного напряжения. **4.0**

В растворе соль NaCl полностью распадается на заряженные ионы Na^+ и Cl^- , то есть в растворе соли с молярной концентрацией c эта соль существует в виде ионов натрия Na^+ с концентрацией c и ионов хлора Cl^- тоже с концентрацией c . Заряд ионов равен $\pm e$, где $e = 1.60 \cdot 10^{-19}$ Кл. Дальше в ходе задачи будем называть ион натрия просто положительно заряженным и приписывать ему индекс «+» а ион хлора отрицательно заряженным и приписывать ему индекс «-».

Оба типа ионов под действием внешнего поля \vec{E} начинают двигаться и создают электрический ток. На любыедвигающиеся в жидкости объекты действует сила вязкого трения $\vec{F} = -\mu\vec{v}$, где величина μ называется подвижностью. Вязкость воды $\eta = 8.9 \cdot 10^{-4}$ Па · с.

В5 В ванночке с электролитом за счет источника напряжения было создано электрическое поле E такое, что ионы начали двигаться в направления указанных на рисунке. **2.5**

1. Укажите направление поля E .
2. Найдите скорости движения ионов v_+ и v_- .
3. Найдите плотность электрического тока j и удельную проводимость κ раствора.

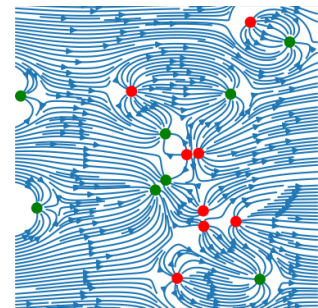


Влиянием ионов друг на друга пренебрегайте. Ответы выразите через подвижности ионов μ_+ и μ_- и их молярную концентрацию $c_+ = c_- = c$.

Зависимость κ от c в прошлом пункте задачи получается линейной, поэтому вводится понятие молярной проводимости $\Lambda = \kappa/c$. При изучении реальных растворов мы наблюдаем отклонения от прямой при больших значениях c .

Эти отклонения легко объяснить качественно: при построении теории мы не учли взаимодействие ионов друг с другом. При повышении концентрации среднее расстояния между ионами начинает уменьшаться, поэтому двигающиеся в противоположные стороны ионы начинают пролетать на маленьких расстояниях друг рядом с другом. Взаимодействие между ионами имеет кулоновский характер и применима аналогия с гравитацией: чем меньше прицельный параметр тем сильнее отклонение.

Чтобы описать только подвижность ионов (и пренебрегать их взаимодействием) используется понятие предельной молярной проводимости: $\Lambda_0 = \Lambda(c = 0)$.



В6 Постройте график κ от c и определите значение Λ_0 для раствора NaCl. Обратите внимание, что выданная вода содержит следовые количества других солей. **1.0**

В7 Считая радиус ионов Na^+ и Cl^- одинаковым и равным r , оцените его величину по порядку. **1.0**