

Майер Р.В.
Глазовский государственный педагогический институт
ИЗУЧЕНИЕ ДИФФУЗИИ ПУТЕМ ИЗМЕРЕНИЯ
СОПРОТИВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЛИТА

Диффузией называется явление самопроизвольного перемешивания соприкасающихся веществ, обусловленное хаотическим движением молекул. Согласно закону Фика, масса вещества, переносимого за время dt через элементарную площадку dS пропорциональна градиенту плотности, площади dS и времени dt :

$$dM = -D \frac{d\rho}{dx} \cdot dS \cdot dt.$$

Знак “-” показывает, что молекулы диффундируют в направлении уменьшения плотности (концентрации).

Мысленно разобьем длинный сосуд на N элементарных объемов, зададим начальное распределение концентрации молекул c_i ($i = 1, 2, \dots, N$), и коэффициент диффузии D . Количество молекул, переходящих из слоя $i-1$ в слой i за малый промежуток времени Δt , пропорционально разности концентраций c_{i-1} и c_i . Аналогично, число молекул, переходящих из слоя $i+1$ в слой i за то же время пропорционально разности концентраций c_{i+1} и c_i . Поэтому концентрация молекул в i -ом слое в момент $t + \Delta t$ равна: $c_i + D \cdot (c_{i+1} - c_i) + D \cdot (c_{i-1} - c_i)$. Один из вариантов программы, моделирующей диффузию, представлен ниже. Графики зависимости концентрации от координаты в различные моменты времени изображены на рис. 1.

```
SCREEN 12: N = 100: D = .5: DIM c(N), cc(N)
FOR i = 1 TO N: IF i < INT(N / 2) THEN c(i) = 10 ELSE c(i) = 0
CIRCLE (5 * i, 400 - 20 * c(i)), 1: NEXT: cc(1) = c(1)
WHILE INKEY$ = ""
cc(1) = c(1) - D * (c(1) - c(2)): cc(N) = c(N) - D * (c(N) - c(N - 1))
FOR i = 2 TO N - 1
cc(i) = c(i) - D * (c(i) - c(i + 1)) - D * (c(i) - c(i - 1))
NEXT: CLS
FOR i = 1 TO N: c(i) = cc(i): CIRCLE (5 * i, 400 - 20 * c(i)), 1
NEXT: WEND
```

Программа 1.

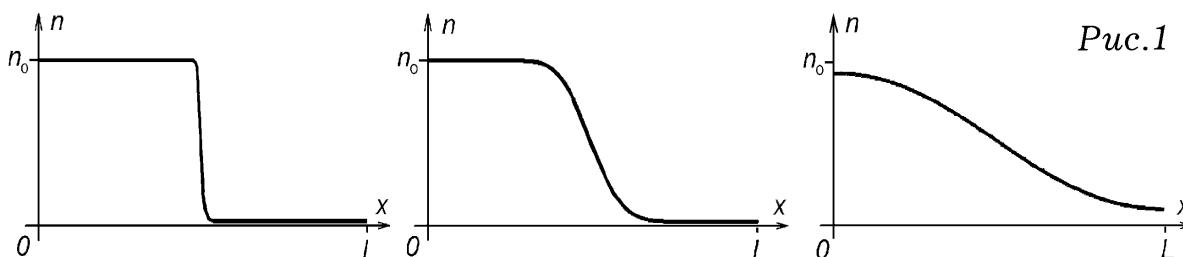


Рис.1

Для экспериментального изучения диффузии в жидкостях можно использовать метод измерения концентрации ионов соли по сопротивлению электролита. Установка состоит из основания с вертикальной направляющей, по которой перемещается кронштейн с зондом (рис.2), входящим в мензурку с раствором поваренной соли. На направляющей находится шкала с миллиметровыми делениями. Высота мензурки 20 см. Зонд представляет собой стеклянную трубку, через которую пропущены два медных провода ПЭЛ диаметром 0,5 – 1 мм. Они снизу очищены от изоляции, загнуты и разведены на расстояние 2 – 4 мм. Возможен вариант, когда один провод расположен соосно с трубкой, а другой изогнут в виде кольца. Подобная конструкция контактов зонда ограничивает объем, по которому будет течь ток и снижает погрешность измерения координаты точки, в которой осуществляется измерение концентрации электролита.

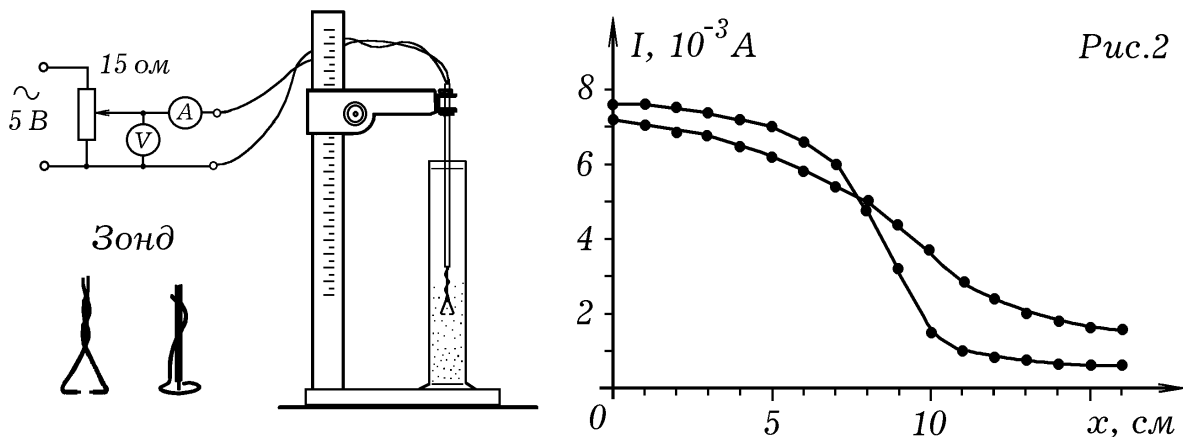


Рис.2

Зонд через реостат сопротивлением 15 Ом и амперметр подключают к источнику переменного напряжения (например, ВС-24М). Напряжение питания составляет 5-10 В. Перед началом эксперимента мензурку наполовину наполняют электролитом, затем аккуратно доливают чистой воды. Плавно погружают зонд, измеряя его координату и силу тока через 1 см. Измерения повторяют несколько раз через 1-2 дня.

В качестве электролита удобно использовать насыщенный раствор поваренной соли, коэффициент диффузии которой при температуре 291 К достаточно высок и лежит в интервале $(1,26 - 1,49) \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, в то время как у медного купороса $(0,27 - 0,45) \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$, то есть существенно ниже.

Перед проведением очередной серии измерений следует зачистить торцы электродов и выполнить контрольное измерение. Регулируя напряжение питания, добиваются определенного значения тока. В наших опытах при концентрации по массе 6 % ток составлял 3-5 мА. В принципе прибор можно отградуировать, для этого необходимо провести серию измерений тока в различных растворах с известной концентрацией поваренной соли.

Пример экспериментальных графиков зависимости концентрации соли от высоты приведен на рис. 2, справа. Кривая 1 соответствует начальному распределению медного купороса по высоте мензурки. Кривая 2 получена через четыре дня после начала опыта.

Рассмотренный эксперимент хорош тем, что позволяет познакомить учащихся и студентов с объективным методом измерения концентрации ионов по проводимости электролита.

Литература

1. Гершензон, Е.М. Малов, Н.Н., Мансуров, А.Н., Эткин, В.С. Курс общей физики: Молекулярная физика. [Текст] — М.: Просвещение, 1982. — 207 с.
2. Рабинович, В.А., Хавин, З.Я. Краткий химический справочник. [Текст] — Л.: Химия, 1978. — 392 с.
3. Сивухин, Д.В. Общий курс физики. Т.2. Термодинамика и молекулярная физика. [Текст]. — М.: Наука, 1979. — 552 с.