

**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  $\Delta t$ , 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.

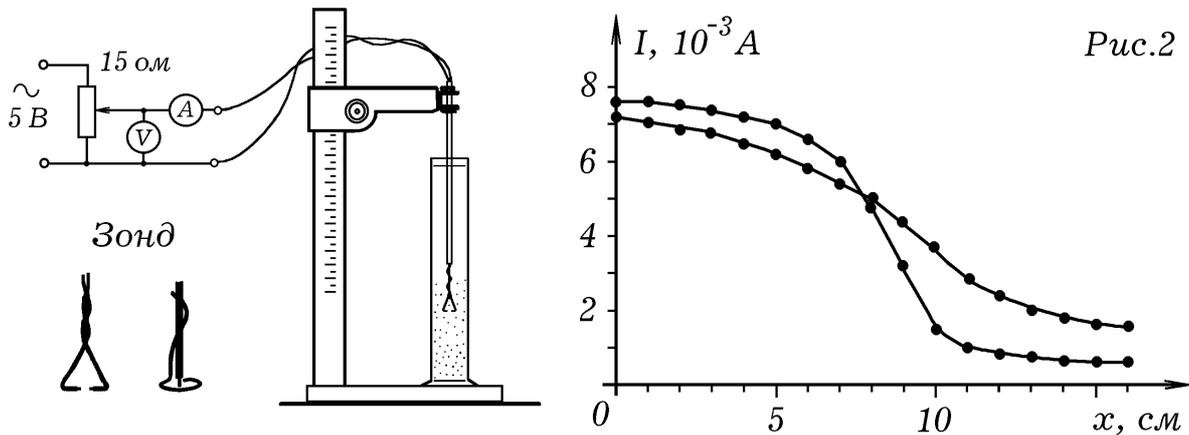


Рис.2

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.