

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ В ЖИДКИХ РАСТВОРАХ

Semenov I.A.

EXPERIMENTAL ESTIMATION OF THE DIFFUSION COEFFICIENT IN LIQUID SOLUTIONS

Аннотация. В работе рассмотрен способ экспериментальной оценки молекулярной диффузии в водных растворах. Способ основан на решении уравнения нестационарной молекулярной диффузии в безразмерном виде.

Ключевые слова: молекулярная диффузия, водный раствор медного купороса.

Abstract. The paper describes a method for experimental evaluation of molecular diffusion in aqueous solutions. The method is based on solving the equation of non-stationary molecular diffusion in dimensionless form.

Keywords: molecular diffusion, aqueous solution of copper sulphate.

Значение коэффициента диффузии вещества в смеси определяет скорость молекулярной диффузии. Значение коэффициента D участвует в расчетах скорости массопереноса при проектировании аппаратов химической промышленности [1].

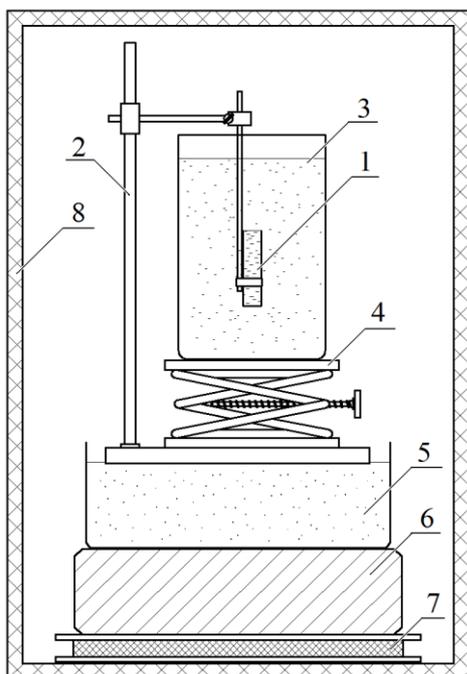


Рисунок 1 – Экспериментальная установка по оценке коэффициента молекулярной диффузии

В работе выполнена оценка значения коэффициента молекулярной диффузии для ионов медного купороса в водном растворе. Для этого была разработана экспериментальная установка, схема которой изображена на рис. 1.

Экспериментальная установка представляла собой кювету 1, которую закрепляли на штативе 2. В ходе опыта кювета находилась внутри емкости с чистой водой 3. Установка емкости 3 по высоте выполнялась при помощи регулировочной платформы 4. Чтобы уменьшить воздействие внешних вибраций из помещения лаборатории вся конструкция устанавливалась на слое песка 5 и тяжелом металлическом грузе 6 с пенопластовой прокладкой 7. Для предотвращения резких колебаний температур в ходе измерения вся установка устанавливалась в шкаф с теплоизоляционными стенками 8.

Изначально в кювету заливался раствор исследуемого вещества с известной начальной концентрацией C_0 . За счет подъема регулировочной платформы 4 зафиксированная на штативе 2 кювета 1 погружалась в емкость 3. В начале процесса образовывалась граница раздела двух фаз: раствора в кювете и чистого растворителя в емкости. Именно этот момент фиксировался как начальная точка отсчета времени процесса массопереноса растворенного вещества из кюветы 3 в емкость с водой 1.

Кювета помещалась в объем дистиллированной воды с такой скоростью, чтобы не вызвать излишнюю турбулентность среды и не нарушить перепад концентраций вещества на выходе из кюветы. После этого экспериментальная установка оставлялась на длительное время в шкафу с теплоизолирующими стенками. В течение этого времени растворенное вещество диффундировало из кюветы в большой объем чистого растворителя – воды.

Диффузия вещества в слое жидкости, которая находится в состоянии покоя, описывается уравнением нестационарной молекулярной диффузии. В безразмерном виде это уравнение можно представить как:

$$\partial\omega/\partial\tau = \partial^2\omega/\partial\eta^2,$$

где: $\omega=C/C_0$ – безразмерная концентрация; $\eta=x/h$ – безразмерная координата; $\tau=t\cdot D/h^2$ – безразмерное время; C_0 – начальная концентрация вещества раствора в кювете, кг/м^3 ; h – глубина кюветы, м; t – время процесса, с.

Начальные и граничные условия для данного процесса имеют вид:

$$\tau=0, 0<\eta<1: \omega=1; \quad \tau>0, \eta=0: \omega=0; \quad \tau>0, \eta=1: \partial\omega/\partial\eta=0.$$

Решение данного уравнения для усредненной концентрации раствора в кювете может быть получено в виде следующего бесконечного ряда:

$$\bar{\omega} = 1 + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{8}{k(n)^2 \pi^2} \sin\left(k(n)\frac{\pi}{2}\right)^2 \left\{ \exp\left[-\left(k(n)\frac{\pi}{2}\right)^2 \tau\right] - 1 \right\}.$$

В эксперименте измерялось время процесса перехода вещества из кюветы в большой объем чистого растворителя. По окончании процесса кювета извлекалась и измерялась остаточная концентрация раствора в ней $\bar{\omega}$. Экспериментальные значения $\bar{\omega}$ позволило при помощи метода Ньютона оценить соответствующее ей неизвестное безразмерное время τ , из которого, в свою очередь, высчитывалось значение коэффициента диффузии D . Для водного раствора медного купороса в воде оно составило $3,8 \cdot 10^{-10} \text{ м}^2/\text{с}$.

Описанный метод экспериментальной оценки значения молекулярной диффузии может аналогичным образом применен к другим жидким системам.

ЛИТЕРАТУРА

1 Никольский, Б.П. Справочник химика. В 6-ти т., – Т.3. – Москва : Химия, 1965 – 1008 с.