

ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра физической химии

Отчет по лабораторной работе №3

По дисциплине: Термодинамика и кинетика
(наименование учебной дисциплины согласно учебному плану)

Тема: Определение константы диссоциации слабого электролита
кондуктометрическим методом

Автор: студент гр. ГНГ-21-2 _____ Анненкова М.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

Автор: студент гр. ГНГ-21-2 _____ Дмитровская Д.П.
(подпись) (Ф.И.О.)

ОЦЕНКА: _____

Дата: _____ 2023 г.

ПРОВЕРИЛ _____ / _____ /
(должность) (подпись) (Ф.И.О.)

Санкт-Петербург
2023 год

Цель работы: определить степень и константу диссоциации слабой кислоты путем измерения электропроводности раствора.

Сущность работы: электропроводность раствора электролита зависит от концентрации ионов в растворе и их подвижности. В растворах слабых электролитов концентрация ионов зависит от степени диссоциации. Получив зависимость электропроводности от концентрации электролита, вычисляют его степень диссоциации и константу диссоциации слабого электролита.

Оборудование и реактивы:

Кондуктометр; магнитная мешалка; химический стакан объемом 100 мл – 5 шт.; химический стакан объемом 50 мл – 1 шт.; химический стакан объемом 250 мл – 1 шт.; мерные колбы объемом 250 мл – 4 шт.; мерная пипетка объемом 50 мл – 1 шт.; мерная пипетка объемом 10 мл – 1 шт.; бюретка для титрования объемом 25 мл – 1 шт.; гидроксид натрия – раствор (концентрация указана на емкости с реактивом); слабая кислота – CH_3COOH или HCOOH – раствор (примерное значение концентрации указано на емкости с реактивом).

Ход работы:

I. Получение зависимости удельной электропроводности от содержания слабого электролита в растворе

1) Мерной пипеткой объемом 50 мл отбираем исходный раствор уксусной кислоты, помещаем его в мерную колбу № 1 на 250 мл, доводим до метки дистиллированной водой и перемешиваем;

2) Из колбы № 1 в колбу № 2 переносим при помощи мерной пипетки 50 мл раствора, доводим объем в колбе № 2 дистиллированной водой до метки и перемешиваем;

3) Повторяем с колбами № 3 и № 4;

4) Пробы приготовленных и исходного растворов отбираем в маркированные химические стаканы объемом 100 мл;

5) Измеряем удельную электропроводность **приготовленных** растворов слабой кислоты путем погружения электрода кондуктометра в стакан с раствором и заносим результаты в таблицу.

II. Анализ концентрации раствора слабой кислоты методом кондуктометрического титрования.

1) Отбираем аликвоту уксусной кислоты 10 мл в химический стакан объемом 250 мл;

2) В бюретку заливаем раствор гидроксида натрия и «зануляем» бюретку.

3) Ставим пробу на магнитную мешалку, помещаем в раствор якорь магнитной мешалки и погружаем в стакан электрод кондуктометра;

4) Доливаем в стакан для титрования дистиллированную воду до закрытия щели электрода раствором, включаем магнитную мешалку и фиксируем показания кондуктометра.

5) Приливаем гидроксид натрия из бюретки порциями по 1 мл, фиксируя после каждой порции щелочи значение электропроводности раствора.

6) Титрование продолжаем до получения изменения хода зависимости удельной электропроводности от объема щелочи, данные заносим в таблицу.

Экспериментальные данные:

Таблица 1. Исходные данные

| | |
|--|--------------------|
| Наименование слабого электролита | муравьиная кислота |
| Химическая формула слабого электролита | НСООН |
| Ориентировочное значение концентрации слабого электролита $C_0, \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right]$ | 1 |
| Концентрация титранта (гидроксид натрия) $C_{\text{NaOH}}, \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right]$ | 1 |
| Объем пробы слабого электролита, взятый для титрования $V_a, [\text{мл}]$ | 10 |

Таблица 2. Зависимость удельной электропроводности от концентрации слабого электролита

| № колбы | Концентрация, $\left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right]$ (по ориентировочному значению) | Удельная электропроводность $\chi, \left[\frac{\text{мСм}}{\text{см}} \right]$ |
|---------|---|---|
| 1 | $C_0 = 0,5$ | 6,099 |
| 2 | $C_1 = C_0/5 = 0,1$ | 2,697 |
| 3 | $C_2 = C_0/25 = 0,02$ | 1,166 |
| 4 | $C_3 = C_0/125 = 0,004$ | 0,4881 |

| | | |
|---|--------------------------|--------|
| 5 | $C_4 = C_0/625 = 0,0008$ | 0,2048 |
|---|--------------------------|--------|

Таблица 3. Данные для построения кривой кондуктометрического титрования

| № п/п | V_{NaOH} , мл | Удельная электропроводность χ , $[\frac{\text{мСм}}{\text{см}}]$ |
|-------|------------------------|---|
| 1 | 0 | 1,302 |
| 2 | 1 | 1,328 |
| 3 | 2 | 1,539 |
| 4 | 3 | 1,954 |
| 5 | 4 | 2,364 |
| 6 | 5 | 2,830 |
| 7 | 6 | 3,271 |
| 8 | 7 | 3,747 |
| 9 | 8 | 4,185 |
| 10 | 9 | 4,680 |
| 11 | 10 | 5,101 |
| 12 | 11 | 5,500 |
| 13 | 12 | 5,931 |
| 14 | 13 | 6,537 |
| 15 | 14 | 7,621 |
| 16 | 15 | 8,602 |
| 17 | 16 | 9,669 |
| 18 | 17 | 10,690 |
| 19 | 18 | 11,680 |
| 20 | 19 | 12,720 |
| 21 | 20 | 13,690 |

Обработка экспериментальных данных:

I. Определение точного значения концентрации слабого электролита

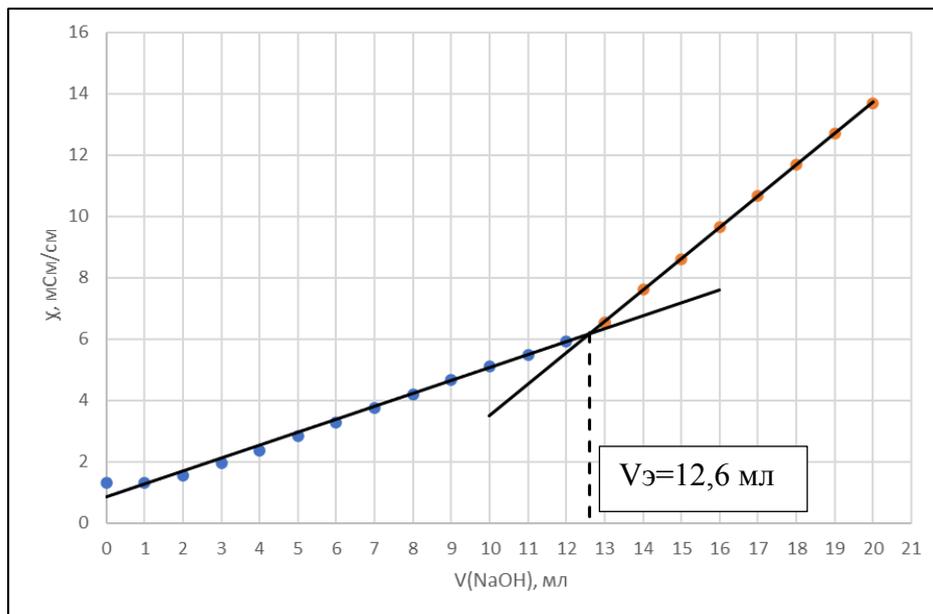


Рисунок 1 - Кривая кондуктометрического титрования

Исходя из графика кривой, делаем вывод, что эквивалентный объем $V_э = 12,6$ мл.

Точное значение концентрации слабого электролита вычислим по формуле:

$$C_{эл-та} = \frac{C_{NaOH} * V_э}{V_a},$$

где: $V_э$ – эквивалентный объем щелочи, определенный по кривой титрования, [мл];
 C_{NaOH} – концентрация раствора щелочи, $\left[\frac{\text{ЭКВ}}{\text{л}}\right]$; V_a – объем аликвоты слабого электролита, [мл].

$$C_{эл-та} = \frac{C_{NaOH} * V_э}{V_a} = \frac{\left[\frac{\text{ЭКВ}}{\text{л}}\right] * [\text{мл}]}{[\text{мл}]} = \frac{1 * 12,6 * 10^{-3}}{10 * 10^{-3}} = 1,26 \left[\frac{\text{ЭКВ}}{\text{л}}\right].$$

II. Определение константы и степени диссоциации слабого электролита.

1. Вычислим эквивалентную электропроводность каждого раствора по формуле:

$$\lambda = \frac{\chi * 10^{-3}}{C_N}$$

Приведу подробное вычисление для 1 первого раствора:

$$\lambda_1 = \frac{6,099 \left[\frac{\text{мСм}}{\text{см}} \right] * 10^{-3} * 10^{-3}}{1,26 \left[\frac{\text{экв}}{\text{л}} \right] * 10^{-3}} \approx 4,84 * 10^{-3} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{См} * \text{экв}} \right];$$

$$\frac{1}{\lambda_1} = i = \frac{1}{4,84 * 10^{-3}} \approx 206,59 \left[\frac{\text{См} * \text{экв}}{\text{м}^2} \right].$$

$$\lambda_1 C_1 = 4,84 * 10^{-3} * 1,26 \approx 6,099 * 10^{-3} \left[\frac{\text{м}^2}{\text{См} * \text{л}} \right].$$

2. Заполним таблицу, используя данные эксперимента

Таблица 4. Результаты вычислений

| Электролит | $C, \left[\frac{\text{экв}}{\text{л}} \right]$ | $\chi, \left[\frac{\text{мСм}}{\text{см}} \right]$ | $\lambda, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{См} * \text{экв}} \right] * 10^{-3}$ | $1/\lambda, \left[\frac{\text{См} * \text{экв}}{\text{м}^2} \right]$ | $\lambda C, \left[\frac{\text{м}^2}{\text{См} * \text{л}} \right] * 10^{-3}$ |
|------------|---|---|---|---|---|
| НСООН | 1,26 | 6,099 | 4,84 | 206,59 | 6,099 |
| | 0,252 | 2,697 | 10,70 | 93,44 | 2,697 |
| | 0,0504 | 1,166 | 23,13 | 43,23 | 1,166 |
| | 0,01008 | 0,4881 | 48,42 | 20,65 | 0,488 |
| | 0,002016 | 0,2048 | 101,59 | 9,84 | 0,205 |

3. По данным таблицы построить графики зависимостей $\chi = f(C)$

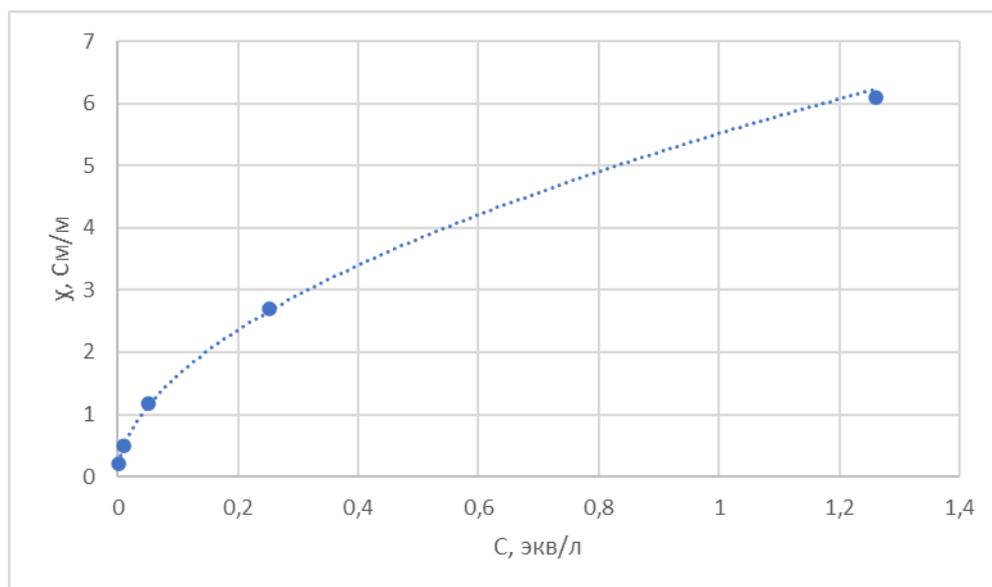


Рисунок 2 – График зависимости электропроводности от концентрации

4. По данным таблицы построить графики зависимостей $1/\lambda = f(\lambda C)$

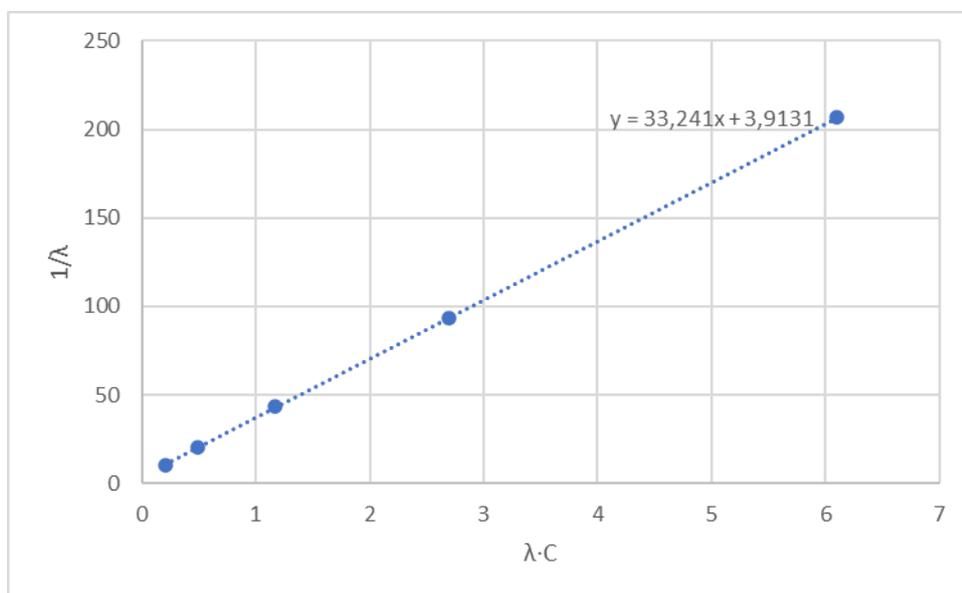


Рисунок 3 – График $1/\lambda = f(\lambda C)$

5. По графику $1/\lambda = f(\lambda C)$ найдём $1/\lambda^\infty$ посредством экстраполяции зависимости на ось ординат $1/\lambda$ и вычислим λ^∞

$$\frac{1}{\lambda^\infty} = 3,913 \left[\frac{C_{M*экв}}{M^2} \right]. \text{ Отсюда } \lambda^\infty \approx 0,256 \left[\frac{M^2}{C_{M*экв}} \right].$$

6. Рассчитаем значение степени диссоциации по уравнению:

$$\alpha = \frac{\lambda}{\lambda^\infty}.$$

Значение константы диссоциации по формуле

$$K_d = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha}$$

Пример вычисления для первой колбы:

$$\alpha_1 = \frac{\lambda_1}{\lambda^\infty} = \frac{4,84 * 10^{-3}}{0,256} \approx 0,019$$

$$K_d = \frac{\alpha^2 C}{1 - \alpha} = \frac{(0,019)^2 * 1,26}{1 - 0,019} \approx 4,6 * 10^{-4};$$

7. Результаты вычислений занесём в таблицу:

| Электролит | $C, \left[\frac{\text{моль}}{\text{л}} \right]$ | α | $K_d * 10^{-4}$ | $K_{d \text{ среднее}}, * 10^{-4}$ | $\Delta K_d = (K_{d \text{ среднее}} - K_d)$ |
|------------|--|----------|-----------------|------------------------------------|--|
| НСООН | 1,26 | 0,019 | 4,6 | 4,68 | 0,08 |
| | 0,252 | 0,042 | 4,6 | | 0,08 |
| | 0,0504 | 0,090 | 4,5 | | 0,18 |
| | 0,01008 | 0,189 | 4,4 | | 0,28 |
| | 0,002016 | 0,397 | 5,3 | | 0,62 |

8. Среднее квадратичное отклонение σ рассчитывают по уравнению:

$$\sigma = t \sqrt{\frac{\sum_1^n (\Delta K_d)^2}{n(n-1)}} = 3,2 * \sqrt{\frac{5,08 * 10^{-9}}{20}} \approx 1,59 * 10^{-5}.$$

$t = 3,2$ – коэффициент Стьюдента для 95 %.

9. Окончательный результат:

$$K_d = K_d \pm \sigma = 4,68 * 10^{-4} \pm 1,59 * 10^{-5}.$$

Вывод: в ходе лабораторной работы методом кондуктометрического анализа был найден эквивалентный объём щелочи и концентрация кислоты. Возрастание электропроводимости до точки эквивалентности обусловлено заменой слабо-диссоциирующих молекул муравьиной кислоты на полностью диссоциирующий формиат натрия. Более резкое увеличение электропроводимости после точки эквивалентности вызвано появлением в растворе избытка весьма подвижных гидроксид-ионов.

Также получена константа диссоциации слабого электролита, она составила:

$$4,68 * 10^{-4} \pm 1,59 * 10^{-5}$$

Было установлено, что с уменьшением концентрации кислоты её степень и константа диссоциации возрастают, что подтверждает закон разбавления Оствальда. Это объясняется тем, что с увеличением количества воды, т.е. с разбавлением раствора, число диссоциированных ионов возрастает, то есть процесс диссоциации происходит более активно.