Энгельсский технологический институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«Саратовский государственный технический университет
имени Гагарина Ю.А.»
Кафедра «Естественные и математические науки»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ДЛЯ ГОМОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА СПИРТОВ

Энгельс 2026 г.

УДК 541.18 (075.8)
ББК 24-я 73

Р98 Автор-составитель: Рябухова Т.О.: Адсорбция из растворов: учебно-методическое пособие для выполнения лабораторных работ и самостоятельной работы по дисциплине «Коллоидная химия» - Энгельс: Изд-во ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А., 2025. – 33 с.

Рецензенты: профессор кафедры ЕМН ЭТИ (филиала) СГТУ имени Гагарина Ю.А. , д.т.н. А.В. Яковлев;
профессор кафедры ЕМН ЭТИ (филиала) СГТУ имени Гагарина Ю.А., д.т.н. В.Н. Целуйкин.

В учебно-методическом пособии представлены основные разделы коллоидной химии: дисперсные системы, поверхностные явления, адсорбционное равновесие и лабораторные работы по темам курса. Пособие предназначено для студентов вузов, изучающих курс коллоидной химии. Рекомендуется студентам направлений 18.03.01 – Химическая технология, 18.03.02 – Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии очной и заочной форм обучения

УДК 541.18 (075.8)
ББК 24-я.73

Одобрено редакционно-издательским советом
ЭТИ (филиал) СГТУ имени Гагарина Ю.А.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ ДЛЯ ГОМОЛОГИЧЕСКОГО РЯДА СПИРТОВ

Цель работы: определение зависимости поверхностного натяжения растворов ПАВ на границе с воздухом от концентрации; проверка выполнения правила Дюкло-Траубе.

Экспериментальные методы измерения поверхностного натяжения на границе жидкость–газ, жидкость–жидкость делятся на статические и динамические.

Наиболее простыми и поэтому чаще применяемыми на практике являются статические методы определения поверхностного натяжения. К ним относятся: метод счета капель (метод сталагмометра) и метод максимального давления пузырька (метод Ребиндера).

Определение поверхностного натяжения методом счета капель (метод сталагмометра)

В основе метода лежит экспериментально установленное положение, что вес капли, медленно отрывающейся под действием силы тяжести от кончика вертикальной трубки, будет тем больше, чем больше поверхностное натяжение жидкости на границе с воздухом.

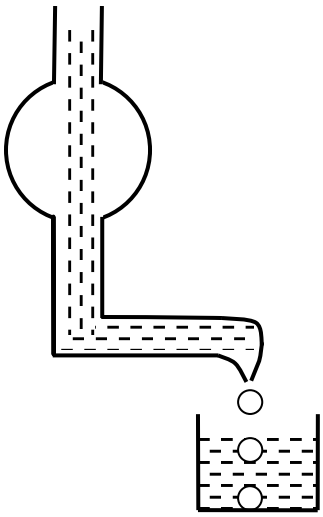

Рис. 7. Сталагмометр

При медленном истекании жидкости из отверстия вес образующейся капли P в момент ее отрыва равен силе поверхностного натяжения, действующей по окружности площадью $2\pi r$, стремящейся удержать каплю: $P=2\pi r\sigma$.

Вес капли может быть выражен через объем и плотность капли d, а заменяя объем капли V через отношение V/n (где n – число капель), можно записать:

$$\sigma = \frac{V}{n} \cdot \frac{gd}{2\pi r}$$

где g – ускорение силы тяжести.

Для двух жидкостей, вытекающих из одного и того же объема, имеющих плотности d_1 и d_2, будем иметь:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_2} = \frac{n_2 \cdot d_1}{n_1 \cdot d_2}.$$

Если поверхностное натяжение одной из жидкостей известно (чаще всего это вода), то

$$\sigma_1 = \sigma_2 \cdot \frac{n_2 \cdot d_1}{n_1 \cdot d_2}.$$

Сталагмометр представляет собой коленчатую трубку с расширением в средней части и капилляром в нижней.

Выше и ниже расширения на трубке нанесены две круговые метки, ограничивающие определенный объем. Капилляр предназначен для ограничения скорости образования капель. Внизу трубка оканчивается отшлифованной площадкой, в центре которой находится выходное отверстие капилляра.

Для измерения сталагмометр закрепляют в штатив, на верхний конец трубки надевают каучуковую трубку, резиновой грушей засасывают жидкость выше метки. Затем дают жидкости свободно вытекать и считают число капель.

Счет начинают тогда, когда мениск жидкости коснется верхней метки, и заканчивают, когда мениск дойдет до нижней метки. Измерения для каждой жидкости повторяют 3-4 раза и берут среднее значение (расхождение между отдельными измерениями не должно превышать 1-2 капли).

В начале измерения проводят для чистого растворителя (в нашем случае это вода) и определяют постоянную сталагмометра n – число капель для воды, а затем для растворов, начиная с наименьших концентраций (т.к. меньшая концентрация не мешает определению большей).

Экспериментальная часть

Приборы и реактивы: сталагмометр, штатив, конические колбы емкостью на 50 мл – 6 шт, пипетки емкостью 10 и 20 мл, 0,4 М растворы этилового, пропилового и бутилового спиртов (по заданию преподавателя).

Приготовление исследуемых растворов

В качестве объекта исследования используются водные растворы пропилового и бутилового, или бутилового и этилового, или этилового и пропилового спиртов различной концентрации (по заданию преподавателя). Для приготовления исследуемых растворов в шесть предварительно пронумерованных колб емкостью на 50 мл отмерить пипеткой в первую 20 мл раствора 0,4 м спирта (указанного преподавателем), а в остальные − по 10 мл дистиллированной воды. Затем пипеткой перемести 10 мл раствора из первой колбы во вторую и перемешать. После этого из второй колбы перенести 10 мл раствора в третью и т.д. Таким образом, получим набор растворов с последовательно убывающей вдвое концентрацией спирта в воде.

Порядок выполнения работы

1. На сталагмометре определить число капель чистой воды, затем каждого из спиртов.
2. Рассчитать величины поверхностного натяжения σ спиртов.
3. Результаты занести в таблицу 1.1.

Таблица 1.1

№ п/п	Концентрация раствора, C	Число капель, n	Среднее число капель, $n_{ср}$	Поверхностное натяжение, σ[Дж/м^2]
1.				
2.				

3.				
4.				
5.				
6.				

Так как величина σ сильно зависит от температуры, то для расчетов необходимо пользоваться табличными данными $\sigma(H_2O)$ при разных температурах (табл. 1.2).

Таблица 1.2

t, ^{0}C	$\sigma\cdot10^3$, Дж/м^2	t, ^{0}C	$\sigma\cdot10^3$, Дж/м^2	t, ^{0}C	$\sigma\cdot10^3$, Дж/м^2
16	73,11	20	72,53	24	71,93
17	72,96	21	72,37	25	71,78
18	72,82	22	72,22	26	71,63
19	72,66	23	72,08	27	71,48

Обработка результатов эксперимента

1. Рассчитать поверхностное натяжение для каждого из шести растворов спирта различной концентрации по формуле:

$$\sigma_1 = \sigma_2 \cdot \frac{n_2 \cdot d_1}{n_1 \cdot d_2}$$

где σ_1 – поверхностное натяжение исследуемого раствора; σ_2–поверхностное натяжение воды при данной температуре (таблица 2); n_2– постоянная сталагмометра (среднее число капель для воды); n_1 – среднее число капель для исследуемого раствора; d_1 и d_2 – плотность раствора и чистого растворителя (воды), соответственно.

2. Провести аналогичный расчет для растворов второго спирта и построить изотермы поверхностного натяжения для двух спиртов (на одном графике).
3. Определить поверхностную активность двух исследуемых спиртов следующим методом: к изотермам σ=f(C), полученным для двух соседних членов гомологического ряда спиртов, проводят касательные из точки пересечения этой кривой с осью ординат и определяют тангенс угла наклона этой касательной к оси абсцисс (см. рис.6).

   Поверхностная активность рассчитывается по формуле

$$g = \left(\frac{d\sigma}{dc}\right)_{c\to0} = -\,tg\,\alpha$$

4. Рассчитать отношение g для двух гомологов и проверить выполнение правила Дюкло-Траубе:

$$\frac{g(C_{n+1}H_{2n+2}OH)}{g(C_nH_{2n+1}OH)}$$

5. Сделать вывод о зависимости σ = f(C) для исследованных растворов ПАВ и о выполнении правила Дюкло-Траубе.

Вопросы для самопроверки

1. Среди приведенных ниже рассуждений, выберите верное

а) поверхностное натяжение не зависит от полярности вещества;

б) поверхностное натяжение тем больше, чем менее полярно вещество;

в) поверхностное натяжение тем больше, чем более полярно вещество.

2. Среди приведенных ниже веществ, укажите поверхностно- активные по отношению к воде

а) NaCl и Na_2SO_4; б) $Ba(CH_3COOH)_2$ и CH_3COONa;

в)C_4H_9OH и CH_3COOH.

3. Известно, что уравнение Ленгмюра часто используют для определения (выберите правильный ответ)

а) площади поверхности адсорбента; б) площадки, занимаемой одной молекулой и длины молекулы; в) массы адсорбента.

4. Определите вещество, обладающее наибольшим поверхностным натяжением

а) вода; б) гексан; в) жидкий натрий.

5. Для исследования поверхностных слоев используются весы Ленгмюра. Они предназначены

а) для измерения поверхностного натяжения; б) для измерения поверхностного давления; в) для измерения площади, занимаемой одной молекулой в монослое.

6. Укажите координаты, в которых строится уравнение Ленгмюра в линейной форме

а) $a = f(p)$; б) $a = f(1/p)$; в) $1/a = f(1/p)$.

7. Определите вещество, обладающее наименьшим поверхностным натяжением

а) вода; б) бензол; в) жидкое железо.

8. Продолжите утверждение. Площадь молекулы ПАВ, приходящаяся на одну молекулу в плотном монослое, определяется

а) длиной неполярного углеводородного радикала; б) размером полярной группы и зависит от длины неполярного углеводородного радикала; в) размером полярной группы и не зависит от длины неполярного углеводородного радикала.

9. Среди приведенных ниже веществ, укажите поверхностно- инактивные по отношению к воде

а) NaCl и Na_2SO_4; б) сахароза; в) C_4H_9OH и CH_3COOH.

10. Для определения удельной поверхности адсорбента необходимо пользоваться

а) уравнением Генри; б) уравнением Ленгмюра; в) уравнением БЭТ

11. Какова причина возникновения избыточной поверхностной энергии?

12. Поверхностная энергия и поверхностное натяжение.

13. Классификация поверхностных явлений.

14. Какие поверхностные явления связаны с уменьшением межфазной поверхности?

15. Какие поверхностные явления связаны со снижением поверхностного натяжения?

16. От чего зависит величина поверхностного натяжения? В каких единицах она измеряется?

17. Поверхностная активность. Поверхностно-активные вещества.

18. Что называется адсорбцией? Чем она обусловлена?

19. В чем состоят различия между физической и химической адсорбцией?

20.Адсорбционное уравнение Гиббса, его формы.

21.Правило Дюкло-Траубе и условия его выполнения.

22.Почему величина предельной адсорбции для всех членов данного гомологического ряда одинакова?

23.Каков физический смысл предельной адсорбции?

24.Как определить экспериментально константы уравнения Ленгмюра?

25.Как рассчитываются величины адсорбции и предельной адсорбции?

26.Определение размеров молекул ПАВ.

Литература

1. Фролов Ю.Г. Курс коллоидной химии: поверхностные явления и дисперсные системы/ Ю.Г. Фролов – М.: Альянс, 2004.
2. Кругляков П.М. Физическая и коллоидная химия/ П.М. Кругляков, Хаскова Т.Н.− М.: Высшая школа, 2007.
3. Ролдугин В.И. «Физикохимия поверхности». – М.: Интеллект, 2008.- 568 с.