

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 2024г.

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., 2016 – 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. Рекомендуются 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.

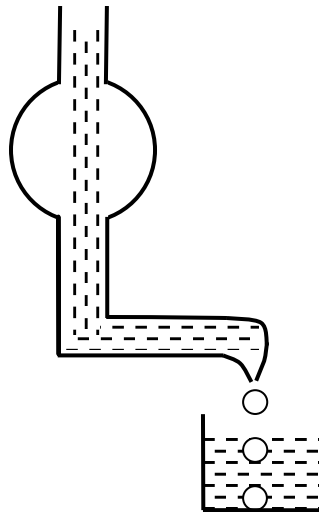


Рис. 7. Сталагмометр

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, С	Число капель, n	Среднее число капель, $n_{\text{ср}}$	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 $\sigma(\text{H}_2\text{O})$ при разных температурах (табл. 1.2).

Таблица 1.2

t, °C	$\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²	t, °C	$\sigma \cdot 10^3$, Дж/м ²	t, °C	$\sigma \cdot 10^3$, 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 $\sigma=f(C)$, 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

$$g = \left(\frac{d\sigma}{dc}\right)_{c \rightarrow 0} = -tg \alpha$$

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 $\sigma = f(C)$ 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) $\text{Ba}(\text{CH}_3\text{COOH})_2$ и CH_3COONa ;
 - в) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ 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) сахара; в) $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ 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.