**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ**

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО–СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии и инженерной экологии в строительстве

Громаков Н.С.

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ РАСТВОРОВ

«Сталагмометрическое измерение поверхностного натяжения на границе раздела водных растворов ПАВ и воздуха»

Методические указания

к лабораторной работе №1 по коллоидной химии

Казань, 2017

УДК 544.72

ББК 22.0

Г 32

Г 32 Поверхностное натяжение растворов: Методические указания по коллоидной химии для студентов дневной и заочной форм обучения / Сост. Н.С.Громаков. – Казань: Изд-во Казанск. гос. архитект.-строит. ун-та, 2017 – 19 с.

Печатается по решению Редакционно-издательского совета Казанского государственного архитектурно-строительного университета.

Методические указания составлены в соответствии с программой курса коллоидной химии для нехимических (инженерных) специальностей вузов.

В методических указаниях рассматриваются основные представления о поверхностном натяжении. В экспериментальной части приводятся наиболее характерные методы измерения поверхностного натяжения, позволяющие с минимальными затратами времени получить основные сведения о энергетике границы раздела фаз, предусмотренные учебной программой по дисциплине “Коллоидная химия”.

Ил. 3, приложение 1.

Рецензент:

кхн, доцент кафедры ТСМИК КГАСУ Фахрутдинова В. Х.

УДК 544.72

ББК 24.0

© Казанский государственный   
архитектурно-строительный   
университет, 2017.

© Громаков Н.С., 2017

Лабораторная работа №1

**Цель работы**: Научиться определять поверхностное натяжение растворов поверхностно-активных веществ на границе вода – воздух либо методом счета капель либо взвешиванием (сталагмометрический метод измерения поверхностного натяжения). Экспериментально установить зависимость поверхностного натяжения от концентрации растворенного вещества (ПАВ), рассчитать и построить график зависимости адсорбции от концентрации, вычислить толщину адсорбционного слоя и площадь, занимаемую одной молекулой ПАВ.

**Оборудование:** Прибор для измерения поверхностного натяжения – сталагмометр в виде бюретки; лабораторные весы; 5-6 бюксов или стаканчиков ёмкостью 10 – 25 мл; 5-6 колб вместимостью 50 мл; 5-6 колб вместимостью 100 мл; 5-6 мерных колб вместимостью 100 мл; пипетка вместимостью 25 мл; растворы ПАВ.

Предварительно следует приготовить раствор необходимой концентрации из числа ПАВ указанных преподавателем. Затем из полученного раствора (№1) приготовить серию из 5 разбавленных растворов путём последовательного разбавления *вдвое*. Для этого в мерную колбу вместимостью 50 мл внести 25 мл раствора ПАВ концентрации №1 и довести его объём до 50 мл дистиллированной водой и тщательно перемешать. Из приготовленного таким образом раствора (№2) отобрать 25 мл раствора и перенести в другую мерную колбу на 50 мл, объём раствора опять довести до метки дистиллированной водой. Таким образом, готовят раствор №3, №4 и №5.

В данной работе по заданию преподавателя используется одна из двух методик сталагмометрического определения поверхностного натяжения, основанных либо на взвешивании, либо на счёте капель.

Сталагмометрический метод. Определение поверхностного натяжения этим методом заключается в измерении объёма или веса капли жидкости, медленно отрывающейся от кончика капилляра в нижнем конце сталагмометрической трубки. В основе метода лежит положение о том, что в момент отрыва сила тяжести капли q уравновешивается силами поверхностного натяжения F. Силы поверхностного натяжения действуют вдоль окружности шейки капли и препятствуют её отрыву. В момент отрыва можно считать, что

q = F ≈ 2πrσж-г  (1)

где r внутренний радиус капилляра.

Обычно отрыв капель не происходит по линии внутреннего периметра капилляра сталагмометрической трубки радиусом r, а осуществляется в шейке капли, имеющей меньший радиус. Поэтому для определения значения σж-г в выражении (1) величину r следует умножить на поправочный коэффициент β́, зависящий от радиуса и объёма капли:

q = F ≈ 2π β́ rσж-г  (2)

Вес капли чаще всего определяют следующим образом. Сталагмометрическую трубку заполняют исследуемой жидкостью определённого объёма *V* и измеряют число капель *n*, вытекающих из данного объёма. Вес капли *q* рассчитывают по уравнению:

 (3)

где ρ – плотность жидкости.

В связи со сложностью определения радиуса капилляра r и коэффициента β́ поверхностное натяжение находят путём сравнения данных по истечению из сталагмометрической трубки исследуемой жидкости и жидкости с известным поверхностным натяжением. Значение σж-г рассчитывают по формуле

 (4)

где σст, ρст и nст – значения σ, ρ и n для стандартной жидкости.

или

***σ = kmкапли*** (5)

где  – постоянная капилляра,  – масса капли (6)

У нас в качестве стандартной жидкости используется дистиллированная вода, у которой  *=* 72,7 мДж/м2 при 20оС. Зависимость поверхностного натяжения от температуры (˚С) имеет вид:

σ0 = 73,5 – 0,15(t – 15) дин/см (H/м). (7)

Таблица 1. Поверхностное натяжение воды *σ*в контакте с воздухом в зависимости от температуры 0 - 100oC

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **t, oC** | **0** | **5** | **10** | **20** | **30** | **40** | **50** | **60** | **70** | **80** | **90** | **100** |
| **σ, 10-3** | **75,6** | **74,9** | **74,2** | **72,8** | **71,2** | **69,6** | **67,9** | **66,2** | **64,4** | **62,6** | **60,8** | **58,9** |

При учёте всех поправок погрешность сталагмометрического метода не превышает **1%**. Метод используется для измерения полустатического поверхностного натяжения при продолжительности образования капли 2–10 с.

**Ход работы:**

1) Собрать лабораторную установку, изображенную на рисунке 1.

Предварительно следует поупражняться в работе с бюреткой и провести работу по определению постоянной капилляра *k*. Для этого заливают в бюретку (предварительно тщательно вымытую) 3 мл дистиллированной воды. Носик бюретки удобнее всего заполнить с помощью резиновой груши отсасывая воздух через верхнее отверстие бюретки, при этом носик бюретки с открытым краном погрузить в стакан с исследуемым раствором. После этого с помощью крана устанавливают постоянную скорость истечения исследуемого раствора (лучше 6–12 капель в минуту).

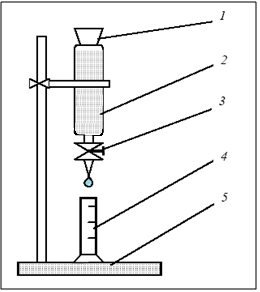


Рис.1.Схема лабораторной установки   
для измерения поверхностного натяжения:

1) воронка; 2) сталагмометр; 3) кран; 4) бюкс; 5) штатив.

При калибровке сталагмометра стандартной жидкостью (водой) используйте ту же методику, при помощи которой будете определять поверхностное натяжение исследуемых растворов.

**1. Измерение поверхностного натяжения счётом капель**

Измерение поверхностного натяжения исследуемого раствора проводят следующим образом.

1. Сначала проведите калибровку сталагмометра водой, как стандартной жидкостью.

2. Для этого наберите в бюретку (сталагмометр) ~10 мл исследуемой воды (в том числе и носик) и закройте кран сталагмометра.

3. По секундомеру установите скорость истечения жидкости 15 – 20 капель в минуту (лучше 6 – 12).

4. При установившейся скорости каплепадения воды из сталагмометра в стаканчик измерьте число капель *n* воды, приходящейся на 1 мл истекающей воды. Считайте сколько капель в 1 мл воды. Опыт повторите трижды.

5. Результаты измерения числа капель запишите в табл. 2.

Таблица 2. Результаты исследования поверхностного натяжения воды.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| t опыта | Плотность ст, кг/м3 | Объем  воды  *V*, мл | Количество  капель n, шт. | | | | Поверхностное натяжение ст, мДж/м2 | Постоянная сталагмометра  *k* |
| 1 | 2 | 3 | среднее |
| ... | 1000 | 1 | n1 | n2 | n3 | nст |  | ... |

Величину поверхностного натяжения воды используйте на основе уравнения 7 или данных таблицы 1 в зависимости от температуры опыта.

Постоянная капилляра рассчитывается по формуле (6): 

Далее приступают к измерению поверхностного натяжения исследуемых растворов по той же методике.

6. Наберите в бюретку (сталагмометр) ~10 мл исследуемого раствора (в том числе и носик) и закройте кран сталагмометра.

7. По секундомеру установите скорость истечения жидкости 15 – 20 капель в минуту (лучше 6 – 12).

8. При установившейся скорости каплепадения раствора из сталагмометра в стаканчик измерьте число капель *n*, приходящихся на 1 мл истекающего раствора. Считайте число капель, входящих в 1 мл раствора. Опыт повторите трижды.

9. Результаты измерения числа капель исследуемой жидкости запишите в табл. 3.

Таблица 3. Результаты исследования зависимости σ от концентрации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура опыта  t = … оС | | | | | | Постоянная сталагмометра  *k = …..*, Дж/(м2·кг) | | | | |
| № опыта | Концентрация раствора *с, моль/л* | Плотность раствора ρ, г/мл | Объём раствора V, мл | Количество капель *n*, шт. | | | | | Масса одной  капли *m*к, мг | Поверхностное натяжение *σ*, Дж/м2 |
| 1 | 2 | | 3 | Среднее |
| 1 |  |  | 1 |  |  | |  |  |  |  |
| 2 |  |  | 1 |  |  | |  |  |  |  |
| 3 |  |  | 1 |  |  | |  |  |  |  |
| 4 |  |  | 1 |  |  | |  |  |  |  |

10. Повторите измерения при той же постоянной температуре, но при разной концентрации исследуемого раствора. Используйте растворы, приготовленные в начале занятия путём разбавления вдвое. Измерение поверхностного натяжения растворов ПАВ разной концентрации начинают с самой маленькой концентрации. Перед отбором капель бюретку каждый раз промывают исследуемым раствором.

Каждое измерение массы капли повторяют не менее трех раз и рассчитывают среднее значение поверхностного натяжения раствора данной концентрации ПАВ. Занесите полученные данные в табл. 3.

Для расчёта поверхностного натяжения исследуемых растворов используйте формулу(5) : ***σ = kmкапли*** и данные табл. 3.

Массу капель рассчитывают по уравнению: 

На основании полученных данных постройте график зависимости поверхностного натяжения от концентрации *σ = f(с).*Кривая (изотерма) зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ начинается из точки на оси ординат, отвечающей поверхностному натяжению воды при температуре эксперимента, и постепенно ниспадает с возрастанием концентрации раствора поверхностно-активного вещества. По графику σ *= f(с)* можно вычислить величину адсорбции для любой концентрации и, следовательно, построить изотерму адсорбции *Г = f (с).* (Построение графиков и обсуждение полученных результатов удобнее провести после изучения темы «Адсорбция»).

**2. Измерение поверхностного натяжения взвешиванием**

Измерение поверхностного натяжения исследуемого раствора взвешиванием проводят следующим образом. (Перед началом работы для удаления загрязнений из капилляра сталагмометрическую трубку несколько раз промывают хромовой смесью и водой).

1) На аналитических весах взвешивают три небольших сухих бюкса или стаканчика (примерно, на 15 – 25 мл) и записывают результат.

2) Заливают в бюретку (предварительно тщательно вымытую) ~10 мл дистиллированной воды.

3) С помощью крана устанавливают постоянную скорость истечения исследуемого раствора (примерно, 1 капля за 5 – 10 секунд).

4) При установившемся каплепадении по очереди в каждый из трёх сухих и предварительно взвешенных бюксов (колб) отобрать от 30 до 40 капель воды, после чего кран закрыть. Число капель ***n*** записать в таблицу.

5) Взвесить каждый из бюксов с водой и рассчитать массу одной капли (*mкапли*) в каждом из них.

6) Постоянную капилляра определяют по известному поверхностному натяжению дистиллированной воды, например, равному  *=* 72,7 мДж/м2 при 20оС, и массе одной капли воды *mкапли*:



Величина *k* зависит от диаметра и материала капилляра, его чистоты и температуры опыта. Поэтому при расчёте *k* по общей формуле*:*  следует учитывать температуру воды и использовать соответствующее значение поверхностного натяжения. Величину поверхностного натяжения воды в зависимости от температуры опыта используйте на основе уравнения 7 или данных таблицы 1.

Измерение *k* повторить не менее трёх раз и рассчитать среднее значение.

Таблица 4. Результаты исследования поверхностного натяжения воды.

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Температура, С | Масса сухого бюкса, г | Масса бюкса с водой, г | Число капель, n | Масса 1 капли воды, г | средняя  mкапли | Постоянная сталагмометра *k* |
| 1 |  | m1º | m1¹ |  |  |  |  |
| 2 |  | m2º | m2¹ |  |  |
| 3 |  | m3º | m3¹ |  |  |

Аналогичным образом определяют поверхностное натяжение приготовленных растворов ПАВ заданной концентрации (начиная с самой маленькой концентрации). Перед отбором капель бюретку каждый раз промывают исследуемым раствором.

Каждое измерение массы капли повторяют не менее трех раз и рассчитывают среднее значение поверхностного натяжения раствора данной концентрации ПАВ.

Поверхностное натяжение определяют по формуле:

***σ = kmкапли***

где *k* – постоянная капилляра, которая зависит от диаметра капилляра и материала капилляра, его чистоты.

Таблица 3. Результаты исследования зависимости σ от концентрации

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Температура опыта  t = … оС | | | | | | | Постоянная сталагмометра  *k = …..*, Дж/(м2·кг) | | |
| № опыта | Концентрация р-ра *с, моль/л* | Объём раствора V, мл | Количество капель *n*, шт. | | | | | Масса капли *m*к, мг | Поверхностное  натяжение *σ*, Дж/м2 |
| 1 | 2 | 3 | Среднее | |  |  |
| 1 |  | 1 |  |  |  |  | |  |  |
| 2 |  | 1 |  |  |  |  | |  |  |
| 3 |  | 1 |  |  |  |  | |  |  |
| 4 |  | 1 |  |  |  |  | |  |  |

На основании полученных данных постройте график зависимости поверхностного натяжения от концентрации *σ = f(с).*Кривая (изотерма) зависимости поверхностного натяжения от концентрации ПАВ начинается из точки на оси ординат, отвечающей поверхностному натяжению воды при температуре эксперимента, и постепенно ниспадает с возрастанием концентрации раствора поверхностно-активного вещества. По графику σ *= f(с)* можно вычислить величину адсорбции для любой концентрации и, следовательно, построить изотерму адсорбции *Г = f (с).* (Построение графиков и обсуждение полученных результатов удобнее провести после изучения темы «Адсорбция».

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО–СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра химии и инженерной экологии в строительстве

образец

Лабораторная работа №1

по дисциплине «Коллоидная химия»

на тему:

«Определение поверхностного натяжения раствора тра-та-та.

Измерение поверхностного натяжения счетом капель»

или Измерение поверхностного натяжения раствора взвешиванием

Выполнил(а) ст. группы 5ИЗ 201

Ля-ля-ля И.О.

Проверил доц. кафедры ХИЭС  
Громаков Н.С.

Казань, 2017

ПОВЕРХНОСТНОЕ НАТЯЖЕНИЕ РАСТВОРОВ

Методические указания

к лабораторной работе по коллоидной химии

для студентов дневной и заочной

форм обучения

Составители: Громаков Николай Семенович

Редактор Г.А.Рябенкова

Издательство  
Казанского государственного архитектурно-строительного университета

Лицензия ЛР N 020379 от 22.01.92 г.

Подписано в печать Формат 60 × 84/16

Заказ Бумага тип N2 Усл.-печ.л. 2.0

Тираж 50 экз Печать офсетная Учетн.-изд.л. 2.0

Отпечатано в полиграфическом секторе

Издательства КГАСУ.

420043, г. Казань, ул. Зелёная, д. 1.