

251. ИЗМЕРЕНИЕ ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОТРЫВА

Введение

Явление поверхностного натяжения связано с тем, что на молекулы на поверхности жидкости действует сила притяжения от соседних молекул, находящихся в толще жидкости (см. рис.1). Результирующая сила складывается и направлена перпендикулярно к поверхности жидкости.

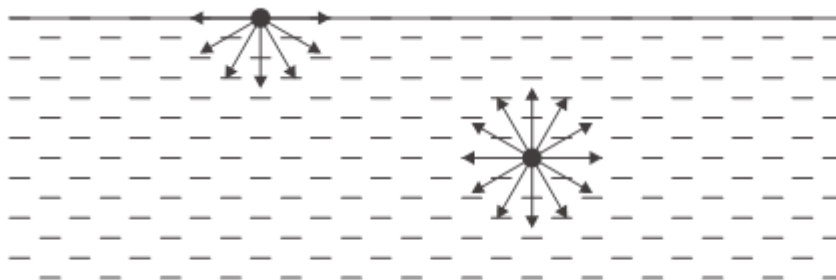


Рис. 1. Действие сил притяжения на молекулы в толще и на поверхности жидкости.

Отношение изменения свободной энергии к изменению площади поверхности при постоянной температуре называется поверхностным натяжением жидкости.

$$\sigma = \Delta E / \Delta S \quad (1)$$

Поверхностное натяжение можно измерить с помощью металлического кольца с острыми краями, полностью погруженными в жидкость. Если кольцо медленно вынимать из жидкости, то тонкий слой жидкости вытягивается за кольцом (см. рис.2). Изменяется площадь внешней и внутренней поверхности слоя жидкости:

$$\Delta S = 4 \cdot \pi \cdot R \cdot \Delta x, \quad (2)$$

где R – радиус металлического кольца.



Рис.2. Иллюстрация принципа измерений

Когда металлическое кольцо поднимается на расстояние Δx , то сила натяжения определяется формулой:

$$F = \Delta E / \Delta x \quad (3)$$

Если сила натяжения увеличивается, то кольцо отрывается от жидкости. Исходя из (1-3) поверхностное натяжение можно рассчитать как:

$$\sigma = F / (4\pi R) \quad (4)$$

В данном эксперименте для определения поверхностного натяжения используется метод отрыва, когда металлическое кольцо помещается на поверхность жидкости. Этот слой жидкости притягивает кольцо к жидкости за счёт поверхностного натяжения жидкости.

Цель работы

Определение коэффициента поверхностного натяжения.

Решаемые задачи

- ✓ Измерение силы натяжения в момент отрыва кольца от жидкости
- ✓ Определение коэффициента поверхностного натяжения воды
- ✓ Выявления зависимости коэффициента поверхностного натяжения воды от температуры
- ✓ Выявления зависимости коэффициента поверхностного натяжения воды от концентрации ПАВ

Техника безопасности

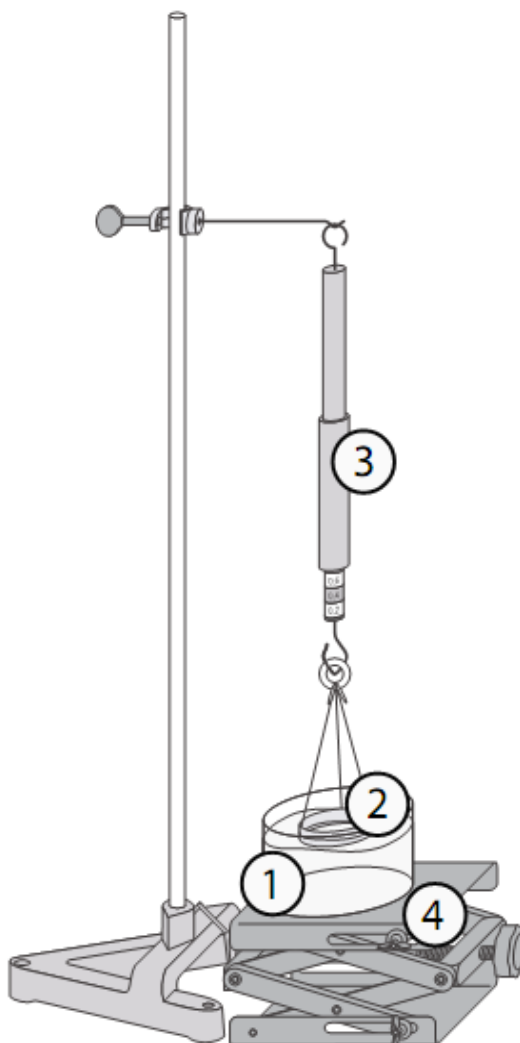
- ✓ Внимание в работе используется стекло.
- ✓ Будьте предельно внимательны при работе с горячей водой

Упражнение 1. Измерение поверхностного натяжения с помощью прецизионного динамометра

Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности

- ✓ Стекло́нное блюдо (1)
- ✓ Металлическое кольцо (2)
- ✓ Прецизионный динамометр (3)
- ✓ Лабораторная стойка (4)

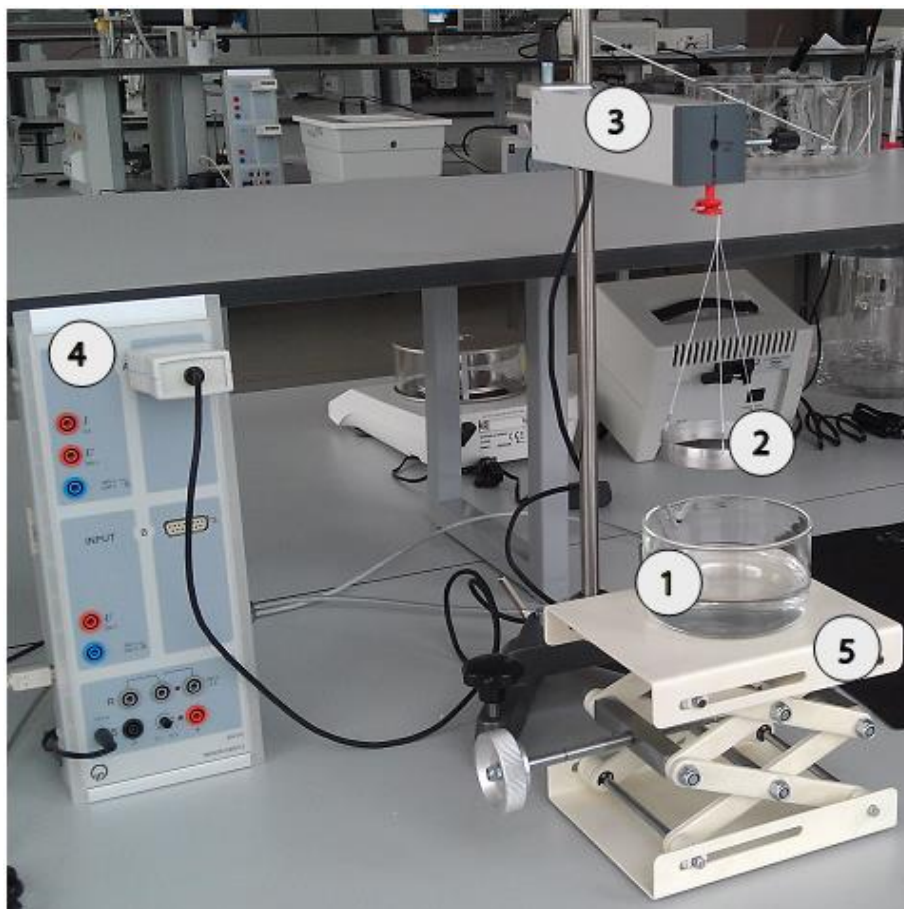


Порядок выполнения работы

8. Измерить с помощью штангенциркуля диаметр металлического кольца.
9. Подвесьте металлическое кольцо на прецизионный динамометр.
10. Поставьте внизу блюдо с дистиллированной водой.
11. Выставьте показания на ноль, передвигая подвижную трубку.

12. Медленно поднимайте винтом стойку, чтобы кольцо погрузилось в воду в блюдце. Затем медленно опускайте винтом стойку, пока кольцо полностью не выйдет из воды.
13. Необходимо зафиксировать показание динамометра, когда кольцо отрывается от поверхности воды, по показаниям динамометра определите силу поверхностного натяжения.
14. Определите коэффициент поверхностного натяжения воды по формуле (4).
15. Налейте горячую (60-70 °С) дистиллированную воду в блюдце, опустите в воду термометр. Проведите измерения коэффициента поверхностного натяжения, выполняя пункты 4-7 при различных температурах по мере остывания горячей воды каждые 5-10 градусов. Измерения провести для 5-6 температур.
16. Постройте график зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
17. В остывшую воду добавьте одну каплю моющего средства (ПАВ). Проведите измерения коэффициента поверхностного натяжения, выполняя пункты 4-7. Меняя концентрацию моющего средства (одну, две, три, четыре, пять и т.д. капель) измерьте коэффициент поверхностного натяжения.
18. Постройте график зависимости коэффициента поверхностного натяжения от относительной концентрации моющего средства, откладывая по оси абсцисс количество капель.
19. В выводах объясните физические причины температурной и концентрационной зависимостей коэффициента поверхностного натяжения.
20. Сравните измеренные коэффициенты поверхностного натяжения между собой и с табличными значениями. Объясните обнаруженные различия.

Упражнение 2. Измерение поверхностного натяжения с помощью CASSY Lab



Экспериментальная установка

Приборы и принадлежности

- ✓ Стекло́нное блюдо (1)
- ✓ Металлическое кольцо (2)
- ✓ Цифровой динамометр (3)
- ✓ Консоль (4)
- ✓ Лабораторная стойка (5)

Порядок выполнения работы

1. Измерить с помощью штангенциркуля диаметр металлического кольца.
2. Подвесить металлическое кольцо на цифровой динамометр. Подставить снизу блюдо с дистиллированной водой.
3. Запустить CASSY Lab 2. Подключить измерения силы F .
4. Справа в окошке настроек зайти в Input A_1 – Force FA_1 . Обнулить показания динамометра (нажать на кнопки [->0<-])
5. Запустить эксперимент в CASSY Lab (F9).

6. Медленно поднять винтом стойку, чтобы кольцо погрузилось в воду. Потом медленно опускаете стойку до тех пор, пока кольцо полностью не оторвется от поверхности воды.
7. Остановите эксперимент в CASSY Lab (F9). Из полученного графика определите коэффициент поверхностного натяжения.
8. Нажмите правой кнопкой мыши по диаграмме, выберите пункт меню Other evaluation-Max- min, удерживая левую кнопку мыши, выделите график. Нажмите Alt-T и определите значения минимума и максимума на силы натяжения на диаграмме.
9. По формуле (4) определите коэффициент поверхностного натяжения воды. Проанализируйте зависимость силы натяжения от времени при погружении кольца в воду и при извлечении его.
10. Налейте горячую (60-70 °C) дистиллированную воду в блюдце, опустите в воду термометр. Проведите измерения коэффициента поверхностного натяжения, выполняя пункты 4-9 при различных температурах по мере остывания горячей воды через 5-10 градусов. Измерения провести для 5-6 температур.
11. Постройте график зависимости коэффициента поверхностного натяжения от температуры.
12. В остывшую воду добавьте одну каплю моющего средства (ПАВ). Проведите измерения коэффициента поверхностного натяжения, выполняя пункты 4-9. Меняя концентрацию моющего средства (одну, две, три , четыре, пять и т.д. капель) измерьте коэффициент поверхностного натяжения.
13. Постройте график зависимости коэффициента поверхностного натяжения от относительной концентрации моющего средства, откладывая по оси абсцисс количество капель.
14. В выводах объясните физические причины температурной и концентрационной зависимостей коэффициента поверхностного натяжения.
15. Сравните измеренные коэффициенты поверхностного натяжения между собой и с табличными значениями.

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ К РАБОТАМ

№221 «Исследование теплопроводности»

- 1) Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость).
- 2) Какие связи называются ковалентными и ионными?
- 3) Период кристаллической решетки и его зависимость от температуры.
- 4) Сколько степеней свободы приходится на одну колебательную связь?
- 5) Линейный и объемные коэффициенты расширения твердых тел. Связь между ними.

№222 «Определение вязкости жидкости с помощью шарикового вискозиметра»

- 1) Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость)
- 2) Какие течения жидкости называют ламинарными и турбулентными? Число Рейнольдса.
- 3) Какая физическая природа вязкости жидкости и газов? Как изменяется вязкость газа и жидкости при повышении температуры?
- 4) Вывод формулы зависимости скорости ламинарного течения в трубе от расстояния до центра трубы. (Закон Пуазейля).
- 5) Движение шарика в жидкости. Закон Стокса.
- 6) Как следует изменить массу и размер шарика для того, чтобы проводить измерения для более (менее) вязких жидкостей (газов)?

№223 "Исследование зависимости вязкости жидкости от температуры и концентрации на шариковом вискозиметре"

- 1) Явления переноса (диффузия, теплопроводность, вязкость)
- 2) Какие течения жидкости называют ламинарными и турбулентными? Число Рейнольдса.
- 3) Какая физическая природа вязкости жидкости и газов? Как изменяется вязкость газа и жидкости при повышении температуры?
- 4) Вывод формулы зависимости скорости ламинарного течения в трубе от расстояния до центра трубы. (Закон Пуазейля).
- 5) Движение шарика в жидкости.
- 6) Как следует изменить массу и размер шарика для того, чтобы проводить измерения для более (менее) вязких жидкостей (газов)?

№250 «Определение плотности растворов»

1. Устройство и принцип работы ареометра.
2. Почему верхняя часть ареометра узкая и имеет постоянное сечение, а нижняя широкая и может иметь ряд утолщений и сужений?
3. Как зависит глубина погружения цилиндрического ареометра от плотности жидкости? Какие ограничения накладывает эта зависимость на изготовление ареометров?
4. Что такое раствор и насыщенный раствор? Механизм растворения. Чем определяется степень насыщения растворов?
5. Единицы концентрации растворов и их соотношение.
6. Ареометр отградуирован при комнатной температуре. Каковы погрешности при использовании его при повышенных температурах?

№251 «Измерение поверхностного натяжения методом отрыва»

1. Что такое сила поверхностного натяжения?
2. Как определяется коэффициент поверхностного натяжения при динамическом и энергетическом рассмотрении этого явления?
3. Как зависит коэффициент поверхностного натяжения от температуры и наличия примесей.
4. Явление смачивания. Что такое краевой угол?
5. Условия динамического равновесия капли жидкости на поверхности твердого тела, на поверхности другой жидкости.
6. Капиллярные явления. Давление под изогнутой поверхностью. Формула Лапласа.

№252 «Определение коэффициента объемного расширения жидкостей»

- 1) Свойства жидкостей.
- 2) Объемные коэффициенты расширения жидкости.

№253 «Исследование зависимости линейного расширения твердых тел от температуры»

- 1) Какие связи называются ковалентными и ионными?
- 2) Период кристаллической решетки и его зависимость от температуры.
- 3) Сколько степеней свободы приходится на одну колебательную связь?
- 4) Линейный и объемные коэффициенты расширения твердых тел. Связь между ними.

№254 «Определение удельной теплоемкости твердых тел»

- 1) Строение твердых тел
- 2) Понятие удельной теплоемкости для твердых тел.
- 3) Законы Эйнштейна, Дебая, Дюлонга – Пти.

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ
КАЗАНСКОГО (ПРИВОЛЖСКОГО) ФЕДЕРАЛЬНОГО УНИВЕРСИТЕТА
Кафедра общей физики

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ЗАДАЧИ
ОБЩЕГО ФИЗИЧЕСКОГО ПРАКТИКУМА
ПО МОЛЕКУЛЯРНОЙ ФИЗИКЕ и ТЕРМОДИНАМИКЕ
Процессы переноса. Твердые тела и жидкости.

Казань – 2015

УДК 530.10
ББК 22.36
Э 41

Печатается по рекомендации
Учебно-методической комиссии
Института Физики
Казанского (Приволжского) федерального университета

Составители:

профессор кафедры общей физики Ерёмина Р.М.
доцент кафедры общей физики Скворцов А.И.
доцент кафедры общей физики Мутыгуллина А.А.
ассистент кафедры общей физики Салихова О.Б.
ассистент кафедры общей физики Блохин Д.С.

Рецензент – В.А.Уланов, д.ф.-м.н., профессор кафедры промышленной электроники Казанского государственного энергетического университета

Э 41 Экспериментальные задачи общего физического практикума по молекулярной физике и термодинамике. Процессы переноса. Жидкости и твердые тела.:/ сост. Р.М. Ерёмина, А.И. Скворцов, А.А. Мутыгуллина и др.-Казань: Казан.ун-т, 2015.-42с.

Методическое пособие «Экспериментальные задачи общего физического практикума по молекулярной физике и термодинамике. Процессы переноса. Жидкости и твердые тела. » предназначено для студентов естественно-научных специальностей университетов. Приводятся описания лабораторных работ физического практикума общего курса физики, раздел «Молекулярная физика и термодинамика», по теме «Процессы переноса. Жидкости и твердые тела». В каждой работе даны подробные описания установок, ход выполнения работ и список вопросов для самостоятельной подготовки.

УДК 530.10
ББК 22.36
Э 41

©Казанский университет, 2015