

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный»

Кафедра общей и технической физики

Физика
Определение коэффициента
поверхностного натяжения
методом отрыва кольца

*Методические указания к лабораторной работе
для студентов всех специальностей и направлений подготовки
бакалавриата*

САНКТ-ПЕТЕРБУРГ
2016

УДК 531/534 (075.83)

Физика. Определение коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва кольца: Методические указания к лабораторным работам / Национальный минерально-сырьевой университет «Горный» Сост.: Кожокарь М. Ю., Водкайло Е. Г. СПб, 2016, 26 с.

Лабораторные работы по курсу физики предназначены для студентов всех специальностей и направлений подготовки бакалавриата Национального минерально-сырьевого университета «Горный».

С помощью методических указаний к лабораторным работам студент имеет возможность, в предварительном плане, ознакомиться с физическими явлениями, методикой выполнения лабораторного исследования и правилами оформления лабораторных работ.

Выполнение лабораторных работ проводится студентом индивидуально по графику.

Табл. 5. Ил. 7. Библиогр.: 5 назв.

Научный редактор доц. *Н. Н. Смирнова*

© Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», 2016

ВВЕДЕНИЕ

Цель проведения лабораторных работ, как и проведения дисциплины в целом – обеспечить приобретение знаний и умений по физике в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом (ФГОС) по различным направлениям подготовки специалистов и бакалавров.

В соответствии с требованиями ФГОС к результатам освоения дисциплины лабораторный практикум направлен на формирование компетенций заключающихся в способностях:

- организовать свою работу для достижения поставленных целей;
- применять на практике приобретенные навыки при поведении и описании исследований, в том числе экспериментальных;
- работать самостоятельно;
- использовать инновационные идеи;
- принимать участие в научно-исследовательских разработках по профилю подготовки.

Лабораторный практикум по физике в рамках дополнения натурального эксперимента, при обеспечении требуемой точности, делает эксперимент существенным элементом повышения качества обучения и усиления его мотивации. Кроме того, физические задачи, выраженные не только в текстовом виде, но и представленные в модельно объёмном лабораторном варианте, позволяют обучать принятию технических решений различных уровней. Это является весьма важным элементом инженерного образования.

Лабораторная установка состоит из реальной и виртуальной части. Виртуальная часть включает в себя системный блок компьютера. Пульт управления является клавиатура. Монитор совмещает функцию цифрового индикатора измерительных приборов и экрана для наблюдения за работой установки и изучаемыми процессами. Элементы виртуальной установки

реагируют на действия пользователя, которые регламентируются методическими указаниями.

Для экспериментального изучения коэффициента поверхностного натяжения жидкости используется лабораторная работа с компьютерным интерфейсом. Программное обеспечение работы позволяет исследовать явление поверхностного натяжения и производить измерения. Студенты при выполнении базовых заданий на основе экспериментальных данных определяют такие параметры как сила F , температура T и коэффициент поверхностного натяжения α .

Методика проведения измерений, обработки экспериментальных данных, оценки погрешностей прямых и косвенных измерений, а также процедура подготовки студентов к выполнению работы и защиты отчетов производится в соответствии с требованиями кафедры общей и технической физики.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

1.1. Природа сил поверхностного натяжения

Жидкое состояние вещества является промежуточным состоянием между твердой и газообразной фазами. Характер теплового движения молекул в жидкостях существенно отличается от движения молекул как в газах, так и в твердых телах. В газах среднее расстояние между соседними молекулами значительно больше их диаметра. Поэтому при тепловом движении молекулы движутся хаотически. В твердых кристаллических телах молекулы расположены в правильном периодическом порядке и составляют кристаллическую решетку. Этот порядок сохраняется на далекие расстояния (миллионы молекулярных расстояний). Такой порядок называется "дальним порядком". Тепловое движение молекул в твердых телах сводится к их колебаниям около положения равновесия. В жидкостях расстояние между соседними молекулами несколько больше, чем у кристаллов, в связи с чем молекулы жидкости могут отходить от своих правильных положений, расстраивая идеальный порядок, свойственный кристаллам. Молекулы жидкости связаны силами Ван-дер-Ваальса, которые, с одной стороны, недостаточны для осуществления постоянной и прочной структуры, однако, с другой стороны, под их действием молекулы уже не могут сохранять той самостоятельности и подвижности, которые характерны для газов. Тепловое движение молекул в жидкости сводится к тому, что они большую часть времени колеблются около своих положений равновесия. С увеличением температуры возрастает амплитуда колебаний, а также частота перескоков в новое состояние равновесия. Поскольку расстояния между соседними молекулами в жидкости все-таки малы, то в жидкости сохраняется так называемый "ближний порядок", т.е. порядок в расположении ближайших соседей какой-либо молекулы. Этот порядок размывается по мере удаления от данной молекулы, иными словами, силы сцепления молекул весьма быстро убывают с

увеличением расстояния между молекулами. На расстоянии 10^{-7} см силы становятся столь незначительными, что ими можно пренебречь. Это предельное расстояние называется радиусом молекулярного действия.

Поверхностный слой жидкости обладает свойством сокращаться. Этим объясняется тот факт, что жидкость, свободная от действия других сил, принимает форму шара (форму с минимальной поверхностью). Особенности поверхностного слоя можно объяснить с двух позиций: 1 - энергетической и 2 - динамической.

1. Молекулы жидкости, выходя на поверхность, совершают работу против сил (со стороны остальных молекул), стремящихся вернуть молекулы обратно внутрь жидкости. Эта работа переходит в запас потенциальной энергии молекулы поверхностного слоя. Поверхностный слой обладает запасом потенциальной энергии, пропорциональной размерам поверхности. Любая система стремится к такому состоянию, при котором ее потенциальная энергия поверхностного слоя будет минимальна, т.е. принимает форму с минимальной энергией. Если над жидкостью имеются пары, то работа выхода молекулы на поверхность будет уменьшаться с ростом упругости пара (т.е. с ростом температуры). При критической температуре, когда плотности жидкости и пара неразличимы, работа выхода молекулы равна нулю: поверхностного слоя нет.

2. Если молекула занимает положение I (рис. 1), при котором вся сфера ее действия заполнена другими молекулами той же жидкости, то относительно молекулярных сил, действующих на нее, она находится в равновесии, так как равномерно притягивается во все стороны. Это равновесие нарушается, когда молекула находится у поверхности жидкости на глубине, меньшей радиуса молекулярного действия (например, молекула II на рис. 1). На молекулу поверхностного слоя действуют молекулы жидкости и пара, причем со стороны пара эти силы невелики, так как плотность пара (а следовательно, концентрация молекул) меньше, чем у

жидкости. Каждую силу можно разложить на две составляющие: по нормали к поверхности и вдоль последней. Сумма составляющих сил, направленных перпендикулярно поверхности, определит силу давления поверхностного слоя на жидкость; сумма касательных составляющих дает силу, действующую вдоль поверхности жидкости. Силы, действующие по касательной, называют силами поверхностного натяжения. Именно они обуславливают сокращение поверхности. Эта сила пропорциональна числу молекул, прилегающих к контуру, которое, в свою очередь, пропорционально длине контура.

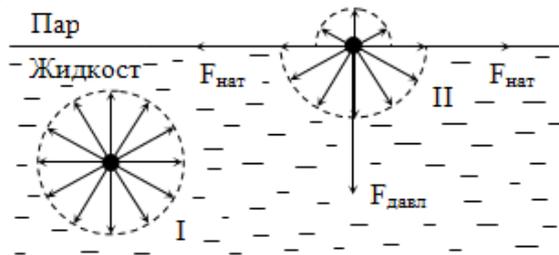


Рис. 1 На молекулу в глубине жидкости действует результирующая сила, равная нулю. На молекулу в поверхностном слое действует сила, направленная в глубь жидкости.

При переходе молекулы из глубины жидкости в поверхностный слой действующие на нее в поверхностном слое силы совершают над молекулой отрицательную работу. В результате кинетическая энергия молекулы уменьшается, а потенциальная увеличивается. Поверхностный слой в целом обладает дополнительной энергией, которая входит составной частью во внутреннюю энергию жидкости. Поскольку энергия U_S поверхностного слоя должна быть пропорциональна площади поверхности, то изменение площади поверхности dS повлечет за собой изменение потенциальной энергии:

$$dU_S = \sigma dS. \quad (1)$$

Коэффициент α является основной величиной, характеризующей поверхностные свойства жидкости, и называется **коэффициентом поверхностного натяжения** ($\alpha > 0$).

Следовательно, коэффициент поверхностного натяжения представляет собой дополнительную потенциальную энергию, которой обладает единица площади поверхностного слоя.

Поскольку система в положении равновесия занимает состояние, при котором ее потенциальная энергия минимальна, то жидкость обнаруживает стремление к сокращению своей поверхности. Поэтому должны существовать силы, стремящиеся сократить поверхность. Эти силы называются силами поверхностного натяжения. Они направлены вдоль поверхности жидкости по касательной к ней. Тогда коэффициент поверхностного натяжения α можно определить как силу, действующую на единицу длины контура поверхности. Из вышесказанного следует, что в СИ α измеряется либо в Дж/м², либо в Н/м.

$$\sigma = \frac{F}{l}. \quad (2)$$

Коэффициент поверхностного натяжения σ зависит от рода жидкости, температуры (уменьшается с ростом последней), от степени чистоты поверхности, меняясь от малейшего загрязнения. Выражение для определения σ можно представить и в несколько иной форме. Если числитель и знаменатель в (2) умножим на l , то получим

$$\sigma = \frac{F \cdot l}{l \cdot l} = \frac{A}{S}. \quad (3)$$

В этом случае коэффициент поверхностного натяжения σ численно равен работе, которую нужно затратить для увеличения поверхности жидкости на единицу площади.

Ранее было сказано, что молекула в поверхностном слое взаимодействует не только с молекулами самой жидкости, но и с молекулами среды, с которой жидкость граничит. Поэтому понятие

коэффициента поверхностного натяжения, которое введено выше, относится к случаю, когда жидкость граничит со своим собственным паром. С повышением температуры различие в плотностях жидкости и ее насыщенного пара уменьшается, в связи с этим уменьшается и коэффициент поверхностного натяжения.

Примеси сильно сказываются на величине поверхностного натяжения. Так растворение в воде мыла приводит к уменьшению коэффициента поверхностного натяжения, а добавление поваренной соли, приводит к увеличению σ .

1.2. Условия на границе жидкости и твердого тела

При соприкосновении жидкости и твердого тела, поверхностная энергия жидкости и форма, которую принимает поверхность, определяется соотношением действующих на жидкость сил: силы тяжести, силы взаимодействия молекул жидкости друг с другом и сил взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела и с молекулами пара, с которыми жидкость граничит. Характеристикой сил взаимодействия молекул жидкости друг с другом и с молекулами граничащих с жидкостью сред служит краевой угол θ , т.е. угол, отсчитываемый внутри жидкости и образованный касательными к поверхности жидкости и к поверхности твердого тела (рис. 2). Если краевой угол $0 < \theta < \pi/2$, то говорят, что жидкость частично смачивает поверхность твердого тела. При $\theta = 0$ имеет место полное смачивание. Если краевой угол $\pi/2 < \theta < \pi$, то говорят о частичном несмачивании поверхности твердого тела жидкостью. При $\theta = \pi$ имеет место полное несмачивание.

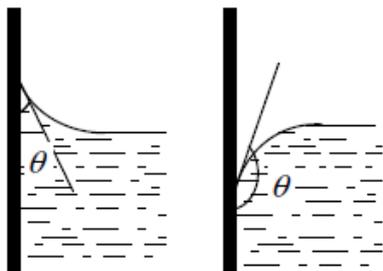


Рис. 2 К определению краевого угла: а) частичное смачивание поверхности твердого тела жидкостью, б) частичное несмачивание поверхности твердого тела жидкостью.

1.3. Теория метода

Прикрепим к чувствительному динамометру с помощью нитей (рис. 3) тонкое кольцо. Опустим кольцо в сосуд с жидкостью и будем сосуд медленно опускать. Когда кольцо начнет приподниматься над поверхностью жидкости, вместе с ним начнет подниматься и обволакивающая кольцо пленка жидкости, а показание динамометра при этом постепенно увеличивается. Оно достигает максимального значения в момент разрыва пленки жидкости и отрыва кольца. Полагая смачивание полным, рассмотрим силы, действующие на кольцо и динамометр непосредственно перед отрывом пленки (рис. 3).

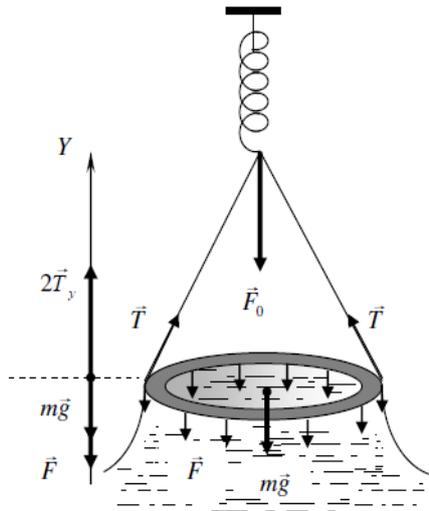


Рис. 3 Определение коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва кольца. Указаны силы, действующие на кольцо в момент отрыва пленки жидкости: $m\vec{g}$ – сила тяжести (приложена к центру масс кольца), \vec{F} – сила поверхностного натяжения (действует по всему периметру кольца, как внешнему, так и внутреннему), \vec{T} – сила натяжения нити, \vec{F}_0 – результирующая сила, действующая на динамометр со стороны кольца.

Силы тяжести $m\vec{g}$ и поверхностного натяжения \vec{F} , действующие на кольцо, уравновешены силами натяжения нитей \vec{T} . Проектируя указанные силы на ось Y , получим: $2T_y = mg + F$. При этом сила \vec{F}_0 , действующая на динамометр равна:

$$\vec{F}_0 = \vec{F} + m\vec{g} \quad (4)$$

Мы будем пренебрегать силой тяжести, действующей на массу жидкости, которая поднимается вместе с кольцом.

В соответствии с определением коэффициента поверхностного натяжения, величину силы F можно представить в виде:

$$F = \alpha l \quad (5)$$

где l - длина контура поверхности, вдоль которой действует сила. В данном случае l равна длине внутренней и внешней окружности кольца, а если кольцо тонкое, можно считать, что его внешний d_1 и внутренний диаметр d_2 примерно равны, тогда:

$$F = \alpha(\pi d_1 + \pi d_2) \approx \alpha \cdot 2\pi \cdot d \quad (6)$$

где d - средний диаметр кольца ($d \approx d_1 \approx d_2$).

Из уравнения (4) и формул (5) и (6) следует, что, зная разницу между показаниями динамометра в момент отрыва кольца и силой тяжести: $F = F_0 - mg$, можно получить выражение для определения коэффициента поверхностного натяжения:

$$\alpha = \frac{F}{2\pi \cdot d} \quad (7)$$

2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОТРЫВА КОЛЬЦА

Цель работы: Определение коэффициента поверхностного натяжения воды и водных растворов соли и мыла методом отрыва кольца.

Поскольку диаметр и толщина кольца могут быть измерены штангенциркулем, то определение коэффициента поверхностного натяжения сводится к определению силы отрыва F . Для измерения этой силы служит следующая установка (рис. 4).

Экспериментальная установка

Схема установки изображена на рисунке ниже:

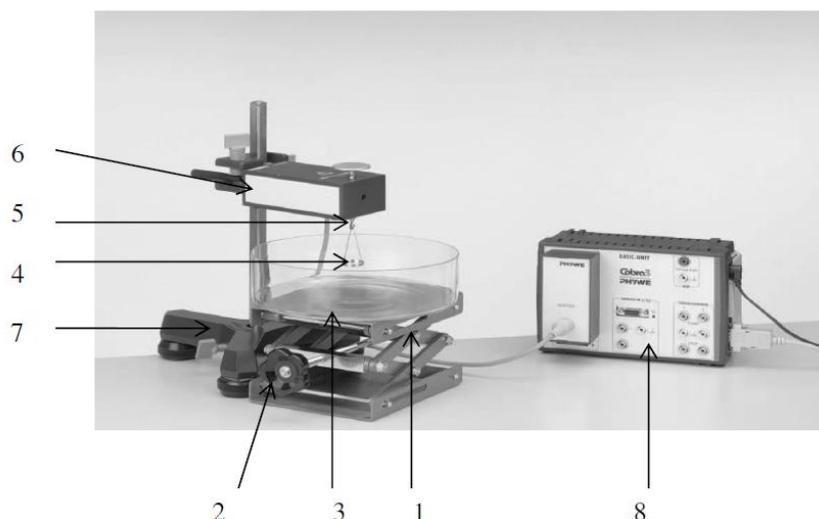


Рис. 4. Общий вид виртуальной экспериментальной установки

Назначение и характеристика основных элементов установки:

1 – подвижная платформа, 2 – винт, 3 – чашка Петри, 4- кольцо, 5 – крючок, 6 – измерительный силовой блок «Ньютон», 7 – опора, 8 – блок «Cobra 3».

Установка состоит из подвижной платформы 1, которую можно поднимать и опускать, вращая винт 2. На платформу устанавливается чашка Петри 3 с исследуемой жидкостью. Кольцо 4 диаметром $d = 19,5 \pm 0,05$ мм подвешивается на крючок 5 измерительного модуля «Ньютон» 6, который укреплен на опоре 7. Сигнал с модуля 6 поступает на модуль «Cobra 3» 8, сопряженный с компьютером.

ЗАДАНИЕ

При выполнении работы следует строго соблюдать правила техники безопасности и охраны труда, установленные на рабочем месте студента в лаборатории. Выполнять работу нужно предельно аккуратно, не трясти и не толкать установку, поскольку это может

исказить результаты. Работу следует проводить в строгом соответствии с нижеизложенным порядком выполнения и в объеме, предусмотренном индивидуальным заданием.

Измерение силы, действующей на кольцо в момент отрыва от поверхности жидкости.

1. Вращая винт 2, опустите платформу 1.
2. Наполните чашку Петри примерно наполовину водой, раствором соли или мыльным раствором с указанной в индивидуальном задании концентрации. Установите чашку на платформу 1.
3. Подвесьте на крючок 5 кольцо 4.
4. Медленно вращая винт 6, поднимите платформу так, чтобы кольцо касалось поверхности жидкости.
5. Запустите компьютерную программу трансляции данных и установите значения параметров, как указано на рис. 5.

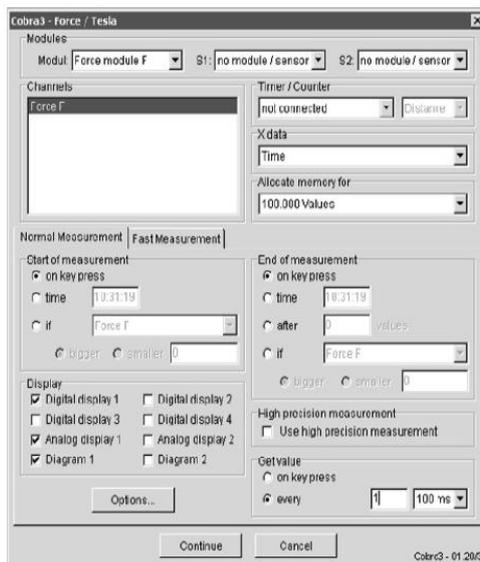


Рис. 5 Параметры измерений

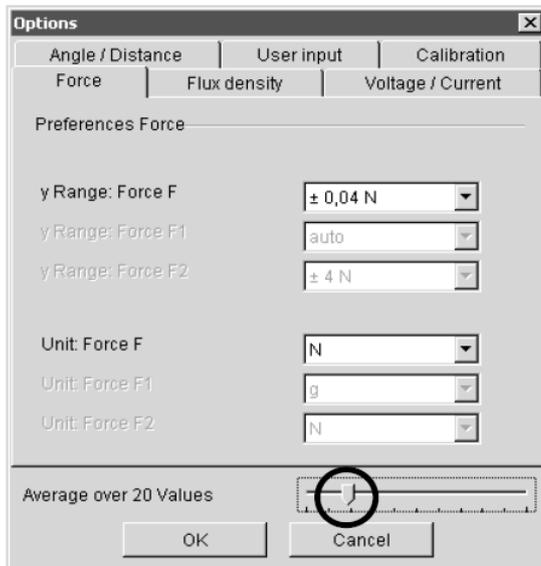


Рис. 6 Параметры силы

6. Выберите в меню программы кнопку «Options» и задайте параметры, как указано на рис. 6. Число измерений, по которым производится усреднение («Average values»), задайте равным примерно 20, для этого передвиньте флажок (выделен на рис. 6) в соответствующее положение. Нажмите кнопку «OK».
7. Запустите компьютерную программу измерений, нажав кнопку «Continue», затем – «Start measurements».
8. Очень медленно опускайте платформу 1, вращая винт 2, пока кольцо не оторвется от поверхности жидкости.
9. Вновь медленно поднимите чашку до соприкосновения поверхности жидкости с кольцом и медленно опустите её. Повторите измерения 10 раз. Закончите измерения, нажав кнопку «Stop measurements».

10. На экране компьютера вы получите кривую зависимости силы, действующей на кольцо от времени. Типичный вид такой кривой представлен на рис. 7.

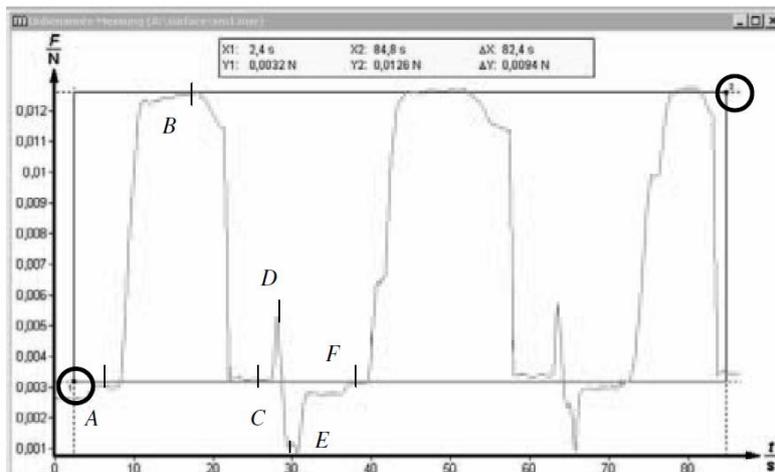


Рис. 7 Зависимость силы, действующей на кольцо от времени

Обработка результатов измерений

Кривая зависимости силы, действующей на кольцо (рис. 7) позволяет найти разницу между весом кольца (точка *A* на рис. 7) и силой, действующей на кольцо в момент отрыва (точка *B* на рис. 7). По мере вытаскивания кольца из жидкости на него начинает действовать сила поверхностного натяжения, кроме того, вместе с кольцом поднимается и пленка жидкости, что несколько увеличивает действующую на кольцо силу тяжести, поэтому на участке *AB* сила растет. В точке *B* сила достигает максимума, затем резко уменьшается, что соответствует отрыву пленки жидкости. В точке *C* сила достигает значения равного силе тяжести, действующей на кольцо, но, поскольку кольцо совершает несколько коротких колебаний, то и сила испытывает осцилляции (участок *CDEF* на рис. 7.) Из-за случайных толчков установка пленка

жидкости отрывается от кольца не сразу по всему периметру, а постепенно, хотя и достаточно быстро. Поэтому при многократном повторении опыта значения силы в момент отрыва кольца несколько различаются.

Занесите результаты измерений в таблицы:

Таблица 1.

Условия проведения эксперимента

Исследуемая жидкость	Диаметр кольца d $\pm \Delta d$, м	Температура

1. Заполните таблицу 2.
2. В верхней строке меню нажмите кнопку «решетка» (#). На графике появятся две горизонтальные и две вертикальные курсорные линии с выделенными точками 1 и 2 в перекрестьях (выделены на рис.7).
3. Подведите курсор к точке 1. Удерживая нажатой левую кнопку мыши, установите нижнюю курсорную линию посередине между точками, D и E (рис.7). Это значение примерно соответствует весу кольца.
4. Подведите курсор к точке 2, удерживая нажатой левую кнопку мыши, Совместите верхнюю курсорную линию с точкой отрыва кольца (рис. 7) для первого измерения. Запишите в таблицу 3 значение $F = \Delta Y$, которое высвечивается на экране над графиком. ΔY - соответствует разности между максимальной силой, действующей на кольцо в момент отрыва, и силой тяжести.
5. Совмещая поочередно верхнюю курсорную линию с точкой отрыва кольца (рис. 7) для второго и последующих измерений, определите силу, действующую на кольцо в момент отрыва для каждого измерения. Каждый раз записывайте полученные значения в таблицу 3.
6. Найдите среднее значение силы отрыва F по формуле:

$$\bar{F} = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{n}$$

7. Найдите погрешности отдельных измерений $\Delta F_i = F - F_i$ и запишите в таблицу 3.

8. Найдите среднюю квадратичную погрешность измерения σ_F по формуле:

$$\sigma_F = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{\Delta F_i^2}{n(n-1)}}$$

9. Найдите коэффициент поверхностного натяжения $\bar{\alpha}$ по формуле, подставляя в нее среднее значение силы F .

10. Найдите относительную погрешность метода по формуле:

$$\delta = \left(\frac{\Delta F}{F} + \frac{\Delta r}{r} \right) \cdot 100\%$$

11. Считайте, что полная погрешность измерения силы $\Delta F = \sigma_F$, поскольку приборная погрешность мала.

12. Найдите абсолютную погрешность определения α данным методом по формуле:

$$\Delta \alpha = \frac{\delta}{100\%} \cdot \bar{\alpha}$$

13. Окончательный результат представьте в виде:

$$\alpha = \bar{\alpha} \pm \Delta \alpha$$

Таблица № 2.

Результаты измерения силы отрыва

№№ п/п	F_i , Н	ΔF_i , Н
1		
2		
...		

10		
Среднее значение F , Н		ΔF , Н

3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

1. Выполнение лабораторных работ проводится в аудиториях и учебных лабораториях кафедры ОТФ (по 2 учебных часа на 1 работу) в соответствии с графиком работ по учебным лабораториям механики, электромагнетизма, оптики, физики твердого тела и виртуальных экспериментов. В случае пропуска прошлого занятия по уважительной причине на очередном занятии делается следующая по графику работа.

2. Студенты допускаются к занятиям в лаборатории при подготовке на аудиторном занятии теоретической базы новой работы, наличии заготовки к ней и защиты предыдущей работы.

3. Полученные в результате работы данные заносятся в таблицу и после ее завершения подписываются преподавателем или инженером - лаборантом.

4. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ

Отчет оформляется в печатном виде на листах формата А4 в соответствии с требованиями, предъявляемыми кафедрой ОТФ, в котором помимо стандартного титульного листа должны быть раскрыты следующие пункты:

I. Цель работы.

II. Краткое теоретическое содержание:

1. явления, изучаемые в работе;

2. определение основных физических понятий, объектов, процессов и величин;

3. законы и соотношения (использованные при выводе расчетной формулы);

4. пояснения к физическим величинам, входящим в формулы, и единицы их измерений.

III. Схема установки.

IV. Основные расчетные формулы.

V. Формулы погрешности косвенных измерений.

VI. Таблицы с результатами измерений и вычислений.

Таблицы должны иметь номер и название. Единицы измерения физических величин должны быть указаны в отдельной строке.

VII. Пример вычислений (для одного опыта):

1. исходные данные;

2. погрешности прямых измерений;

3. вычисления: [*величина = формула = подстановка чисел = результат вычисления, единицы измерений*].

4. вычисление погрешностей косвенных измерений.

VIII. Графический материал:

1. аналитическое выражение функциональной зависимости, которую необходимо построить;

2. на осях координат указать масштаб, наименование физической величины и единицы измерения;

3. на координатной плоскости должны быть нанесены экспериментальные точки;

4. по результатам эксперимента, представленным на координатной плоскости, провести плавную линию – аппроксимирующую функциональную теоретическую зависимость в соответствии с методом наименьших квадратов.

IX. Окончательный результат с указанием погрешности косвенных измерений.

X. Анализ полученного результата. Выводы.

5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОТЧЕТА

К защите допускаются студенты, подготовившие отчет в соответствии с требованиями к его содержанию в установленные сроки. После проверки преподавателем содержания отчета, при

наличии ошибок и недочетов, работа возвращается студенту на доработку.

При правильном выполнении лабораторной работы, соблюдении всех требований к содержанию и оформлению отчета, студент допускается к защите.

Для успешной защиты отчета необходимо изучить теоретический материал по теме работы, а также освоить математический аппарат, необходимый для вывода расчетных формул работы.

При подготовке к защите, помимо данного методического указания, необходимо использовать учебники и другие учебные пособия, рекомендованные к учебному процессу кафедрой ОТФ и Министерства образования и науки.

Во время защиты студент должен уметь ответить на вопросы преподавателя в полном объеме теоретического и методического содержания данной лабораторной работы, уметь самостоятельно вывести необходимые расчетные формулы, выполнить анализ полученных зависимостей и прокомментировать полученные результаты.

6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ

1. Опишите установку и порядок выполнения работы.
2. Какова природа сил поверхностного натяжения?
3. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения жидкости? В каких единицах он выражается? (Дать два определения: силовое и энергетическое).
4. От каких параметров зависит коэффициент поверхностного натяжения?
5. Что такое краевой угол смачивания?
6. Как можно вывести формулу для определения коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва кольца?

7. Каковы источники случайных и систематических ошибок при определении коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва кольца?

Индивидуальные задания.

Задание 1.

1. Объясните происхождение сил поверхностного натяжения. Дайте определение коэффициента поверхностного натяжения.
2. Проведите измерения силы поверхностного натяжения методом отрыва кольца для воды.
3. Рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения для воды. Сравните результат с табличным значением. Укажите возможные причины расхождения табличного и экспериментального значений.

Задание 2.

1. Выведите формулу для определения коэффициента поверхностного натяжения жидкости методом отрыва кольца.
2. Проведите измерения силы поверхностного натяжения методом отрыва кольца для 50% раствора глицерина.
3. Рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения для указанного раствора. Сравните результат с табличным значением коэффициента поверхностного натяжения для воды и глицерина.

Задание 3.

1. Объясните принцип измерения коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва кольца. Укажите основные причины ошибок при измерении коэффициента поверхностного натяжения данным методом.
2. Проведите измерения силы поверхностного натяжения методом отрыва кольца для 30% раствора глицерина.
3. Рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения для указанного раствора. Сравните результат с табличным значением коэффициента поверхностного натяжения для воды и глицерина.

Задание 4.

1. Объясните возникновение явлений смачивания и несмачивания поверхности твердых тел жидкостью. Дайте определение краевого

угла смачивания.

2. Проведите измерения силы поверхностного натяжения методом отрыва кольца для 70% раствора глицерина.
3. Рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения для указанного раствора. Сравните результат с табличным значением коэффициента поверхностного натяжения для воды и глицерина.

7. РЕКОМЕНДАТЕЛЬНЫЙ БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Детлаф А.А., Яворский Б.М.* Курс физики. М.: Высшая школа, 2010, 718 с.
2. *Иродов И.Е.*, Электромагнетизм. М.: Бинум, 2008, 320 с.
3. *Калашиников Н.П.*, Основы физики. М.: Дрофа, 2009. Т. 1, 445 с.
4. *Савельев И.В.*, Курс физики. М.: Наука, 2005. Т. 2., 336 с.
5. *Яворский Б.М., Детлаф А.А.* Справочник по физике. М.: Наука, 2009, 944 с.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

6. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (<http://window.edu.ru/>).
7. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/>.
8. Электронные версии учебников, пособий, методических разработок, указаний и рекомендаций по всем видам учебной работы, предусмотренных вузовской рабочей программой, находящиеся в свободном доступе для студентов, обучающихся в вузе, на внутри сетевом сервере <http://www.spmi.ru/>.

8. ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица 3.

Множители и приставки для образования десятичных и кратных единиц

Множитель	Приставка		Множитель	Приставка	
	Наименование	Обозначение		Наименование	Обозначение
10^3	кило	к	10^{-3}	милли	м
10^6	мега	М	10^{-6}	микро	мк
10^9	гига	Г	10^{-9}	нано	н
10^{12}	тера	Т	10^{-12}	пико	п

Таблица 4.

Основные физические постоянные

Физическая величина	Численное значение
Атомная единица массы (унифицированная)	$1 \text{ а.е.м.} = 1,660531(11) \cdot 10^{-27} \text{ кг} = 931,481(52) \text{ МэВ}$
Число Авогадро	$6,022169(40) \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
Давление атмосферное нормальное	$1,01325 \cdot 10^5 \text{ Па}$
Молярная газовая постоянная	$8,3144(26) \text{ Дж/К} \cdot \text{моль}$
Объем идеального газа при нормальных условиях	$22,4136 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{моль}$
Постоянная Больцмана	$1,380622(59) \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$

Таблица 5.

Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей
Коэффициент поверхностного натяжения жидкостей,
мН/м (при 20°C)

Вода	73
Бензин	21
Керосин	24
Мыльный раствор	40
Молоко	46
Нефть	30
Ртуть	472
Спирт	22
Эфир этиловый	17*

* — при температуре 25°C, газовая среда: воздух.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	3
1. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.1 Природа сил поверхностного натяжения.....	5
1.2 Условия на границе жидкости и твердого тела	9
2. ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ПОВЕРХНОСТНОГО НАТЯЖЕНИЯ МЕТОДОМ ОТРЫВА КОЛЬЦА.....	12
3. ТРЕБОВАНИЯ К ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ.....	19
4. ТРЕБОВАНИЯ К СОДЕРЖАНИЮ ОТЧЕТА ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ.....	19
5. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ЗАЩИТЕ ОТЧЕТА.....	20
6. ВОПРОСЫ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ.....	21
7. БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	23
8. ПРИЛОЖЕНИЕ.....	24