

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности

М.А.Фаттахов, Х.И.Исаев, П.А.Халиков

УДК 53.00112

КАФЕДРА “ФИЗИКА И ЭЛЕКТРОТЕХНИКА”

***КОНЦЕПЦИЯ СОВРЕМЕННОГО
ЕСТЕСТВОЗНАНИЯ***

Лабораторные работы

Факультет _____ группа _____
студента(ки) _____

Методическое пособие для студентов бакалавриата по направлению
бухгалтерия и аудит, менеджмент и дизайн
Высшего технического учебного заведения.

Ташкент – 2013

Методическое пособие соответствует рабочей учебной программе для бакалавров бухгалтерия и аудит, менеджмент и дизайн Высших технических учебных заведений.

В этом методическом пособии дается описание методики проведения каждой из 12 выбранных лабораторных работ. Основное внимание уделено принципам измерения физических величин, технике выполнения лабораторных работ, вычислению погрешностей, обработке результатов и их графических отображений.

Х.И.Исаев, М.А.Фаттахов, П.А.Халиков

Авторы:
составители:

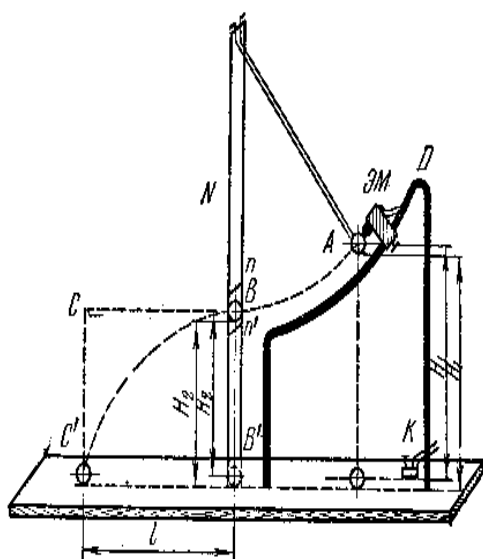
**Исаев Хамид Исаевич
Фаттахов Мирзахмад Азизович
Халиков Пулат Абдуганиевич**

Рецензенты: **Н.Улугмурадов** – доцент кафедры «Физика, математика и АТ» Ташкентский Фармацевтический Институт,
М.Туйчиев – доцент кафедры «Естествознание» ТИТЛП.

Рассматривалось научно методическим Советом ТИТЛП и было рекомендовано к публикации – протокол.

ИЗМЕРЕНИЕ ПОТЕНЦИАЛЬНОЙ И КИНЕТИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ПАДАЮЩЕГО ШАРИКА.

Принадлежности: Установка наклонной плоскости, шарики, линейки.



Шарик, находящийся в точке А (рис. 1), обладает потенциальной энергией

При перемещении в точку В -
потенциальной энергией

На пути АВ произошло изменение потенциальной энергии шарика на

Уменьшение потенциальной энергии привело к увеличению кинетической энергии шарика от нуля до

При перемещении шарика по траектории ВС он участвует в двух движениях:

- 1) по вертикали - под действием силы тяжести
- 2) движении по горизонтали со скоростью $V = const$ в точке В.

Отсюда, время падения шарика определяется из соотношения

где $g_T = 9,80205 \text{ м/с}^2$

Так как время перемещения шарика по прямой ВЕ равно времени его свободного падения по ВД, то скорость шарика в точке В

Следовательно, кинетическая энергия шарика в точке В

3

По закону сохранения энергии

$$T = \Delta U \quad (8)$$

Порядок выполнения работы.

1. Определить массу шарика на технических весах.
2. Установить шарик в подвес и поднять на высоту H_1 .
3. Измерить высоты H_1 и H_2 .
4. Положить на столик прибора лист миллиметровки с копировкой.
5. Отвести подвес ОА с шариком на высоту H_1 , привести его в движение и измерить расстояние l падения шарика по отпечатку на миллиметровке.
6. Опыт выполнить в пятикратной последовательности.
7. Изменить высоту H и повторить п. 5-6.

Обработка результатов измерений.

1. Подсчитать величину кинетической и потенциальной энергии.
2. Определить относительную и абсолютную погрешности и записать окончательный результат в виде:

$$T = \langle T \rangle \pm \langle \Delta T \rangle \bar{D}_{ж}$$

$$U = \langle U \rangle \pm \langle \Delta U \rangle \bar{D}_{ж}$$

3. результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

№ п/п	H_1	H_2	l	T	$\langle T \rangle$	ΔT	$\langle \Delta T \rangle$	U	$\langle U \rangle$	ΔU	$\langle \Delta U \rangle$

Контрольные вопросы.

1. В каких движениях участвует шарик при перемещении по траектории ВС?
2. показать, что время перемещения шарика по ВС равно времени падения по вертикали?
3. Какой вид механической энергии зависит от координат тела, от скорости тела?
4. Что называется потенциальной и кинетическими энергиями тела?
5. Зависят ли потенциальная и кинетическая энергии от выбора системы отсчета?
6. Запишите формулу подсчета потенциальной энергии тела, поднятого над поверхностью Земли. Укажите относительно какого нулевого уровня справедлива эта формула.
7. Поясните, почему потенциальная энергия может быть установлена только с точностью до некоторой постоянной.
8. Сформулируйте и выведите аналитически теорему об изменении кинетической энергии тела.
9. Почему в данной работе можно применить закон сохранения механической энергии?
10. В чем состоит общий закон сохранения и превращения энергии?

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ ЖИДКОСТИ МЕТОДОМ СТОКСА.

Цель работы: 1) наблюдение за явлениями, связанными с движением тел в жидкостях; 2) определение коэффициента внутреннего трения жидкости.

Принадлежности: Мензурка, жидкость, металлические шарики, микрометр, линейка.

Коэффициент вязкости может быть определён методом падающего шарика в вязкой среде (метод Стокса). Рассмотрим свободное падение тела (в нашем случае свинцового шарика) в вязкой покоящейся жидкости. На шарик, свободно падающий в такой жидкости, действуют:

1. Сила тяжести

$$P = mg = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_2 g \quad (1)$$

где r – радиус шарика, ρ_2 – плотность шарика, g – ускорение свободного падения.

2. Выталкивающая сила (по закону Архимеда)

$$F_1 = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_1 g \quad (2)$$

Где ρ_1 – плотность жидкости.

3. Сила сопротивления движению, вычисленная Стоксом, обусловленная силами внутреннего трения между слоями жидкости,

$$F = 6 \pi \eta r v \quad (3)$$

Где v – скорость слоёв жидкости.

Подчеркиваем, что здесь играет роль не трение шарика о жидкость, а трение отдельных слоев жидкости друг о друга, так как при соприкосновении твёрдого тела с жидкостью к поверхности тела тотчас же прилипают молекулы жидкости. Тело обволакивается слоями жидкости и связано с ними межмолекулярными силами. Непосредственно прилегающий к телу жидкости движется вместе с телом со скоростью движения тела. Этот слой увлекает в своём движении соседние слои жидкости, которые на некоторый период времени приходят в плавное безвихревое движение (если малые скорости и маленькие шарики). Направление этих сил показано на рис. 1.

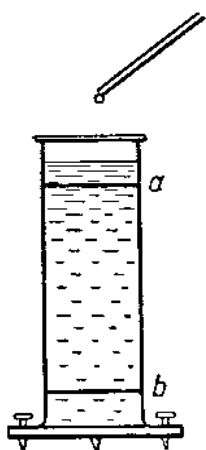


Рис.1

Равнодействующая сил, действующих на шарик $R = P - (F_1 + F)$ (4)

Вначале скорость движения шарика будет возрастать, но так как по мере увеличения скорости шарика сила сопротивления будет также возрастать, то наступит такой момент, когда сила тяжести P будет уравновешена суммой сил F и F_1 , равнодействующая сила R станет равной нулю, т.е.

$$P - (F_1 + F) = 0 \quad (5)$$

С этого момента движение шарика становится равномерным с какой-то скоростью $v = v_0$

Подставляя в (5) соответствующие значения P , F_1 и F ,

получим для коэффициента вязкости выражение:

$$\eta = 2/9 (\rho_2 - \rho_1) g r^2 / v_0 \quad (6)$$

При вычислении η формулу (6) удобно написать так : $\eta = A \cdot r^2 / v_0$

$$\text{где } A = 2/9 (\rho_2 - \rho_1) g; \quad v_0 = l/t \quad (7)$$

Экспериментальная установка состоит из стеклянного цилиндра А, наполненного исследуемой жидкостью (рис.1). На цилиндре нанесены две горизонтальные метки (проволочные кольца) a и b , расположенные друг от друга на расстоянии L (верхняя метка должна быть ниже уровня жидкости на $5 \div 8$ см). Диаметры шариков измеряют микроскопом и окулярным микрометром.

Порядок выполнения работы.

1. Диаметры шариков измеряют микрометром.
2. Пинцетом или острием опускают шарик в жидкость, как можно ближе к оси цилиндра. Глаз наблюдателя должен быть при этом установлен против верхней метки так, чтобы она сливалась в одну прямую. В момент прохождения шариком верхней метки пускают в ход секундомер. В момент прохождения шариком нижней метки секундомер останавливают. Отсчёт по секундомеру даёт время t прохождения шариком пути L . Так как скорости шариков довольно значительны, то, прежде чем производить отсчёты времени движения измеренного шарика, полезно провести пробные измерения времени движения шариков неизмеренных.
3. Масштабной линейкой измеряют расстояние L между метками a и b .
4. Опыт повторяют 5-7 раз.

Обработка результатов измерений.

1. Вычислить A по формуле (7)
2. Вычислить коэффициент внутреннего трения жидкости по формуле(7) и результат занести в таблицу.
3. Вычислить относительную и абсолютную погрешности и представить окончательный результат в виде:

$$\eta = \langle \eta \rangle \pm \langle \Delta \eta \rangle$$

Примечание:

1. Относительную погрешность рассчитать по следующей формуле:

$$\varepsilon = \pm (\langle \Delta \eta \rangle / \langle \eta \rangle) \cdot 100\%$$
2. Плотность металлического шарика ρ_2 и плотность жидкости ρ_1 указаны в приборе.

№	D	R	t	l	v_0	η	$\Delta \eta$	ε

Контрольные вопросы:

1. Как образуется вязкость? Что она характеризует? В каких единицах измеряется?
2. Что такое градиент скорости? Как он связывается с силой внутреннего трения?
3. Какой физический смысл имеют динамическая и кинематическая вязкость?

4. Как зависит вязкость от температуры? Может ли она равняться нулю?
5. Объясните ламинарный и турбулентный режимы течения жидкости. Что характеризует число Рейнольдса?
6. Почему в данной работе не учитываются трение между самым шариком и жидкостью?
7. Почему верхняя метка должна быть ниже уровня жидкости на 5-8 см?
8. Выведите формулу для вычисления коэффициента внутреннего трения.
9. Как связаны между собой диаметр, движущегося в жидкости шарика с его временем падения до дна сосуда?
10. Расскажите о движении тел в жидкостях и газах.

Лабораторная работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕМКОСТИ КОНДЕНСАТОРА МЕТОДОМ МОСТИКА УИТСОНА

Цель работы: Определение емкости конденсатора, изучение формул последовательного и параллельного соединения конденсаторов.

Принадлежности. Эталонный конденсатор, конденсаторы неизвестной емкости, реостат, осциллограф.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ.

Емкость проводника есть физическая величина, численно равная заряду, сообщенному проводнику, который повышает его потенциал на единицу.

$$C = q/\varphi \quad (1)$$

Вычислим потенциал заряженного шара радиуса R , исходя из следующих соображений.

Между разностью потенциалов и напряженностью поля существует соотношение:

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int E dl \quad (2)$$

где: E - напряженность поля, создаваемого заряженной сферой, погруженной в безграничный однородный и изотропный диэлектрик, которая вычисляется по формуле:

$$E = q/4\pi\epsilon\epsilon_0 r^2 \quad (3)$$

Чтобы теперь найти потенциал шара, выражение (3) надо подставить в (2), полученное выражение проинтегрировать по r от R до ∞ , полагая потенциал шара на бесконечности, равным нулю:

$$\varphi = q/4\pi\epsilon\epsilon_0 R \quad (4)$$

Решив совместно (1) и (4), получим для емкости шара радиуса R формулу:

$$C = 4\pi\epsilon\epsilon_0 R \quad (5)$$

За единицу емкости в системе СИ принимается 1 Фарада (Ф).

$$[C] = 1\text{Ф} = 1\text{ Кл/В}.$$

Ввиду того, что фарада очень большая емкость (1Ф – это емкость шара радиуса $9 \cdot 10^9$ м), на практике применяют единицы, равные долям фарады: $1\text{мФ} = 10^{-3}\text{Ф}$, $1\text{мкФ} = 10^{-6}\text{Ф}$, $1\text{нФ} = 10^{-9}\text{Ф}$, $1\text{пФ} = 10^{-12}\text{Ф}$.

Уединенные проводники обладают небольшой емкостью. Кроме того, емкость уединенных проводников зависит от окружающих их тел. На практике же необходимы устройства, которые при небольшом относительно окружающих тел потенциале накапливали бы на себе заметные по величине заряды. Этими устройствами являются конденсаторы. Конденсаторами называются система из двух проводников имеющих одинаковый, но различный по знаку заряд, помещенных близко друг к другу. Проводникам придают такую форму и располагают так относительно друг друга, чтобы создаваемое накапливаемыми на них зарядами поле, было сосредоточено внутри конденсатора.

Основной характеристикой конденсатора является его емкость:

$$C = q/(\varphi_1 - \varphi_2) \quad (6)$$

где $(\varphi_1 - \varphi_2)$ – разность потенциалов между обкладками, которую в данном случае можно принять за напряжение между обкладками:

Величина емкости конденсатора определяется его геометрией (формой, размерами обкладок и величиной зазора между ними), и диэлектрическими свойствами среды, заполняющей пространство между обкладками.

Так как разность потенциалов равна $\varphi_1 - \varphi_2 = Ed$ (7), а напряженность поля равна $E = q/\epsilon\epsilon_0 S$ (8), то емкость плоского конденсатора равна

$$C = \epsilon\epsilon_0 S/d \quad (9)$$

где: S – площадь обкладки плоского конденсатора, d – величина зазора между обкладками конденсатора, ϵ – диэлектрическая проницаемость вещества, заполняющего зазор.

Очень часто конденсаторы соединяют друг с другом в батареи, что позволяет при имеющемся наборе конденсаторов получить батареи различной емкости. Соединение конденсаторов может быть последовательным и параллельным. При последовательном соединении конденсаторов общая емкость определяется по формуле:

$$1/C = \sum 1/C_j \quad (10)$$

При параллельном соединении конденсаторов общая емкость равна:

$$C = \sum C_j \quad (11)$$

ТЕОРИЯ МЕТОДА И ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

В данной работе определяется емкость конденсатора методом мостика Уитстона, собранного по схеме, изображенной на рис.1.

В плечи мостика включены конденсаторы известной емкости C_0 и неизвестной C_x . Мостиком в схеме служит осциллограф. Передвижением контакта вдоль проволоки реохорда добиваются равновесия моста. При равновесии моста ток через него отсутствует (минимальный размер изображения на экране осциллографа).

Обозначим емкостное сопротивление конденсатора неизвестной емкости через $R_{Cx} = 1/\omega C_x$ (12), а известной емкости $R_o = 1/\omega C_0$ (13)

Подставив значения (12) и (13) в формулу для мостика Уитстона

$$R_x = R_o l_1/l_2 \quad (14), \text{ получим соответствующее выражение для } C_x:$$

$$C_x = C_0 l_2/l_1 \quad (15)$$

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1. Соберите цепь по схеме 1, а в плечо моста AC конденсатор неизвестной емкости C_{x1} , а в плечо CB конденсатор известной емкости C_o .
2. Передвигая движок реохорда, доведите изображение на экране осциллографа до минимума и измерьте линейкой плечо реохорда l_1 и l_2 . Вычислите по формуле (15) неизвестную емкость конденсатора C_{x1} .

3. В плечо AC включите второй конденсатор неизвестной емкости C_{x2} . Повторив измерения, указанные в п. 2, вычислите неизвестную емкость второго конденсатора C_{x2} .
4. Между точками AC включите последовательно оба конденсатора C_{x1} и C_{x2} . Вышеуказанным способом (п.2) найдите емкость последовательно соединенных конденсаторов $C_{x\text{пос.}}$. Найденные из эксперимента $C_{x\text{пос.}}$ сравните с значением $C_{\text{пос.}}$, найденное по формуле $1/C_{\text{пос.}} = 1/C_{x1} + 1/C_{x2}$.
5. Между точками A и C включите эти же конденсаторы C_{x1} и C_{x2} параллельно между собой. Найдите их общую емкость способом п.2. Найденное из эксперимента значение $C_{x\text{пар.}}$ сравните с значением $C_{\text{пар.}}$ найденное по формуле $C_{\text{пар.}} = C_{x1} + C_{x2}$.
6. Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1

№	C_1		C_2		$C_{\text{посл}}$		$C_{\text{пар}}$	
	$l_1, \text{см}$	$l_2, \text{см}$	$l_1, \text{см}$	$l_2, \text{см}$	$l_1, \text{см}$	$l_2, \text{см}$	$l_1, \text{см}$	$l_2, \text{см}$
1								
2								
3								

таблица 2

№	$C_0, \text{мкФ}$	$C_1, \text{мкФ}$	$C_2, \text{мкФ}$	$C_{\text{посл}}, \text{мкФ}$	$C_{\text{пар}}, \text{мкФ}$	$C_{\text{ср}}, \text{мкФ}$	$\Delta C_3, \text{мкФ}$	$\Delta C_4, \text{мкФ}$
1								
2								
3								

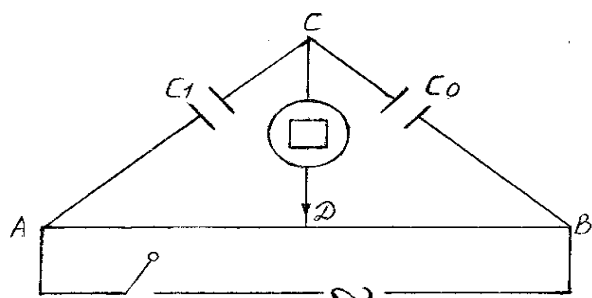


рис-1

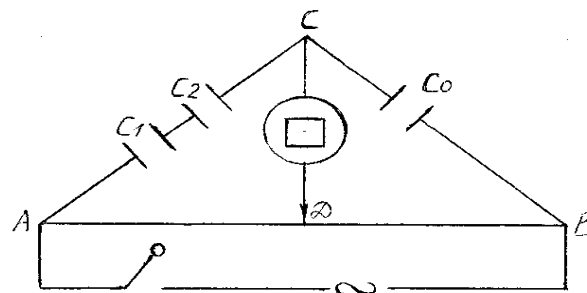


рис-2

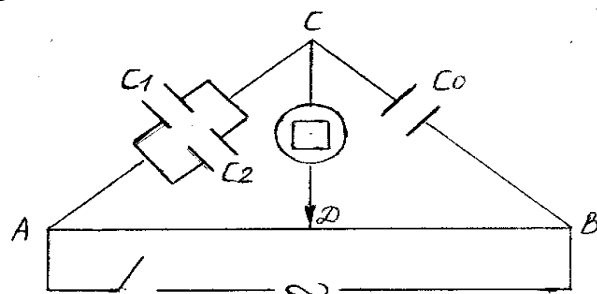


рис-3

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ:

1. Формула для последовательного соединения конденсаторов.

2. Формула для параллельного соединения конденсаторов.
3. Емкость плоского конденсатора.
4. Что такое электрическая емкость?
5. Единицы измерения емкости.
6. От каких параметров зависит емкость плоского конденсатора?
7. Электрическая емкость шара.

Лабораторная работа № 4

ИЗУЧЕНИЕ РАЗВЕТВЛЕННОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Цель работы: Изучить правила Кирхгофа.

Принадлежности: общий амперметр, амперметры для разветвленной цепи, реостат общий, реостаты для разветвленной цепи, вольтметр, источник тока.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Если через некоторую воображаемую поверхность переносится суммарный заряд, отличный от нуля, то говорят, что через эту поверхность течет электрический ток. Для протекания электрического тока необходимо:

1. Наличие в данном теле (среде) свободных носителей тока.
2. Существование электрического поля в данном теле (среде) или разности потенциалов на концах проводника.

Количественной характеристикой электрического тока служит величина заряда, переносимого через рассматриваемую поверхность в единицу времени. Её называют силой тока.

$$I = dq/dt \quad (1)$$

где I - сила тока, измеряемая в амперах (А), dq - величина заряда, переносимого через поверхность, измеряется в кулонах (Кл).

Ток, не изменяющийся со временем, называется постоянным. Для постоянного тока:

$$I = q/t \quad (2)$$

За направление тока принимается направление перемещения положительных зарядов. Более детально ток можно описать с помощью вектора плотности тока j , который численно равен силе тока dI , проходящего через единицу площади dS_{\perp} расположенную в данной точке и перпендикулярную к направлению движения зарядов:

$$j = dI / dS_{\perp} \quad (3)$$

За направление j принимается направление упорядоченного движения положительных зарядов. Между силой тока I и плотностью тока j существует связь:

$$I = \int j dS$$

т.е, сила тока I есть поток вектора плотности тока j через поверхность S .

Ом экспериментально установил закон, согласно которому сила тока, текущего по однородному металлическому проводнику, пропорционально падению напряжения U на проводнике. $I = U/R$ (5), где: U -напряжение, которое в случае однородного проводника совпадает с разностью потенциалов $\varphi_1 - \varphi_2$; измеряется в Вольтах(В); R - электрическое сопротивление проводника, измеряется в Омах. Ом-единица сопротивления, это такое сопротивление, при котором в проводнике при напряжении 1 В течет ток силой 1 А.

Величина сопротивления зависит от формы и размеров проводника, а также от свойств материала, из которого он сделан. Для однородного цилиндрического проводника:

$$R = \rho l / S \quad (6).$$

где: l - длина проводника; S - площадь поперечного сечения; ρ - удельное электрическое сопротивление вещества, величина, зависящая от свойств материала, и численно равная сопротивлению проводника единичной длины и единичного поперечного сечения.

$[\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$ - в системе СИ.

В дифференциальной форме закон Ома для однородного участка имеет вид:

$$j = E/\rho = \sigma E \quad (7),$$

где; j плотность тока, ρ - удельное сопротивление проводника, σ - удельная электрическая проводимость, E - напряженность электрического поля.

Закон Ома для полной цепи в интегральной форме имеет вид

$$I = \varepsilon / (R + r) \quad (8),$$

где; ε - электродвижущая сила, действующая в цепи, $R + r$ - общее сопротивление всей цепи.

При расчетах разветвленных цепей пользуются правилами Кирхгофа.

1. Алгебраическая сумма токов, сходящихся в узле, равна нулю:

$$\sum I_i = 0 \quad (9), \quad \text{или} \quad I_1 + I_2 + \dots + I_n = 0$$

Узел - это точка, в которой сходятся более чем два проводника. Токам, текущим к узлу, приписывают положительный знак, а токам, текущим от узла - отрицательный.

2. Сумма падений напряжений в любом выделенном замкнутом контуре равно сумме э.д.с находящимся в этом контуре, т.е.

$$\sum I_i R_i = \sum \varepsilon_i \quad (10)$$

ТЕОРИЯ МЕТОДА И ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Пусть между точками В, С (рис.2.) имеются параллельные ветви с сопротивлениями R_1, R_2, R_3 . По закону Ома в каждом разветвлении ток будет равен; $I_1 = (U_B - U_C)/R_1$; $I_2 = (U_B - U_C)/R_2$; $I_3 = (U_B - U_C)/R_3$ (11)

и $I = I_1 + I_2 + I_3$. Следовательно,

$$I = (U_B - U_C)(1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3) \quad (12).$$

В то же время $I = (U_B - U_C)/R$ (13),

где; R - общее сопротивление разветвлений. Приравняв правые части равенств (12) и (13), получим:

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 \quad (14)$$

Целью данной работы является:

1. Изучить первый закон Кирхгофа.
2. Проверить равенство проводимостей до и после разветвления, согласно формуле (14).

Проводимость любого участка цепи можно найти по его сопротивлению:

$$\sigma = 1/R, \quad (15).$$

Полная проводимость цепи равна: $\sigma = 1/R = I/O$ (16).

Ток в каждой ветви измеряется с помощью отдельных амперметров A_1, A_2, A_3 (см. рис.2). Ток до разветвления определяется по амперметру A_4 . Сила тока в цепи устанавливается с помощью реостата R_4 . Напряжение в цепи измеряется с помощью вольтметра V .

ХОД РАБОТЫ

1. Собирают схему по рис.2

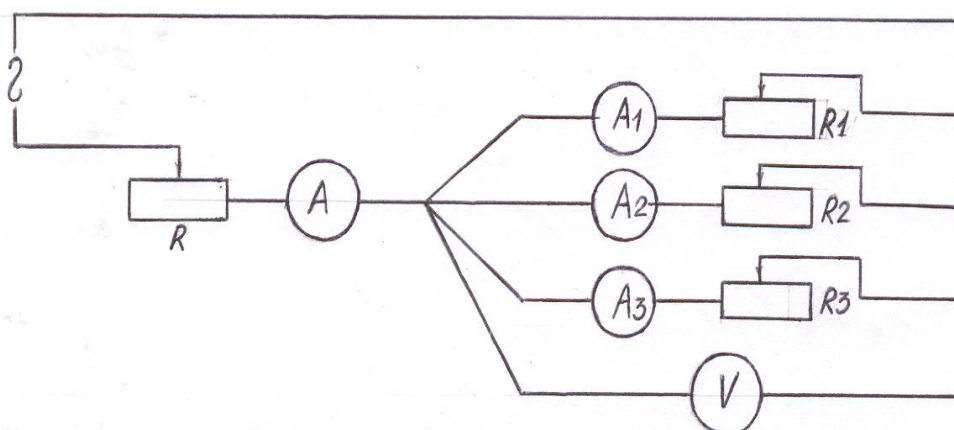
2. Реостатом R_4 устанавливают в цепи силу тока.
3. Используя данные измерений доказывают, что $I = I_1 + I_2 + I_3$ и $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$ Полную проводимость цепи определяют по формуле:
 $\sigma = 1/R = 1/U$
4. Измерения и вычисления заносят в таблицу.

Таблица 1.

№	I, A	I_1, A	I_2, A	I_3, A	U, B	$R, Ом$	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$R_3, Ом$	$G, См$	$G_1, См$	$G_2, См$	$G_3, См$
1													
2													
3													

Таблица 2.

№	I, A	$\sum I, A$	$\Delta I, A$	$G, См$	$\sum G, См$	$\Delta G, См$
1						
2						
3						



Контрольные вопросы

1. Что такое электрический ток?
2. Условия существования электрического тока.
3. Сила и плотность тока. Единицы измерения.
4. Закон Ома в дифференциальной форме.
5. Закон Ома в интегральной форме для участка и полной цепи.
6. Удельное электрическое сопротивление. Единица измерения.
7. 1-ое правило Кирхгофа.
8. 2-ое правило Кирхгофа.

Лабораторная работа №5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ ПРЕЛОМЛЕНИЯ СТЕКЛА С ПОМОЩЬЮ МИКРОСКОПА

Цель работы: Определить показатель преломления стекла.

Принадлежности: Измерительный прибор микроскоп и микрометрическим винтом, микрометр измерительные стеклянные пластинки со штрихами на обеих поверхностях, осветитель.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

При переходе из одной среды в другую, световой луч частью отражается, частью поглощается.

Угол между падающим лучом и нормалью называется углом падения (на чертеже 1 угол « i »), в угол между преломленным лучом и нормалью называется углом преломления (на чертеже 1 угол « r »). Направления отраженных и преломленных лучей определяются следующими законами отражения и преломления света:

1. Луч АО, падающий на преломляющую поверхность, нормаль к поверхности в точке падения РОР, луч отраженный ОВ и луч преломленный ОД лежит в одной плоскости.
2. Угол отражения РОВ численно равен углу падения РОА.
3. Синус угла падения i относится к синусу угла преломления r , как скорость света в первой среде v_1 относится к скорости света во второй среде v_2 . $\sin i / \sin r = v_1 / v_2$

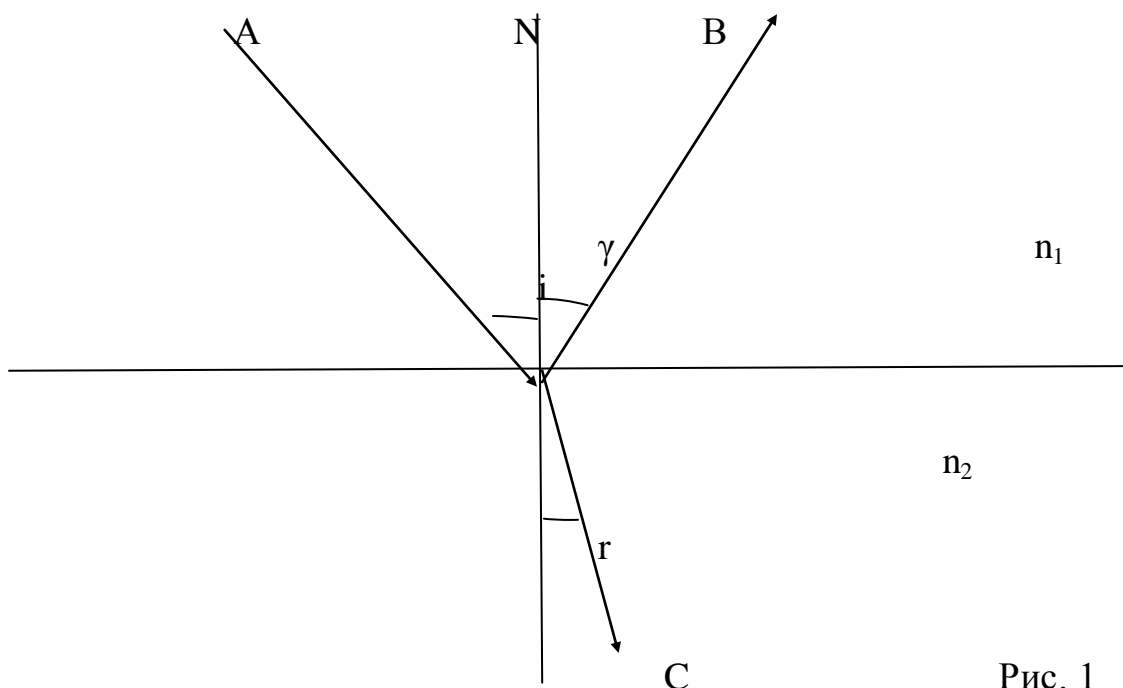


Рис. 1

Последний закон говорит о том, что свет распространяется в различных средах с различной скоростью. Для двух данных сред и для луча данной длины

волны отношение скорости света 1 к скорости света в среде 2 или отношение синуса угла падения к синусу угла преломления, есть величина постоянная, т.е.

$$(V_1/V_2)_{\text{const}}=n_{21}, \quad n_{21}=\sin i/\sin r$$

Величина n_{21} называется относительным показателем преломления второй среды по отношению к первой.

Если одна из сред, например 1, пустота или воздух, то показатель преломления данной среды n по отношению к пустоте называется абсолютным показателем преломления данной среды.

Абсолютный показатель преломления среды 2 (рис. 1)

$$n_2 = c/v_2 \quad n_2 = \sin i / \sin r$$

где: C – скорость света в пустоте

v_2 – скорость света в данной среде

Относительный показатель преломления двух сред n_2 , связан с абсолютными показателями преломления сред n_1 и n_2 следующим соотношением:

$$N_{21} = v_1/v_2 = cn_2/cn_1 = n_2/n_1$$

Для определения показателей преломления видов существуют различные методы. Одним из них является метод определения показателя преломления стекла при помощи микроскопа. В основе метода лежит явление кажущегося уменьшения толщины стеклянной пластинки вследствие преломления световых лучей, проходящих в стекле при рассматривании пластинки нормально к ее поверхности. Схема прохождения лучей через стеклянную пластинку дана на рис. 2.

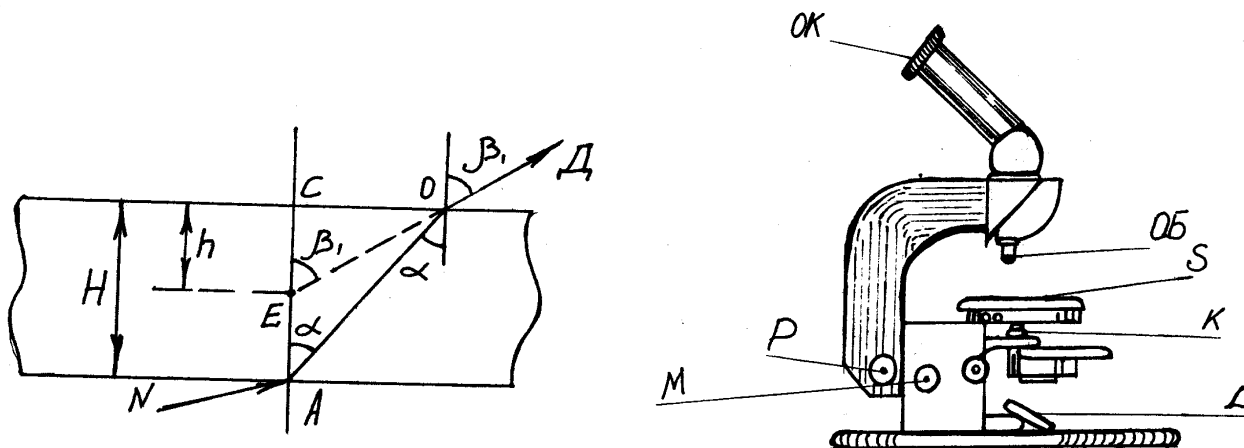


Рис. 2

В точку A находящуюся на нижней поверхности стеклянной пластинки, падают два луча света NA и MA . Луч MA падает на пластинку нормально к ее поверхности и поэтому проходит сквозь пластинку и выходит в воздух в точке преломления. Луч NA преломляется и выходит из пластинки в точку O по направлению к точке D . При выходе из пластинки луч OD образует угол преломления r больший, чем угол падения i . Если смотреть из точки D по направлению DO , то наблюдатель будет видеть точку пересечения лучей OD и AC не в точке A , а в точке E , т.е. толщина пластинки будет казаться равной CE .

Из рисунка 2 видно, что кажущуюся толщина пластинки $CE=h$ меньше истинно, т.е. действительной ее толщины $CA=H$.

Для лучей близких к нормально падающим лучам, углы падения и преломления малы. В этом случае синусы можно заменить тангенсами и по закону преломления света (рассматривая обратный ход лучей, т.е. от Д к А)

$$N_{\text{стекла}} = \sin r / \sin i = \operatorname{tg} r / \operatorname{tg} i$$

При рассмотрении рисунка и после соответствующих преобразований имеем

$$n_{\text{стекла}} = H/h$$

Следовательно, показатель преломления стекла можно найти из отношении истинной толщины стеклянной пластинки к кажущейся ее толщине. Истинная толщина пластинки измеряется микрометром, а кажущейся микроскопом с микрометрическим винтом.

Измерения и обработка результатов измерений

1. Измеряют микрометром истинную толщину стеклянной пластинки H в том месте где нанесены штрихи и берут ее значение в мм.
2. Определяют кажущуюся толщину стеклянной пластинки h , для чего кладут на столик микроскопа под объектив так, чтобы оба штриха пересекали оптическую ось прибора.
3. Двигая тубус, добиваются четкого изображения видимого в микроскоп штриха, нанесенного на верхнюю поверхность пластинки, записывают отсчет микрометрического винта микроскопа и считают его за нулевое деление (от этого нулевого деления проводят дальнейшие отсчеты).
4. Опускают тубус микроскопа до получения четкого изображения штриха на нижней поверхности пластинки. Новый отсчет микрометрического винта дает сразу кажущуюся толщину пластинки.

Очевидно $h = N \cdot 0.5 + 0.003 \cdot m$.

Где: N – число полных оборотов барабана винта;

$Z = 0,0002 \cdot 50$ – шаг винта, 50 – число делений в одном полном обороте барабана; 0,002 – цена одного деления барабана винта;

m – число делений в неполном обороте барабана.

5. Вычисляют показатель преломления стекла по формуле $n = \frac{H}{h}$
6. Измерение истинной и кажущейся толщины пластинки производят на линии 3-х раз; определяют среднее и истинное значения показателя преломления стекла. Примерное расположение записей в таблице следующее:

№	H мм	Отсчет микрометр. винта		$h=(NZ+0,002m)$	Показатель преломления n	Δn	$N=n_{cp} \pm \Delta n_{cp}$
		N	m				
1							
2							
3							
Среднее значение							

Контрольные вопросы

- 1 Что называется показателем преломления?
- 2 Какое различие между абсолютным и относительным показателями преломления?
- 3 Почему при рассмотрении предмета через плоскую стеклянную пластинку он кажется расположенным ближе?
- 4 Доказать, что показатель преломления равен отношению действительной толщины пластины к кажущейся при перпендикулярном ф луче зрения.

Лабораторная работа №6

ИЗМЕРЕНИЕ ДЛИНЫ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ ПРИ ПОМОЩИ ДИФРАКЦИОННОЙ РЕШЕТКИ

Цель работы: Определить длины световой волны, изучить дифракционные решетки.

Принадлежности: оптическая скамья, пластинка с щелью и шкалой, дифракционная решетка на подставке, измерительная линейка.

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ВВЕДЕНИЕ

Явление дифракции света заключается в отклонении световых волн от прямолинейного пути. Это явление наблюдается в тех случаях, когда световой пучок падает на отверстие или препятствие, размеры, которых сравнима с длиной волны. В области геометрической тени возникает интерференционная картина. Интерференционная картина от двух и более щелей (Рис. 3) сложнее, чем от одной (Рис. 1,2). В точке О будет происходить не только дифракция лучей от различных зон одной и той же щели, но и интерференционных лучей, идущих от соответствующих точек двух соседних щелей, лучи 1 и 2 имеют (Рис. 4) разность хода:

$$\Delta = (a+b)\sin \varphi = d \sin \varphi \quad (1)$$

Из теории колебаний известно, что если разность хода двух волн равна четному полуволн, то в точке О будет иметь место усиление колебаний. Условие максимума интенсивности запишется так:

$$d \sin \varphi = (2k)\lambda/2 \quad \text{где: } k=1,2,3\dots \quad (2)$$

Распределение интенсивности двух щелей изображено кривой на рис. 3. Добавление второй щели вызвало рост интенсивности света в максимумах и образовались новые максимумы. Усиление интенсивности максимумов света дифракционной картины достигается применением так называемой дифракционной решетки. Дифракционная решетка представляет собой стеклянную пластинку, на которой нанесено большее число параллельных равностоящих рисок (царапин). Эти риски наносятся алмазом делильной машины. Риски играют роль непрозрачных промежутков.

Распределение интенсивности света от дифракционной решетки изображено на кривой Рис. 3. Главные максимумы интенсивности в тех же направлениях, как и для щелей световой полоски (главные максимумы), очень узки, их ширина обратно пропорциональна числу щелей решетки. Интенсивность главных максимумов пропорциональна квадрату числа щелей решетки и разделены широкими интервалами, заполненными очень слабыми, практически ненаблюдаемыми побочными максимумами. Угол под которым наблюдаются главные максимумы определяется формулой

$$\sin \varphi = \pm K\lambda/d \quad (3)$$

Где: $d=(a+b)$ – период дифракционной решетки;

λ – длина волны падающего монохроматического света;

K – целое число, определяющее порядок, главного максимума, $k=1$ первого и т.д.

Таким образом, дифракционная картина на экране монохроматического света, прошедшего через дифракционную решетку, представляет собой ряд светящихся полос убывающей интенсивности, расположенных по обе стороны от центральной полосы. В случае если решетка освещена белым светом, то для каждой длины волны есть свой угол, под которым наблюдается максимум света, поэтому каждая светлая полоса будет состоять из целого ряда узких полос (линий), называемых спектральными, т.е. будет представлять спектр. Каждая линия спектра соответствует определенной длине волны. Спектры соответствующие первой и т.д. полосам, главным максимума называют спектрами первого, второго и т.д. порядков.

С помощью Дифракционной решетки известными периодами можно достаточно точно измерить длину световой волны, воспользовавшись формулой:

$$\lambda = d \sin \varphi / K \quad (4)$$

Описание прибора: Дифракционная решетка представляет собой стеклянную пластину, на которой алмазом нанесено близко друг к другу много параллельных штрихов (царапин). Прозрачные места между царапинами и представляют тот ряд щелей, которые по принципу Гюгенса являются центрами испускания световых колебаний, период решетки равен расстоянию между соединенными штрихами, и если например, на всей решетке на протяжении 3 см нанесено 150 штрихов, то период равен $3/150=0,02$ см.

Оптическая скамья на одном конце имеет ползушку, на которой укреплен ширм с узкой щелью A и кроме того на ней же перпендикулярно к данной скамье расположена шкала $СД$ с делениями. На другом конце скамьи на ползушке B имеется рамка с гнездом для решетки P .

Порядок выполнения работы

1 Для определения длины волны света при помощи дифракционной решетки необходимо знать постоянную решетки. Определить ее можно при помощи микроскопа со шкалой в окуляре. Постоянная решетки дается преподавателем. Дифракционную решетку вставляют в предназначенную для нее гнездо рамки. Смотрят через решетку на щель, видят ряд цветных линий. В середине ее будет располагаться яркая светлая линия O (Рис.6), а по обе стороны от нее симметрично желтая, обозначенная на рисунке номерами 1,2,3..... Цифры обозначают порядок спектров, в которые входят линии. Легко заметить, что из них наиболее яркие.

2 Передвигая ползушку решетки взад и вперед по оптической скамье добиваются того, чтобы все желтые линии совпадали со штрихами на шкале. При этом нужно следить за тем, чтобы плоскость решетки была перпендикулярна оптической шкале (на глаз). В этом положении измеряют расстояние от решетки до щели L . Расстояние между штрихами шкалы l измеряется на шкале при помощи миллиметровой решетки. Тогда, как видно на

рис.5 отношение равно $l/L = \operatorname{tg} \varphi$. Откуда при помощи таблицы можно найти φ . (При малых φ $\operatorname{tg} \varphi = \sin \varphi$).

3 Сдвинув ползушку с решеткой взад и вперед, производят установку ее снова так, как в первый раз и снова измеряют расстояние L , l и так повторяют три раза. Результаты измерений записывают в таблицу №1.

Таблица №1

№	d	J	K	l	$\sin \varphi_1$	λ	$\lambda_{\text{ср}}$	$\Delta \lambda$	$\Delta \lambda_{\text{ср}}$	$(\Delta \lambda / \lambda) * 100\%$

Контрольные вопросы

- 1 В чем заключается явление дифракции?
- 2 Объясните условия наблюдения дифракции.
- 3 Каков порядок следования цветов в дифракционных спектрах?
- 4 Какова окраска нулевого максимум?

ЛИТЕРАТУРА

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 1985г.
2. Майсова Н.Н. Практикум по курсу общей физики. Высшая школа, М.: 1970г.

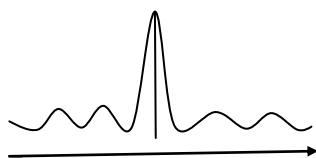
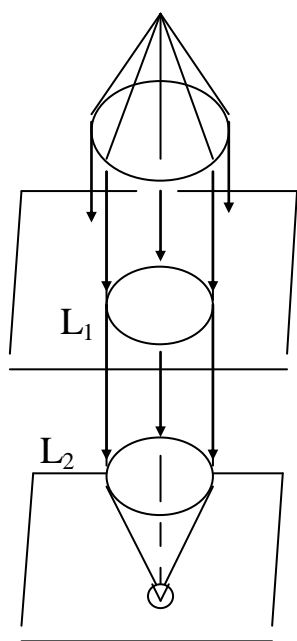


Рис. 2

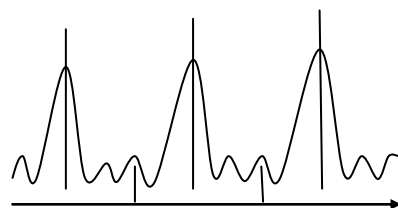


Рис. 3

Рис. 1

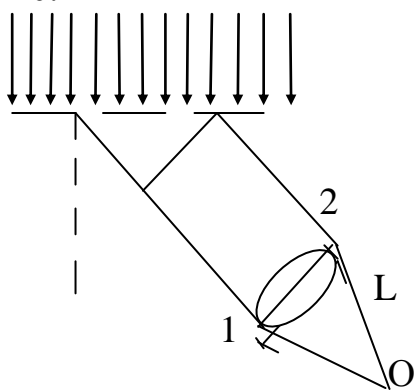


Рис. 4

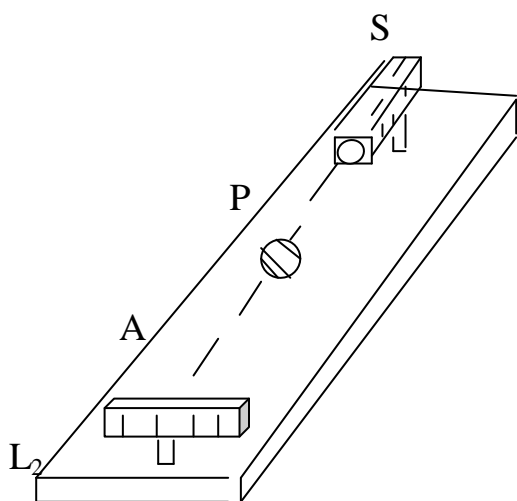


Рис 6.

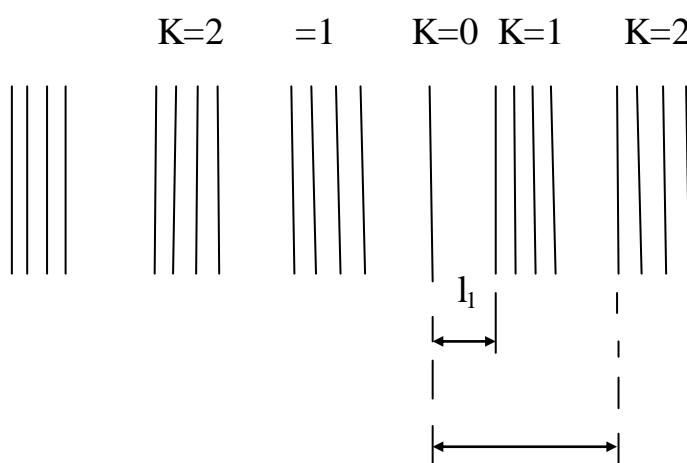


Рис 5.