



ГБПОУ «Пермский политехнический колледж имени
Н.Г. Славянова»

Методические указания
для обучающихся по выполнению лабораторных работ
по дисциплине

ОУД.10 Физика
профессии

**13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию
электрооборудования (по отраслям)**

Рассмотрено на заседании
Предметной методической комиссии
Дисциплина естественно-научного цикла
Протокол № 8 от 17 марта 2021 г.
Председатель ПМК
 Меньшикова Г.В.

Автор:

преподаватель
ГБПОУ «ППК им.Н.Г. Славянова»
Опанко Галина Ивановна

Пермь – 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1	Пояснительная записка	3
2	Содержание лабораторных занятий	4
	Лабораторная работа № 1 Опытная проверка закона Бойля-Мариотта.	4
	Лабораторная работа № 2 Опытная проверка закона Гей-Люссака.	7
	Лабораторная работа № 3 Определение коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва капель.	10
	Лабораторная работа №4 Измерение модуля упругости (модуля Юнга) резины.	14
	Лабораторная работа №5 Измерение сопротивления проводника мостовым методом.	17
	Лабораторная работа №6 Определение температуры нити лампы накаливания.	20
	Лабораторная работа №7 Параллельное и последовательное соединение резисторов, шунтирование приборов.	22
	Лабораторная работа №8 Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.	27
	Лабораторная работа №9 Исследование силовых линий магнитного поля.	29
	Лабораторная работа №10 Исследование явления электромагнитной индукции.	36
	Лабораторная работа № 11 Определение показателя преломления стекла.	40
	Лабораторная работа № 12 Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы.	43
	Лабораторная работа № 13 Изучение треков заряженных частиц.	47
3	Критерии оценки за лабораторные работы	51
4	Список источников и литературы	52

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания по выполнению лабораторных занятий обучающимися по дисциплине ОУД.10 «Физика» предназначены для обучающихся по специальности *13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)*.

Цель методических указаний: оказание помощи обучающимся в выполнении лабораторных работ по дисциплине ОУД.10 «Физика».

Настоящие методические указания содержат занятия, которые позволят обучающимся закрепить теоретические знания, сформировать необходимые умения и навыки деятельности по специальности *13.01.10 Электромонтер по ремонту и обслуживанию электрооборудования (по отраслям)*, направлены на формирование следующих компетенций:

ОК 1. Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.

ОК 2. Организовывать собственную деятельность, исходя из цели и способов ее достижения, определенных руководителем.

ОК 3. Анализировать рабочую ситуацию, осуществлять текущий и итоговый контроль, оценку и коррекцию собственной деятельности, нести ответственность за результаты своей работы.

ОК 4. Осуществлять поиск информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач.

ОК 5. Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 6. Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 7. Исполнять воинскую обязанность, в том числе с применением полученных профессиональных знаний (для юношей)

Описание каждого лабораторного занятия содержит: раздел, тему, цель, количество часов, материальное обеспечение, теоретическую часть (по необходимости), порядок выполнения работы, содержание отчета, контрольные вопросы, критерии оценивания лабораторной работы.

На выполнение лабораторных занятий по дисциплине ОУД.10 «Физика» отводится 26 часов.

Содержание лабораторных занятий

Лабораторная работа №1 Опытная проверка закона Бойля-Мариотта

Ссылка на видеоролик https://www.youtube.com/watch?v=NKy1YXCv_YM

Раздел 2: Основы молекулярной физики и термодинамики.

Тема 2.1: Основы молекулярно-кинетической теории. Идеальный газ.

Цель: опытным путём проверить справедливость закона Бойля-Мариотта.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8-10 мм, цилиндрический сосуд длиной 600 мм и диаметром 40–50 мм, барометр-анероид, линейка.

Теоретическая часть

Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ):

- все вещества состоят из молекул и атомов;
- молекулы и атомы всех веществ находятся в вечном хаотическом движении;
- между молекулами и атомами всех веществ действуют силы притяжения и

отталкивания, имеющие электромагнитное происхождение.

Гравитационное взаимодействие между частицами пренебрежимо мало.

С точки зрения МКТ *идеальный газ* – это газ, при описании которого можно пренебречь

силами взаимодействия между молекулами, а также размерами самих молекул, все соударения

молекул между собой и стенками сосуда являются абсолютно упругими. Все газы при низких

давлениях и при высоких температурах близки по свойствам к идеальному.

Любое вещество можно описывать на двух уровнях - *макроскопическом и микроскопическом*. В молекулярной физике рассматриваются системы, состоящие из большого числа частиц, называемые макроскопическими системами. Для одной отдельной частицы (молекулы) невозможно указать ее координату и направление движения, определить температуру и давление. Измерить можно только параметры состояния совокупности молекул - макроскопические характеристики.

Для *идеального газа макроскопическими параметрами состояния* являются: объем V , давление p , температура T .

Изопроцессами называются процессы, протекающие при неизменном значении одного из параметров: давления (p), объема (V), температуры (T).

Изотермический процесс - это изменение термодинамической системы с условием не изменения температуры ($T=const$). Этот процесс описывает закон Бойля-Мариотта.

Закон Бойля-Мариотта: для газа данной массы произведение давления газа на его объем постоянно, если температура газа не меняется:

$$p \cdot V = const$$

$$\frac{p_1}{p_2} = \frac{V_2}{V_1}$$

Чтобы проверить закон Бойля-Мариотта, достаточно измерить объем и давление газа в двух состояниях при постоянной температуре и проверить справедливость равенства:

$$p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2.$$

Это можно осуществить, используя воздух при комнатной температуре.

Когда стеклянная трубка находится в воздухе, давление воздуха в ней p_1 равно атмосферному, а объем воздуха V_1 равен объему трубки. Это – первое состояние воздуха (рисунок 1.1).

Затем стеклянная трубка открытым концом вниз помещается в цилиндрический сосуд с водой комнатной температуры на максимальную глубину, которую позволяет длина трубки и высота сосуда, в трубку пойдет вода. В этом случае давление увеличивается на величину давления столба воды и становится равным p_2 :

$$(1.1), \quad p_2 = p_1 + \rho gh$$

где $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – плотность воды,

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – ускорение свободного падения,

h – расстояние от уровня воды в сосуде до верхнего уровня воды, вошедшей в трубку после ее погружения в сосуд.

Объем воздуха при этом уменьшается и становится равным V_2 . Это второе состояние воздуха в трубке, причем при той же температуре (рисунок 1.2).

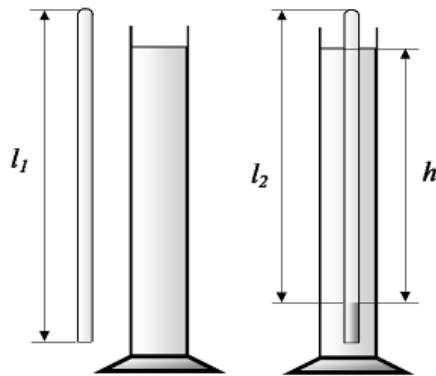


Рисунок 1.1

Рисунок 1.2

Если сечение трубки S постоянно по всей длине, то объем воздуха пропорционален длине воздушного столба в трубке ($V_1 = S \cdot l_1$; $V_2 = S \cdot l_2$). Поэтому в данной работе следует сравнивать произведения $S \cdot l_1$ и $S \cdot l_2$.

Длина воздушного столба измеряется линейкой, атмосферное давление – барометром-анероидом.

Порядок выполнения работы

1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 1.1) для записи результатов измерений и вычислений.

2 Наполните цилиндрический сосуд водой комнатной температуры.

3 Измерьте длину l_1 стеклянной трубки и атмосферное давление p_1 . Если барометр проградуирован в миллиметрах ртутного столба, переведите давление в паскалы, учитывая, что $1 \text{ мм рт.ст.} = 133 \text{ Па}$.

4 Приведите воздух в трубке во второе состояние так, как об этом сказано выше. Измерьте длину воздушного столба в трубке l_2 и разность уровней воды в сосуде и трубке h .

- 5 Вычислите давление p_2 (формула 1.1) и произведения $p_1 \cdot l_1$ и $p_2 \cdot l_2$.
- 6 Сравните произведения $p_1 \cdot l_1$ и $p_2 \cdot l_2$. Сформулируйте вывод о справедливости закона Бойля-Мариотта.

Таблица 1.1 – Результаты измерений и расчётов

Измерено				Рассчитано					
$l_1, мм$	$l_2, мм$	$h, мм$	$p_1, ммрт.ст.$	$\Delta l, мм$	$p_1, Па$	$\Delta p_1,Па$	$p_1 \cdot l_1,Па \cdot мм$	$p_2, Па$	$p_2 \cdot l_2,Па \cdot мм$

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки экспериментов.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 При каких условиях справедлив закон Бойля-Мариотта?
- 2 Объяснить закон Бойля-Мариотта для изотермического процесса, пользуясь молекулярно-кинетической теорией.
- 3 Почему при равенстве уровней воды в цилиндрическом сосуде и в трубке давление воздуха в трубке равно атмосферному?
- 4 Произведение давления воздуха на объем в первом и втором состояниях оказывается неодинаковым. При каком условии это не противоречит утверждению о его постоянстве в изотермическом процессе?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №2 Опытная проверка закона Гей-Люссака

Ссылка на видеоурок https://www.youtube.com/watch?v=FG1VK_cSBSs

Раздел 2: Основы молекулярной физики и термодинамики.

Тема 2.1: Основы молекулярно-кинетической теории. Идеальный газ.

Цель: опытным путём проверить справедливость закона Гей-Люссака.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: стеклянная трубка, запаянная с одного конца, длиной 600 мм и диаметром 8-10 мм, цилиндрический сосуд длиной 600 мм и диаметром 40-50 мм, наполненный горячей водой ($t \approx 60^\circ\text{C}$), стакан с водой комнатной температуры, пластилин, термометр, линейка.

Теоретическая часть

Изобарный (или изобарический) процесс - это изменение термодинамической системы с условием не изменения давления ($p = \text{const}$). *Изобарой* называют линию, которая отображает изобарический процесс на графике. Этот процесс описывает закон Гей-Люссака.

Закон Гей-Люссака: для газа данной массы отношение объема к температуре постоянно, если давление газа не меняется.

$$P = \text{const} \Rightarrow \frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2}$$

Чтобы проверить закон Гей-Люссака, достаточно измерить объем и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении и проверить справедливость равенства

$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \quad \text{или} \quad \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$$

Это можно осуществить, используя воздух при атмосферном давлении.

Стеклянная трубка открытым концом вверх помещается на 3-5 мин в цилиндрический сосуд с горячей водой. В этом случае объем воздуха V_1 равен объему стеклянной трубки, а температура - температуре горячей воды T_1 . Это - первое состояние (рисунок 2.1а).

Чтобы при переходе воздуха во второе состояние его количество не изменилось, открытый конец стеклянной трубки, находящейся в горячей воде, замазывают пластилином.

После этого трубку вынимают из сосуда с горячей водой и замазанный конец быстро опускают в стакан с водой комнатной температуры, а затем прямо под водой снимают пластилин. По мере охлаждения воздуха в трубке вода в ней будет подниматься (рисунок 2.1в).

После прекращения подъема воды в трубке объем воздуха в ней станет равным $V_2 < V_1$. Для того чтобы давление воздуха в трубке осталось тем же, что и в первом состоянии, т.е. равным атмосферному, необходимо погрузить трубку на такую глубину, чтобы уровни воды в трубке и в стакане стали одинаковыми (рисунок 2.1с).

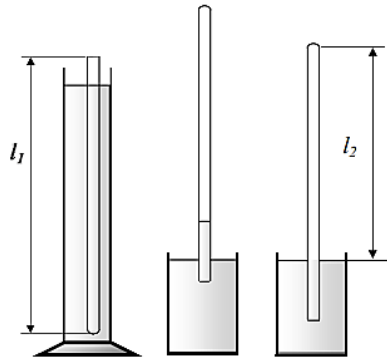


Рисунок 2.1

а) в) с)

Это будет второе состояние воздуха в трубке при температуре окружающего воздуха T_2 . Отношение объемов воздуха в трубке в первом и втором состояниях можно заменить отношением высот воздушных столбов в трубке в этих состояниях, если сечение трубки постоянно по всей длине ($V_1/V_2 = S \cdot l_1 / S \cdot l_2 = l_1/l_2$). Поэтому в работе следует сравнивать отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 . Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура – термометром.

Измерение - это нахождение численного значения физической величины опытным путем с помощью средств измерений.

Измерения бывают прямыми и косвенными.

При *прямых измерениях* искомое значение величины находят непосредственно из основных (опытных) данных с помощью средств измерений.

Косвенное измерение - определение значения физической величины по формуле, связывающей её с другими физическими величинами, определяемыми прямыми измерениями.

При измерениях неизбежно возникают погрешности. Отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины есть *погрешность измерения*.

Истинные значения физических величин - это значения, идеальным образом отражающие свойства данного объекта как в количественном, так и в качественном отношении. Они не зависят от средств нашего познания и являются абсолютной истиной.

Результаты измерений, напротив, являются продуктами нашего познания. Представляя собой приближенные оценки значений величин, найденные путем измерения, они зависят не только от них, но еще и от метода измерения, от технических средств, с помощью которых проводятся измерения, и от свойств органов чувств наблюдателя, осуществляющего измерения, и от условий измерений (внешнее влияние окружающей среды).

Абсолютная погрешность измерения – это модуль разности между измеренным и истинным значением измеряемой величины:

$$\Delta a = |a - a_0|,$$

где

Δa – абсолютная погрешность измерения,

a - это измеренное значение,

a_0 - это истинное значение.

Результат измерений физической величины записывают в виде $a = a_0 \pm \Delta a$.

Абсолютные погрешности имеют размерности измеряемой величины.

Относительная погрешность измерений - отношение абсолютной погрешности измерения к истинному значению, выраженное в процентах. Обозначается относительная погрешность буквой ϵ (эпсилон) или δ (сигма):

$$\delta = \frac{\Delta a}{a_0} \cdot 100\%$$

Относительная погрешность является мерой точности измерения: чем меньше относительная погрешность, тем измерение точнее.

По абсолютной погрешности о точности измерения судить нельзя.

На практике абсолютную и относительную погрешности округляют до двух значащих цифр с избытком, т.е. всегда в сторону увеличения. Значащие цифры – это все верные цифры числа, кроме нулей слева. Результаты измерений записывают только значащими цифрами.

Порядок выполнения работы

1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 2.1) для записи результатов измерений и вычислений.

2 Подготовьте стакан с водой комнатной температуры и сосуд с горячей водой.

3 Измерьте длину l_1 стеклянной трубки и температуру воды t_1 в цилиндрическом сосуде.

4 Приведите воздух во второе состояние так, как об этом сказано выше. Измерьте длину воздушного столба в трубке l_2 и температуру окружающего воздуха t_2 . Длина воздушного столба измеряется линейкой, температура – термометром.

5 Вычислите отношения l_1/l_2 .

6 Переведите градусы Цельсия в Кельвины $T_1 = t_1 + 273$, $T_2 = t_2 + 273$, вычислите отношение T_1/T_2 .

7 Вычислите относительные (ε_1 и ε_2) и абсолютные (Δ_1 и Δ_2) погрешности по формулам:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta l}{l_1} + \frac{\Delta l}{l_2}, \quad \Delta_1 = \frac{l_1}{l_2} \varepsilon_1;$$

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2}, \quad \Delta_2 = \frac{T_1}{T_2} \varepsilon_2$$

8 Сравните отношения l_1/l_2 и T_1/T_2 . Сформулируйте вывод о справедливости закона Бойля-Мариотта.

Таблица 2.1 – Результаты измерений и расчётов

Измерено				Рассчитано									
$l_1, мм$	$l_2, мм$	$t_1, °C$	$t_2, °C$	$\Delta l, мм$	T_1, K	T_2, K	$\Delta T, K$	l_1/l_2	$\varepsilon_1, \%$	Δ_1	T_1/T_2	$\varepsilon_2, \%$	Δ_2

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки экспериментов.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 При каких условиях справедлив закон Гей-Люссака?
- 2 Какая зависимость объема V газа от его температуры T ? Как называется этот график?

3 Как называется отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины? Укажите обстоятельства, ухудшающие результат эксперимента.

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.

2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №3

Определение коэффициента поверхностного натяжения методом отрыва капель

Ссылка на видеоурок <https://www.youtube.com/watch?v=SBuChMLBuoE>

Раздел 2: Основы молекулярной физики и термодинамики.

Тема 2.4: Свойства жидкостей.

Цели: исследовать явление поверхностного натяжения жидкости; определить коэффициент поверхностного натяжения жидкостей методом отрыва капель.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: шприц для чистой воды, шприц для мыльного раствора (объем шприцов 5–10 мл), стакан с чистой водой, стакан с мыльным раствором, штангенциркуль или микрометр, остро отточенный карандаш.

Теоретическая часть

На каплю, висящую на конце узкой трубочки, действуют две силы: сила тяжести F_{mg} , направленная вертикально вниз, и сила поверхностного натяжения жидкости $F_{пов}$, распределенная вдоль границы жидкости с краем трубки и направленная по касательной к поверхности жидкости перпендикулярно этой границе.

Сила поверхностного натяжения, $F_{пов}$ действующая на небольшой участок границы длиной Δl , равна $\sigma \cdot \Delta l$, где σ – коэффициент поверхностного натяжения жидкости.

Условие равновесия капли на конце трубочки состоит в том, что векторная сумма сил, действующих на отдельные элементы границы, равна по модулю и противоположна по направлению силе тяжести.

Величина $\sigma \cdot \Delta l$ по мере увеличения массы капли остается неизменной, но в равновесии капля принимает такую форму, что угол наклона силы поверхностного натяжения к вертикали α (рисунок 3.1) удовлетворяет условию

$$\sigma \cdot l \cdot \cos \alpha = m \cdot g,$$

где l – длина границы жидкости с трубочкой.

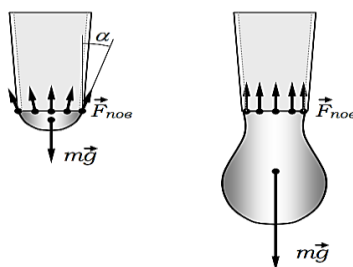


Рисунок 3.1

С увеличением массы капли угол α уменьшается и, наконец, достигает нуля, при этом $\cos\alpha=1$. При дальнейшем увеличении массы условие равновесия капли уже не может быть выполнено, и капля отрывается. Отсюда, принимая, что $l=\pi \cdot d$, где d – внутренний диаметр трубки, получаем:

$$\sigma = \frac{mg}{\pi d} \pi d = m \cdot g \quad \text{или} \quad (3.1)$$

Внутренний диаметр трубки измеряется штангенциркулем или микрометром.

С помощью *штангенциркуля* (рисунок 3.2) измерения можно производить измерения с точностью до 0,1 мм. Наряду с измерением толщины деталей, уступов, выступов штангенциркуль широко используют для измерения диаметров отверстий и цилиндров.

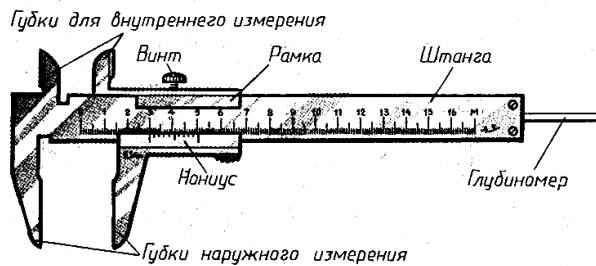


Рисунок 3.2

Устройство штангенциркуля:

- штанга с основной шкалой в мм;
- неподвижные губки расположены на штанге;
- рамка с подвижными губками и жестко соединенным с ней глубиномером;
- зажимной винт;
- нижние измерительные губки – для наружных размеров;
- верхние измерительные губки – для внутренних размеров;
- шкала «нониус» - расположена на скошенной грани рамки.

Для измерения десятых долей миллиметра служит вспомогательная шкала, называемая *нониусом*, длина которого равна 19 мм и поделена на десять делений (рисунок 3.3).



Рисунок 3.3

Перед измерением штангенциркуль проверяют на точность показаний:

- Плотнo совмещают измерительные губки инструмента.
- Нулевые риски обеих шкал должны совпасть.
- Десятая риска шкалы нониуса должна совместиться с девятнадцатой риской шкалы штанги.

При измерении штангенциркулем целое число миллиметров отсчитывают по миллиметровой шкале штанги, а десятые доли миллиметра по шкале Нониуса, начиная от нулевой отметки до той риски, которая совпадает с какой-либо риской шкалы штанги. Это и будет число десятых долей миллиметра.

Точность измерений штангенциркулем зависит от соблюдения правил пользования им и ухода за этим инструментом.

- Штангенциркуль должен располагаться на рабочем месте отдельно от рабочего инструмента.

- На него не должны попадать пыль, стружка, опилки.

- При измерении деталей нельзя сильно зажимать их, так как может возникнуть перекос рамки, и показания будут неверными.

- Измерения выполнять чистыми, сухими руками.

- Измеряемые детали должны быть чистыми, сухими, без задиров и заусенцев.

- Нельзя зачищать инструмент шлифовальной шкуркой или напильником.

- После работы штангенциркуль нужно протереть и уложить в футляр.

Микрометр – инструмент с микрометрическим винтом для измерения контактным способом линейных размеров тел (рисунок 3.4).

Микрометр из скобы с пяткой и трубкой. В трубке имеется внутренняя резьба, в которую ввинчен микрометрический винт с закрепленным на нем барабаном, на конце барабана имеется фрикционная головка - трещотка.

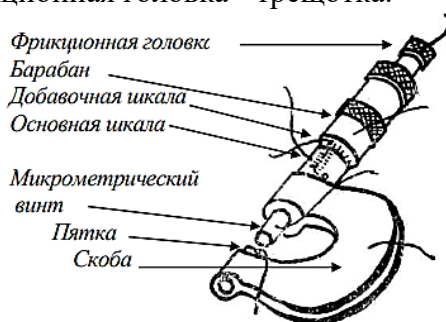


Рисунок 3.4

Действие микрометра основано на свойстве винта совершать при повороте его поступательное перемещение, пропорциональное углу поворота.

При измерении предмет зажимается между пяткой и микрометрическим винтом. Для вращения барабана при этом пользуются фрикционной головкой. После того как достигнута определенная степень нажатия на предмет, фрикционная головка начинает проскальзывать, трещотка при этом издает треск. Благодаря этому зажатый предмет деформируется сравнительно мало (его размеры не искажаются) и микрометрический винт предохраняется от порчи. На трубке нанесены деления основной шкалы. Барабан при вращении винта перемещается вдоль трубки. Шаг винта подбирают таким, что полный оборот барабана соответствует его смещению вдоль основной шкалы на длину наименьшего деления. На барабане нанесена добавочная шкала.

Порядок выполнения работы

1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 3.1) для записи результатов измерений и вычислений.

2 Измерьте внутренний диаметр d наконечника шприца. Для измерения можно воспользоваться остро отточенным карандашом. Вдвинув карандаш в наконечник до упора, пометьте границу соприкосновения наконечника с карандашом. Диаметр карандаша на уровне этой границы можно принять за внутренний диаметр наконечника и измерить его с помощью штангенциркуля или микрометра.

3 Наберите в шприц 4-5 мл воды и, держа его вертикально и плавно нажимая на поршень, вылейте 3-4 мл в стакан, считая капли. Необходимо, чтобы капли отрывались от трубки самостоятельно, под действием силы тяжести. Если падение капель будет быстрым при дополнительном нажатии на поршень шприца, то в момент отрыва капли сила тяжести

не будет равна силе поверхностного натяжения и данный метод даст большую погрешность измерения.

4 Измерение количества капель N проведите не менее трех раз, затем по общей массе вытекшей воды $m_{общ}$ (пользуйтесь шкалой на шприце!) найдите среднюю массу капли m и погрешность ее определения Δm . Результаты занесите в таблицу 3.1.

5 Пользуясь формулой 3.1, рассчитайте коэффициент поверхностного натяжения воды и погрешность его определения.

6 Аналогичным образом определите коэффициент поверхностного натяжения мыльного раствора (пользоваться отдельным шприцем и посудой!).

7 Сформулируйте вывод.

Таблица 3.1 – Результаты измерений и расчётов

№	Измерено					Рассчитано		
	$m_{общ}, г$	N	$m, г$	$\Delta m, г$	$d, мм$	$\Delta d, мм$	$\sigma, Н/м$	$\Delta \sigma, Н/м$
1								
2								
3								

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок эксперимента.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Почему поверхностное натяжение зависит от рода жидкости?
- 2 Почему водные растворы поверхностно активных веществ имеют всегда меньший коэффициент поверхностного натяжения, чем чистая вода?
- 3 Почему и как зависит поверхностное натяжение от температуры?
- 4 Изменится ли результат вычисления поверхностного натяжения, если опыт проводить в другом месте Земли?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №4 Измерение модуля упругости (модуля Юнга) резины

Ссылка на видеоурок https://www.youtube.com/watch?v=8fDnQO_spa4

Раздел 2: Основы молекулярной физики и термодинамики.

Тема 2.5: Свойства твердых тел.

Цели: измерить модуль упругости (модуль Юнга) резины; построить диаграмму растяжения резины.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: резиновая нить, набор грузиков, штатив, линейка, микрометр или штангенциркуль, динамометр.

Теоретическая часть

Модуль Юнга характеризует упругие свойства материала. Это постоянная величина, зависящая только от материала и его физического состояния. Поскольку модуль Юнга входит в закон Гука, который справедлив только для упругих деформаций, то и модуль Юнга характеризует свойства вещества только при *упругих деформациях*.

Исходя из закона Гука, модуль Юнга E вычисляется по формуле

$$(4.1), \quad E = \frac{\sigma}{\varepsilon}, \quad \text{где } \sigma = \frac{F}{S}, \quad \varepsilon = \frac{l - l_0}{l_0}$$

где σ - механическое напряжение;

F - сила упругости в шнуре, равная весу подвешенных к шнуру грузов;

S - площадь поперечного сечения деформированного шнура;

ε - относительное удлинение;

l_0 - расстояние между метками А и В на нерастянутом шнуре (рисунок 4.1 в);

l - расстояние между этими же метками на растянутом шнуре (рисунок 4.1 с)

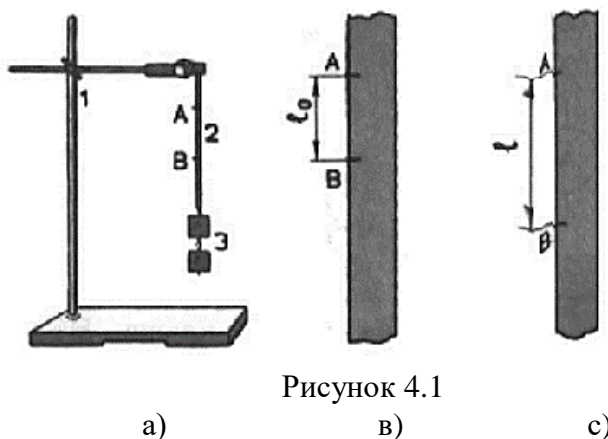


Рисунок 4.1

Если поперечное сечение шнура имеет форму круга, то площадь сечения выражается через диаметр шнура:

$$S = \frac{\pi D^2}{4} .$$

Вес грузов определяется динамометром, диаметр шнура D - микрометром или штангенциркулем, расстояние между метками А и В – линейкой.

Для измерения силы, в том числе и веса тела, применяется прибор – *динамометр* (рисунок 4.2).

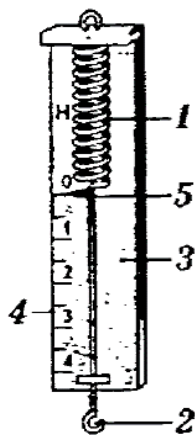


Рисунок 4.2

Динамометр состоит из стальной пружины 1 с указателем 5 и с крючком 2, пластины 3 со шкалой 4.

Один конец пружины прикреплен к пластине, другой конец может перемещаться под действием силы, приложенной к крючку.

При отсутствии действия сил на крючок динамометра указатель находится против отметки ноль на шкале динамометра.

Под действием силы пружина динамометра растягивается и указатель устанавливается против деления шкалы, соответствующего значению действующей силы.

Одним из методов обработки результатов опыта является представление данных в виде графиков или диаграмм.

График - это наглядное представление зависимости одной величины от другой. По графику, строящемуся непосредственно во время эксперимента, отслеживается ход работы и выявляются промахи.

Диаграмма - это графическое изображение, которое показывает соотношение каких-либо физических величин.

Графики и диаграммы дают менее четкое, но более наглядное представление о результатах измерений, чем таблицы.

Например, для иллюстрации деформационных качеств твёрдого тела очень хорошо подходит диаграмма растяжений. *Диаграммой растяжения* принято называть график зависимости механического напряжения σ от относительной деформации ε (рисунок 4.3).

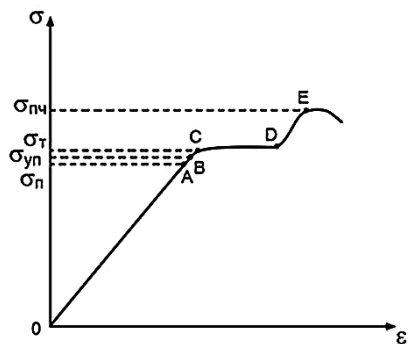


Рисунок 4.3

Участок ОА называется *участком упругости*, то есть при растяжениях, попадающих в этот участок, после снятия напряжения с образца тело принимает свою первоначальную форму и объём.

Значение механического напряжения в точке А называется *пределом упругости* или *механическим напряжением пропорциональности* - максимальное напряжение, при котором деформация еще остается упругой и выполняется закон Гука.

Участок CD называется *областью текучести*, и при деформации большей, чем значение в точке С, деформация становится эластичной (пластичной), то есть тело не возвращается в начальное состояние после снятия напряжения.

Точка Е. Значение механического напряжения в точке Е называется *пределом прочности* и соответствует той границе, при переходе которой образец разрушается.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 4.1) для записи результатов измерений и вычислений.
 - 2 Соберите измерительную установку (рисунок 4.1а).
 - 3 Нанесите метки на резиновом шнуре.
 - 4 Измерьте расстояние между метками А и В на нерастянутом шнуре.
 - 5 Подвесьте грузы к нижнему концу шнура, предварительно определив их вес.
- Измерьте расстояние между метками на шнуре и диаметр шнура в растянутом состоянии.
- 6 Вычислите модуль Юнга резины (формула 4.1).
 - 7 Прodelайте пункты 5, 6 не менее, чем для пяти различных грузов.
 - 8 Постройте диаграмму растяжения резинового шнура $\sigma(\varepsilon)$.
 - 9 Сформулируйте вывод о выполнении закона Гука, сравнив полученное значение модуля упругости со справочным значением: $E_{спр} = 8 \cdot 10^8 \text{ Па}$.

Таблица 4.1 – Результаты измерений и расчётов

№	Измерено				Рассчитано						
	$l_0, м$	$l, м$	$D, м$	$F, м$	$\bar{b}, Па$	$\Delta \bar{b}, Па$	ε	$\Delta \varepsilon$	$E, Па$	δE	$\Delta E, Па$
1											
2											
3											
4											
5											

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки экспериментов.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Диаграмма растяжения резинового шнура.
- 7 Вывод о выполненной работе,
- 8 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое модуль Юнга? Почему модуль Юнга выражается столь большим числом?
- 2 Что называется пределом упругости?
- 3 Что такое механическое натяжение и в чем оно измеряется?
- 4 Отметьте характерные точки на типичной диаграмме растяжения и назовите их.
- 5 При каких условиях можно пользоваться законом Гука?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, диаграмма, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №5 Измерение сопротивления проводника мостовым методом

Ссылка на видеоурок <https://www.youtube.com/watch?v=bWEdM5Z3erk>

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.2: Законы постоянного тока.

Цели: собрать схему моста Уитстона с использованием реохорда; измерить с помощью моста Уитстона сопротивление резистора.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: реохорд, гальванометр, резистор с неизвестным сопротивлением, магазин сопротивлений, источник напряжения (гальванический элемент или батарейка), соединительные провода, ключ замыкания тока.

Теоретическая часть

В мостовых методах измерения сопротивления не требуется измерять токи и напряжения, поэтому они дают более точные результаты. Мост Уитстона предназначен для измерения сопротивления методом сравнения. Сущность метода заключается в сравнении неизвестного сопротивления R_x с эталонным сопротивлением R .

Для выполнения такого сравнения собирают электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке 5.1, где AC - однородная проволока со скользящим контактом D , укрепленная на подставке (реохорд), G - источник постоянного тока, S - кнопка для замыкания электрической цепи.

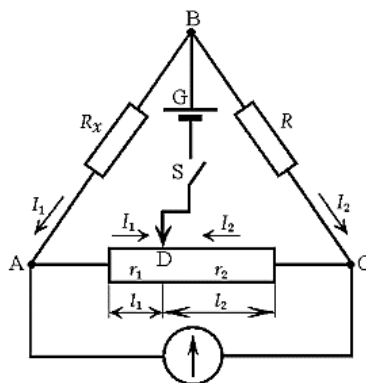


Рисунок 5.1

Поскольку площадь поперечного сечения проволоки реохорда по всей длине неизменна, то электрические сопротивления r_1 и r_2 участков AD и DC прямо пропорциональны их длинам l_1 и l_2 :

$$(5.1) \quad \frac{r_1}{r_2} = \frac{\rho \frac{l_1}{S}}{\rho \frac{l_2}{S}} = \frac{l_1}{l_2}$$

При нажатой кнопке S движок D реохорда передвигают и устанавливают в такое положение, при котором сила тока через гальванометр равна нулю. Отсутствие тока через гальванометр является следствием равенства потенциалов в точках A и C и указывает на то, что падение напряжения на участке AB равно падению напряжения на участке BC ($I_1 \cdot R_x = I_2 \cdot R$) и падение напряжения на участке BC равно падению напряжения на участке AD ($I_1 \cdot r_1 = I_2 \cdot r_2$).

Разделив почленно первое равенство на второе, получим:

$$\frac{I_1 R_x}{I_1 r_1} = \frac{I_2 R}{I_2 r_2}, \text{ или } \frac{R_x}{r_1} = \frac{R}{r_2},$$

откуда

$$R_x = R \frac{r_1}{r_2} = R \frac{l_1}{l_2}$$

(5.2)

Таким образом, для нахождения неизвестного сопротивления R_x необходимо измерить длины плеч l_1 и l_2 реохорда при отсутствии тока через гальванометр. Чтобы избежать нагревания резисторов при протекании по ним токов и изменения их сопротивлений, необходимо держать мост под током только на протяжении короткого промежутка времени. Поэтому замыкают кнопку S только на короткое время.

Реохорд (Вольтагометр) – контактный переменный реостат, позволяющий проводить измерения электрического сопротивления мостовым методом Уитстона и определять электродвижущие силы в гальванических элементах компенсационным методом. Реохорд (рисунок 5.2) представляет собой однородный проводник в виде металлической проволоки или струны с подвижным контактом и градуированной шкалой. Перемещая контакт по струне, возможно достичь изменения величины тока или напряжения в цепи.

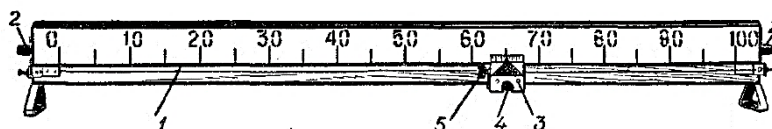


Рисунок 5.2

Прибор состоит из основания, на котором нанесены деления от 0 до 100 и протянут проводник l , изготовленный из константана. Проводник через скобы подсоединяют к зажимам 2 , расположенным на концах основания. Вдоль проводника в основании сделаны пазы, по которым может перемещаться движок 3 . В движке смонтирована плоская пружина, обеспечивающая контакт между проводником и зажимом 4 движка. С левой стороны движка имеется кнопка 5 , при нажатии на которую пластина отходит от проводника, предохраняя ее от стирания во время перемещения движка вдоль паза.

Проводник реохорда рассчитан на кратковременное включение в цепь с допустимой силой тока не более 2А. Нельзя допускать перегрева проводника. Перегрев наблюдается по увеличению длины проводника (по провисанию).

Абсолютная погрешность многократных прямых измерений рассчитывается по формулам:

$$A_{\text{ср}} = \frac{A_1 + A_2 + \dots + A_N}{N},$$
$$\Delta(A_{\text{ср}}) = \frac{|A_{\text{ср}} - A_1| + |A_{\text{ср}} - A_2| + \dots + |A_{\text{ср}} - A_N|}{N}$$

где A - измеренная физическая величина,
 N - количество опытов.

Порядок выполнения работы

1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 5.1) для записи результатов измерений и вычислений.

2 Соберите электрическую цепь по схеме, представленной на рисунке 5.1, включив в цепь резистор с неизвестным электрическим сопротивлением R_x .

3 На магазине сопротивлений установите сопротивление R в диапазоне 50 - 500 Ом.

4 Передвигая ползунок D реохорда при нажатой кнопке S , найдите такое его положение, при котором стрелка гальванометра не отклоняется от нулевого деления шкалы. Во избежание повреждения гальванометра держать кнопку S нажатой в течение длительного времени не рекомендуется.

5 Измерьте длины плеч l_1 и l_2 по шкале реохорда. По измеренным значениям l_1 и l_2 и известному значению сопротивления R по формуле 5.2 определите электрическое сопротивление R_x . Результаты занесите в таблицу 5.1.

6 Повторите опыт 5 раз, изменяя сопротивление магазина. Прделайте один из опытов, установив ползунок реохорда так, чтобы l_1 было равно l_2 . Тогда сопротивление R_x будет равно сопротивлению R , установленному на магазине. По результатам 5 опытов рассчитайте $R_{x\text{ ср}}$.

7 Вычислите абсолютную погрешность многократных измерений сопротивления (формулы 5.3). Запишите окончательный ответ в виде:

$$R_x = (R_{x\text{ ср}} \pm \Delta R_x) \text{ Ом.}$$

8 Сформулируйте вывод.

Таблица 5.1 – Результаты измерений и расчётов

№ опыта	Измерено			Рассчитано		
	$R, \text{ Ом}$	$l_1, \text{ см}$	$l_2, \text{ см}$	$R_x, \text{ Ом}$	$R_{x\text{ ср}}, \text{ Ом}$	$\Delta R_x, \text{ Ом}$
1						
2						
3						
4						
5						

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок электрической схемы.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Какими преимуществами отличается мостовой метод измерений сопротивлений от других методов?
- 2 При каком условии можно считать, что $R_x=R$?
- 3 Почему мост можно держать под током на протяжении короткого интервала времени?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №6 Определение температуры нити лампы накаливания

Ссылка на видеоурок <https://www.youtube.com/watch?v=i3dUDFOzvCY>

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.2: Законы постоянного тока.

Цель: определение температуры нити лампы накаливания при различных напряжениях на ней.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник тока, лампа накаливания на 12В, вольтметр, миллиамперметр, реостат, соединительные провода, цифровой омметр (мультиметр), термометр, свеча, спички, стеклянная пластинка.

Теоретическая часть

В основе экспериментального метода лежит использование известной зависимости сопротивления проводника (вольфрамовой нити лампы) от его температуры.

Пусть R_0 -сопротивление проводника при температуре 0°C , R_k - сопротивление при комнатной температуре t_k , R - сопротивление при температуре t .

Тогда можно дважды записать:

$$R_k = R_0 \cdot (1 + \alpha t_k) \quad , \quad R = R_0 \cdot (1 + \alpha t)$$

где α - температурный коэффициент сопротивления, является характеристикой материала проводника. Для вольфрама $\alpha = 0,0048^{-1}$ град.

Почленным делением одного уравнения на другое, можно исключить величину R_0 :

$$(6.1) \quad \frac{R}{R_k} = \frac{1 + \alpha t}{1 + \alpha t_k}, \quad \text{откуда} \quad t = \frac{R}{R_k} \cdot \left(\frac{1}{\alpha} + t_k \right) - \frac{1}{\alpha}$$

Для нахождения сопротивления нити лампы можно воспользоваться законом Ома:

$$(6.2) \quad R = U/I$$

где U и I – напряжение на лампе и сила тока через нее, соответственно.

Однако для измерения сопротивления нити лампы при комнатной температуре R_k сила тока через нить должна быть настолько малой, чтобы не вызвать заметного нагревания нити. Поэтому измерение R_k проводится цифровым омметром, который создает в измерительной цепи очень малые токи благодаря применению электронного усилителя.

Цифровые омметры - приборы этого типа являются своеобразным измерительным мостом с автоматически управляемым уравновешиванием. Принцип работы: в зависимости от измеряемого сопротивления происходит автоматический подбор (уравновешивание) резисторов, после чего информация отображается на цифровом дисплее.

Порядок выполнения работы

1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 6.1) для записи результатов измерений и вычислений.

2 Измерьте температуру воздуха в комнате t_k .

- 3 С помощью цифрового омметра измерьте сопротивление нити накала лампы при комнатной температуре R_k .
- 4 Соберите электрическую схему, приведенную на рисунке 6.1.
- 5 Изменяя сопротивление реостата, устанавливайте на лампу напряжение 2 В , 4 В , 6 В , 8 В , 10 В , 12 В и измеряйте соответствующие значения силы тока через лампу. Результаты заносите в таблицу 6.1.
- 6 Рассчитайте сопротивление нити лампы при каждом значении напряжения по формуле 6.2.
- 7 Рассчитайте температуру нити лампы при каждом значении напряжения по формуле 6.1.
- 8 Постройте график зависимости температуры нити лампы от напряжения на ней $t(U)$.
- 9 Сформулируйте вывод.

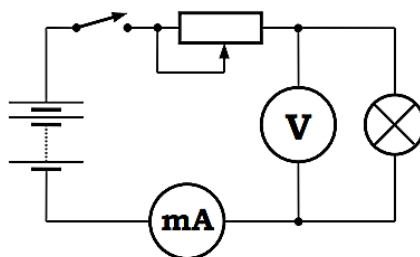


Рисунок 6.1

Таблица 6.1 – Результаты измерений и расчётов

Измерено					Рассчитано	
$t_k, ^\circ\text{C}$	$R_k, \text{Ом}$	№	$U, \text{В}$	$I, \text{А}$	$R, \text{Ом}$	$t, ^\circ\text{C}$
		1				
		2				
		3				
		4				
		5				
		6				

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок электрической схемы.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 График зависимости температуры нити лампы от напряжения $t(U)$.
- 7 Вывод о выполненной работе.
- 8 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Почему при увеличении температуры сопротивление металлов увеличивается?
- 2 Решить задачу: на баллоне электрической лампы написано 220 В , 100 Вт . Для измерения сопротивления нити накала в холодном состоянии на лампу подали напряжение 2 В , при этом сила тока была 54 мА . Найти приблизительно температуру накала вольфрамовой нити.

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, график, сформулирован вывод.

2 Ответ на контрольный вопрос и решение задач правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №7

Параллельное и последовательное соединение резисторов, шунтирование приборов

Ссылка на видеоурок <https://www.youtube.com/watch?v=Y6ye7dCNGgY>

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.2: Законы постоянного тока.

Цели: проверка основных закономерностей в цепях последовательного и параллельного соединения сопротивлений, исследование схемы шунтирования амперметра.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник тока, набор резисторов на 1 Ом и 3 Ом, амперметры, вольтметры, ключ замыкания тока, соединительные провода.

Теоретическая часть

Параллельным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором к одному зажиму источника подключаются начала сопротивлений, а к другому зажиму – концы (рисунок 7.1).

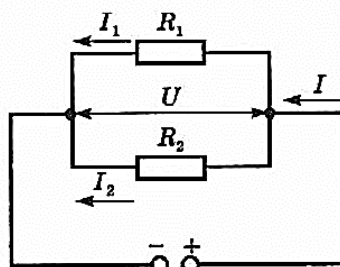


Рисунок 7.1

Так как начала всех сопротивлений сведены в одну общую точку, а концы - в другую, то очевидно, что разность потенциалов на концах любого из параллельно включенных сопротивлений равна разности потенциалов между общими точками.

Таким образом, при параллельном соединении *напряжения* на всех проводниках одинаковы и равны $U_1 = U_2 = U$.

Если разветвление подключено непосредственно к зажимам источника тока, то напряжение на каждом из сопротивлений равно напряжению на зажимах источника:

$$U_1 = U_2 = U = U.$$

По закону Ома, напряжения U_1 и U_2 на проводниках равны:

$$U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2 \dots$$

(7.1)

При параллельном соединении проводников электрическая цепь разветвляется. Поэтому часть общего заряда проходит через один проводник, а часть - через другой. Сумма всех *токов*, протекающих по проводникам, равна току в неразветвленной цепи:

$$I = I_1 + I_2 \dots$$

Это следует из того, что в точках разветвления токов (узлах) в цепи постоянного тока не могут накапливаться заряды.

Еще одно свойство цепи с параллельным соединением заключается в том, что электрический ток распределяется по параллельным ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям: чем больше сопротивление, тем меньше по нему пойдет ток:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (7.2)$$

Общее сопротивление для любого числа n параллельно включенных проводников определяется по формуле:

$$\frac{1}{R_{общ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_n}$$

Если параллельно включено только два сопротивления, то их общее сопротивление можно определить по формуле:

$$R_{общ} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (7.3)$$

Если параллельно включено любое количество проводников n одинаковых сопротивлений, то их общее сопротивление можно определить, если сопротивление одного проводника разделить на количество проводников n :

$$R_{общ} = \frac{R_1}{n}$$

Таким образом, для параллельного соединения проводников справедливы следующие свойства:

- 1) напряжение на всех проводниках одинаково;
- 2) сила тока в месте соединения проводников равна сумме токов в отдельных проводниках;
- 3) величина, обратная сопротивлению всего соединения, равна сумме величин, обратных сопротивлениям отдельных проводников.

Преимуществом параллельного соединения является то, что при отключении одного из потребителей, остальные продолжают работать.

Последовательным соединением сопротивлений называется такое соединение, при котором конец первого сопротивления соединяется с началом второго, конец второго - с началом третьего и т. д. (рисунок 7.2).

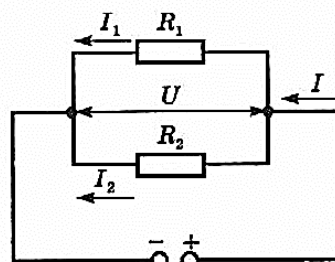


Рисунок 7.2

Первое свойство последовательно соединенных сопротивлений: *общее сопротивление* последовательно соединенных любого количества n проводников равно сумме их сопротивлений:

$$R_{общ} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n \quad (7.4)$$

Общее сопротивление цепи $R_{общ}$, состоящей из n одинаковых проводников, каждый с сопротивлением R_1 , то $R_{общ}$ в n раз больше сопротивления одного проводника:

$$R_{\text{общ}} = R_1 \cdot n.$$

Напряжение источника тока, приложенное к внешнему участку цепи распределяется по участкам цепи прямо пропорционально сопротивлениям этих участков. Напряжение, приложенное к каждому из этих резисторов, определяется по формуле:

$$U = U_1 + U_2 + U_n$$

Напряжение на каждом проводнике по закону Ома равно:

$$U_1 = I \cdot R_1, \quad U_2 = I \cdot R_2 \dots$$

В таком случае общее напряжение равно

$$U = I (R_1 + R_2 + \dots)$$

Так как в данной цепи отсутствует ответвление тока, то очевидно, что количество электричества, протекающее через поперечное сечение проводника за единицу времени в любой точке цепи будет одинаковым. Следовательно, во всех точках последовательной цепи величина тока одинакова $I = I_1 = I_2 = I_n$ и рассчитывается по закону Ома:

$$I = U/R$$

(7.5)

Поэтому при последовательном соединении для измерения тока достаточно включать один амперметр на любом участке цепи.

Так как ток в последовательной цепи везде одинаков значит действительно напряжение на ее участках зависит от сопротивления: чем больше сопротивление, тем большее напряжение приложено к данному участку:

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2}$$

(7.6)

Таким образом, для последовательного соединения проводников справедливы следующие свойства:

- 1) сила тока во всех проводниках одинакова;
- 2) напряжение на всём соединении равно сумме напряжений на отдельных проводниках;
- 3) сопротивление всего соединения равно сумме сопротивлений отдельных проводников.

Недостатком последовательного соединения является следующее свойство: если на одном из участков цепи какой-либо из потребителей не работает (например, перегорела одна лампочка), тогда ток не течёт во всей цепи.

Однако, это свойство используют для защиты электрических цепей от короткого замыкания и перегрузок. Последовательно с потребителями в цепь включают *электрический предохранитель*. Предохранитель перегорает и размыкает электрическую цепь, если сила тока превышает допустимое значение.

Для измерения силы тока в проводнике применяют электроизмерительный прибор - *амперметр*, который включают последовательно с этим проводником (рисунок 7.3 а). Угол отклонения стрелки амперметра зависит от силы тока в его измерительном механизме. Включение амперметра не должно вызывать изменения в режиме работы цепи, поэтому сопротивление амперметра должно быть малым по сравнению с сопротивлением соответствующего участка цепи.

Для измерения силы тока, превышающей силу тока I_a , на которую рассчитан амперметр, можно воспользоваться этим же амперметром. Для этого надо параллельно амперметру подключить резистор так, чтобы сила тока через амперметр была не больше допустимой величины I_a . Такой резистор называется *шунтом* (рисунок 7.3 в).

При шунтировании амперметра измеряемый ток I в точке (узле) I делится на две части: часть тока проходит через амперметр I_a , а остальная часть — через шунт $I_{ш}$, т. е. $I = I_a + I_{ш}$.

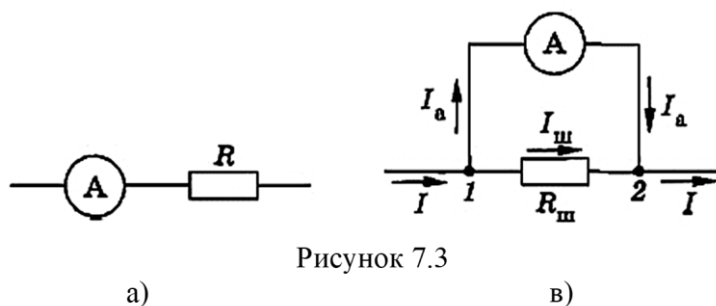


Рисунок 7.3

Прибор для измерения напряжения называется *вольтметр*. Вольтметр присоединяют параллельно участку цепи, напряжение на котором необходимо измерить. Напряжение на вольтметре такое же, как и на участке цепи. Для того чтобы вольтметр не вносил заметных искажений в измеряемое напряжение, его сопротивление должно быть большим по сравнению с сопротивлением того участка цепи, параллельно которому он включается (рисунок 7.4 а).

Любой вольтметр рассчитан на измерение напряжения, не превышающего некоторого предела (номинальное напряжение) $U_в$. Однако измеряемое напряжение U может оказаться больше номинального напряжения вольтметра. Если к вольтметру присоединить последовательно с ним дополнительный резистор сопротивлением $R_д$, то предел измерения напряжения вольтметром расширится. Такой резистор будет называться *добавочным сопротивлением* (рисунок 7.4 в).

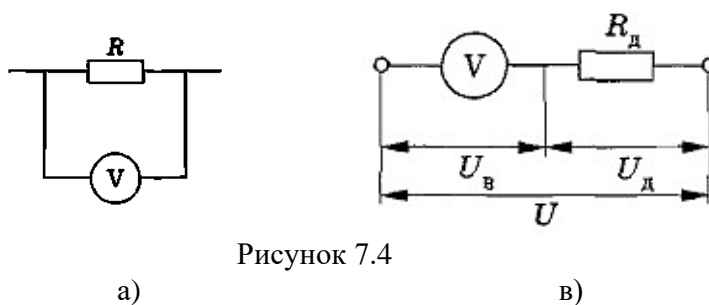


Рисунок 7.4

При включении в цепь вольтметра добавочного сопротивления измеряемое напряжение U делится на две части: одна часть $U_в$ приходится на вольтметр, другая $U_д$ - на добавочный резистор: $U = U_в + U_д$.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 7.1) для записи результатов измерений и вычислений.
- 2 Составьте электрическую схему видео опытов для параллельного соединения сопротивлений. Выберите 3 показания приборов, запишите результаты в таблицу 7.1.
- 3 Рассчитайте по формулам 7.1-7.3 необходимые физические величины и отношения, запишите в таблицу 7.1, сформулируйте вывод.
- 4 Составьте электрическую схему видео опытов для последовательного соединения сопротивлений. Выберите 3 показания приборов, запишите результаты в таблицу 7.1.
- 5 Рассчитайте по формулам 7.4-7.5 необходимые физические величины и отношения, запишите в таблицу 7.1, сформулируйте вывод.

Таблица 7.1 – Результаты измерений и расчётов

Параллельное соединение сопротивлений									
Измерено						Рассчитано			
№	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$I_1, А$	$I_2, А$	$I, А$	$R_{общ}, Ом$	$U_1, В$	$U_2, В$	$I_1/I_2 = R_2/R_1$

1									
2									
3									
Последовательное соединение сопротивлений									
№	$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$U_1, В$	$U_2, В$	$U, В$	$R_{общ}, Ом$	$I_1, А$	$I_2, А$	$U_1/ U_2 = R_1/R_2$
1									
2									
3									

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки электрических схем.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Как соединены потребители электрической энергии в вашей квартире? Почему?
- 2 Как включается в электрическую цепь предохранитель? Нарисуйте его условное обозначение на электрических схемах.
- 3 С какой целью и как в электрическую цепь включается шунтирующий резистор?
- 4 С какой целью и как в электрическую цепь включается добавочный резистор?
- 5 Как определить мощность на участках цепи и всей цепи при параллельном и последовательном соединениях сопротивлений?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, таблица, вычисления, составлены электрические схемы, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока

Ссылка на видеоурок <https://www.youtube.com/watch?v=H8F2aQzK7j0>

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.2: Законы постоянного тока.

Цель: определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника постоянного тока.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник постоянного напряжения, мультиметр в режиме амперметра, набор резисторов, ключ, соединительные провода, перемычки.

Теоретическая часть

Любые силы, которые действуют на электрически заряженные частицы, кроме сил электростатического происхождения (т.е. кулоновских), называют *сторонними силами*. Сторонние силы приводят в движение заряженные частицы внутри всех источников тока. Действие сторонних сил характеризуется важной физической величиной электродвижущей силой (ЭДС).

Электродвижущая сила в замкнутом контуре - отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

$$\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{q}$$

В источнике тока из-за действия сторонних сил происходит разделение зарядов. Так как они движутся, они взаимодействуют с ионами кристаллов и электролитов и отдают им часть своей энергии. Это приводит к уменьшению силы тока, таким образом, источник тока обладает сопротивлением, которое называют внутренним r . Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и полное сопротивление цепи.

Закон Ома для полной цепи: сила тока в цепи пропорциональна действующей в цепи ЭДС и обратно пропорциональна сумме сопротивлений цепи и внутреннего сопротивления источника:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

Если к исследуемому источнику тока подключать поочередно два резистора с разными сопротивлениями, то, измеряя при этом силу тока в обоих случаях, можно записать два уравнения, из которых легко вычислить ЭДС и внутреннее сопротивление источника:

$$I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + r} \quad \text{и} \quad I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2 + r}.$$

Решая совместно эти уравнения, получим:

$$I_1 R_1 + I_1 r = I_2 R_2 + I_2 r;$$

откуда выразим формулы для внутреннего сопротивления и ЭДС источника тока:

$$(8.1) \quad r = \frac{I_2 R_2 - I_1 R_1}{I_1 - I_2}; \quad \mathcal{E} = I_1 (R_1 + r), \quad \text{или} \quad \mathcal{E} = I_2 (R_2 + r).$$

При *коротком замыкании*, когда внешнее сопротивление стремится к нулю, сила тока в цепи определяется именно внутренним сопротивлением и может оказаться очень

большой. Тогда изоляция проводов может расплавиться, что приведет к опасным последствиям.

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк отчета с таблицей (таблица 8.1) для записи результатов измерений и вычислений.
- 2 Нарисуйте электрическую схему видео опытов (рисунок 8.1).
- 3 Рассчитайте по формулам 8.1 внутреннее сопротивление и ЭДС источника тока.
- 4 Сравните внутренне сопротивление источника тока r и внешнее сопротивление электрической цепи $R_{общ}$. Сформулируйте вывод.

Таблица 8.1 – Результаты измерений и расчётов

Измерено				Рассчитано		
$R_1, Ом$	$R_2, Ом$	$I_1, А$	$I_2, А$	$\varepsilon, В$	$r, Ом$	$R_{общ}, Ом$

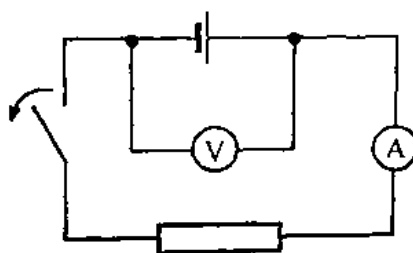


Рисунок 8.1

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок электрической схемы.
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Вывод о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Аккумулятор мотоцикла имеет ЭДС 6 В и внутреннее сопротивление 0,5 Ом. К нему подключён реостат сопротивлением 5,5 Ом. Найдите силу тока в реостате (А).
- 2 ЭДС батарейки карманного фонарика - 3,7 В, внутреннее сопротивление 1,5 Ом. Батарейка замкнута на сопротивление 11,7 Ом. Каково напряжение на зажимах батарейки?
- 3 Составьте формулу силы тока при коротком замыкании. В чем опасность короткого замыкания?
- 4 Определите силу тока (А) при коротком замыкании батарейки с ЭДС 9 В, если при замыкании её на внешнее сопротивление 3 Ом ток в цепи равен 2 А.
- 5 Какие меры применяют для защиты электрических цепей от короткого замыкания?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, таблица, вычисления, электрическая схема, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы и решение задач правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №9 Исследование силовых линий магнитного поля

Ссылки на видеоуроки:

Магнитная стрелка, ее ориентация в магнитном поле:

<https://www.youtube.com/watch?v=PTS22n8pLCM>

Магнитное поле полосового магнита:

<https://www.youtube.com/watch?v=kV2Ap09D-58>

Магнитное поле дугообразного магнита:

<https://www.youtube.com/watch?v=Y2KKxE6N1dU>

Магнитное поле прямолинейного проводника с током:

<https://www.youtube.com/watch?v=lin7vPr55sU&list=PLEB-iC-sgodNolCA6ztg1472ftjfDvZBS&index=13>

Магнитное поле соленоида (катушки с током):

<https://www.youtube.com/watch?v=rsW3d3V5qtk>

<https://www.youtube.com/watch?v=8S2rIJDc9jI>

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.4: Магнитное поле.

Цели: исследование ориентации магнитной стрелки в магнитном поле Земли, магнитных полей полосового магнита, дугообразного магнита, прямолинейного проводника с током, соленоида.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: магнитная стрелка компаса, полосовой постоянный магнит, дугообразный магнит, прямолинейный проводник с током, соленоид.

Теоретическая часть

Магнитное поле - особый вид материи, которая создаётся электрическим током или постоянными магнитами.

Для демонстрации действия и доказательства существования магнитного поля служат *магнитная стрелка*, способная вращаться на оси, или небольшая *рамка (или катушка) с током*, подвешенная на тонких скрученных гибких проводах.

Рамка с током и магнитная стрелка под действием магнитного поля поворачиваются так, что северный полюс (синяя часть) стрелки и положительная нормаль (перпендикуляр) рамки указывают направление магнитного поля.

Положительной нормалью \vec{n} к плоскости рамки с током называют вектор, направление которого совпадает с направлением движения острия ввинчивающейся в плоскость рамки буравчика при вращении его ручки по направлению тока в этой рамке.

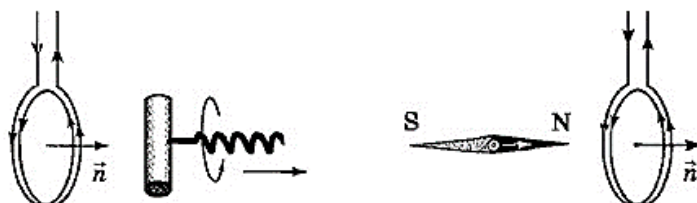


Рисунок 9.1

Магнитное поле характеризуется векторной величиной, называемой *магнитной индукцией*. Магнитная индукция характеризует силу и направление магнитного поля - это количественная характеристика магнитного поля. Она обозначается символом \vec{B} и измеряется в теслах [Тл]. За направление вектора магнитной индукции принимается

направление от южного полюса S к северному N магнитной стрелки, свободно устанавливающейся в магнитном поле или другими словами: за направление магнитной индукции принимают направление, на которое указывает северный полюс свободно вращающейся магнитной стрелки (рисунок 9.2).

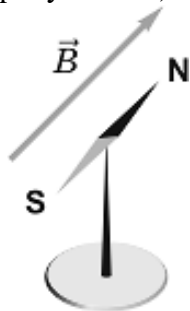


Рисунок 9.2

Так как магнитное поле действует на рамку с током и магнитную стрелку, поворачивая их определенным образом, принято это действие называть «ориентирующее действие магнитного поля на рамку с током или магнитную стрелку».

Магнитное поле принято (удобно) изображать в виде линий, которые называются *силовыми линиями магнитного поля*. Силовые линии магнитного поля были введены Майклом Фарадеем для получения наглядной картины магнитного поля. Эти линии имеют другое название - линии магнитной индукции.

Линиями магнитной индукции называются линии, касательные к которым направлены так же, как и вектор \vec{B} в данной точке пространства (рисунок 9.2).

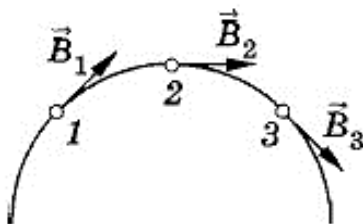


Рисунок 9.2

Магнитные линии не имеют ни начала, ни конца, т.е. замкнуты. Поля с замкнутыми линиями называются *вихревыми*. Замкнутость линий магнитной индукции представляет собой *фундаментальное свойство магнитного поля*. Оно заключается в том, что магнитное поле не имеет источников. Магнитных зарядов, подобных электрическим, в природе нет.

Картину линий магнитной индукции можно сделать видимой, воспользовавшись мелкими железными опилками. В магнитном поле каждый кусочек железа, насыпанный на лист картона, намагничивается и ведет себя как маленькая магнитная стрелка. Большое количество таких стрелок позволяет достаточно точно выяснить расположение линий магнитной индукции.

Рассмотрим *изображения линий магнитной индукции* для наиболее характерных случаев. Для наглядности вдоль некоторых линий расположены магнитные стрелки.

1) Магнитное поле Земли.

Опыт по определению направления вектора индукции магнитного поля Земли делает каждый, кто ориентируется на местности по компасу. Если стрелка может поворачиваться и вокруг горизонтальной оси, то в магнитном поле Земли она расположится наклонно (рисунок 9.3 а).

Направление магнитного поля Земли можно определить и с помощью рамки. Для этого нужно взять рамку с большим числом витков или пропустить через рамку довольно большой ток. Размеры рамки могут быть большими, так как магнитное поле Земли меняется от точки к точке медленно. В России вектор индукции магнитного поля направлен наклонно к земной поверхности сверху вниз (рисунок 9.3 в).

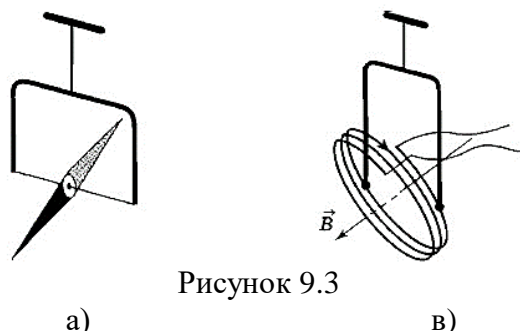


Рисунок 9.3

На самом деле расположение магнитных полюсов не совпадает с географическими полюсами Земли. Если Землю рассматривать как большой магнит, то северный конец стрелки магнитного компаса *N* покажет на южный географический полюс (Антарктида). Аналогично с южными полюсами (рисунок 9.4). В связи с асимметричностью магнитного поля Земли, магнитные полюса не являются диаметрально противоположными точками.

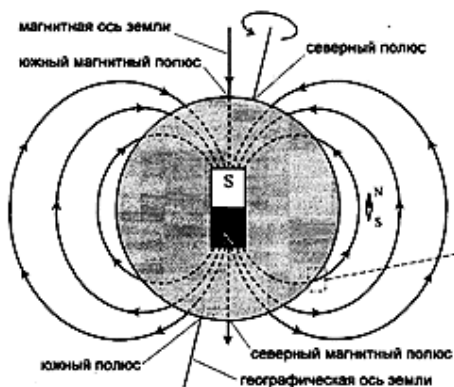


Рисунок 9.4

2) Линии магнитной индукции полосового магнита (рисунок 9.5).

Линии магнитной индукции полосового магнита выходят из его северного полюса и входят в южный. Эти линии непрерывны и продолжаются внутри магнита. Магнитная индукция особенно велика вблизи полюсов магнита, где густота линий магнитной индукции наибольшая.

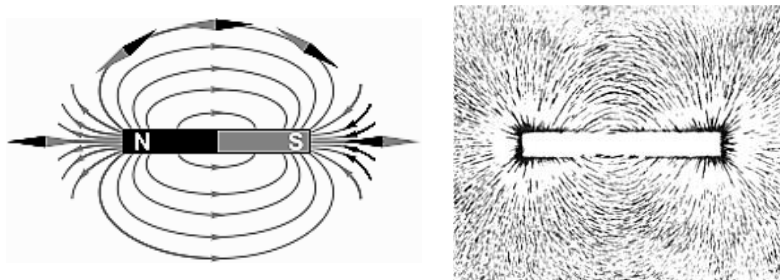


Рисунок 9.5

3) Линии магнитной индукции дугообразного (подковообразного) магнита (рисунок 9.6).

Видно, что по всему дугообразному постоянному магниту магнитные линии начинаются на северном полюсе и оканчиваются на южном. Внутри магнита линии становятся практически параллельны, что говорит об однородности магнитного поля.

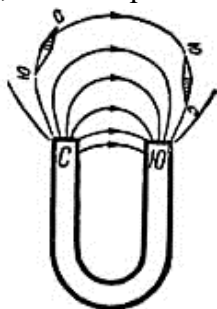


Рисунок 9.6

4) Линии магнитной индукции прямолинейного проводника с током (рисунок 9.7).

Линии магнитной индукции прямолинейного проводника с током имеют вид концентрических окружностей, лежащие в плоскости, перпендикулярной этому проводнику с током. Центр окружностей находится на оси проводника. Стрелки на линиях указывают, в какую сторону направлен вектор магнитной индукции, касательный к данной линии. В эту же сторону направлен северный конец магнитной стрелки, помещенной в данное магнитное поле. Концентрические окружности сгущаются к центру. Это означает, что магнитная индукция вблизи провода больше, чем вдали от него.

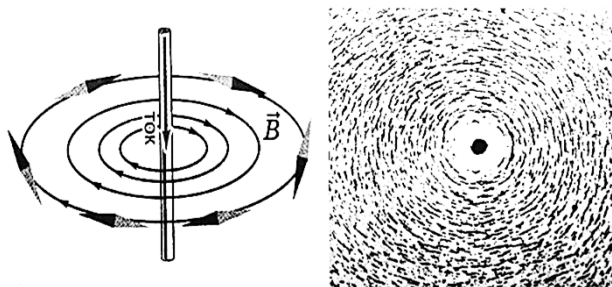


Рисунок 9.7

Для графического обозначения направления тока в проводнике, перпендикулярного плоскости чертежа, пользуются следующим приёмом. Если ток направлен от нас за чертёж, то его обозначают крестиком, если наоборот, то есть из-за чертежа к нам, - то точкой (рисунок 9.8).



Рисунок 9.8

Направление линий магнитной индукции для прямого проводника с током можно определить по *правилу буравчика*: если вращать буравчик так, чтобы направление его поступательного движения совпало с направлением тока, то направление вращения ручки буравчика покажет направление линий магнитной индукции (рисунок 9.9 а).

Существует так же *правило часовой стрелки*: линии магнитного поля направлены против часовой стрелки, если ток течет к нам и линии магнитного поля направлены по часовой стрелки, если ток течет от нас (рисунок 9.9 в).

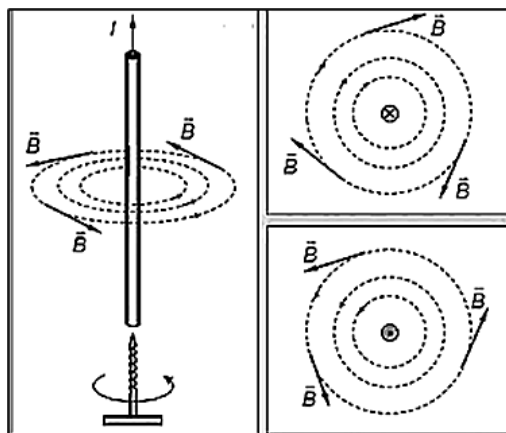


Рисунок 9.9

а)

в)

Другое правило для определения направления линий магнитной индукции для прямого проводника с током - *правило правой руки*: если направить большой палец правой руки по направлению тока в проводнике, то четыре согнутых пальца укажут направление линий магнитного поля тока (рисунок 9.10).

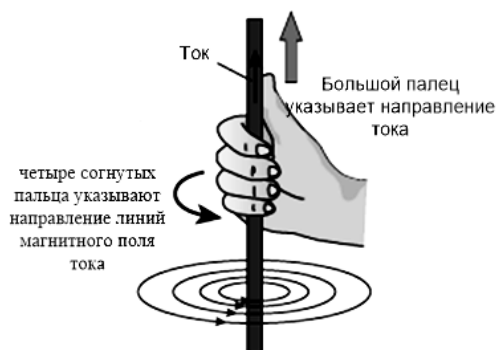


Рисунок 9.10

5) Магнитное поле катушки с током – соленоида (рисунок 9.11).

Если длина соленоида много больше его диаметра, то магнитное поле внутри соленоида можно считать однородным. Линии магнитной индукции такого поля параллельны. Линии магнитной индукции соленоида схожи с линиями магнитной индукции полосового магнита, а магнитное поле соленоида подобно полю постоянного полосового магнита. Соленоид, как и магнит, имеет полюсы: тот конец соленоида, из которого магнитные линии выходят, называется северным полюсом, а тот, в который входят, - южным.

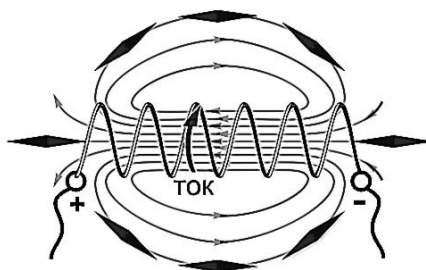


Рисунок 9.11

Направление магнитных линий соленоида можно определить по *правилу правой руки для соленоида*: если обхватить соленоид ладонью правой руки, направив четыре пальца по направлению тока в витках, то отставленный большой палец покажет направление линий магнитного поля внутри соленоида (рисунок 9.12). Зная направление тока в соленоиде, по правилу правой руки можно определить направление магнитных линий внутри него, а значит, и его магнитные полюсы. Большой палец правой руки указывает направление северного магнитного полюса. И наоборот, зная направление магнитных линий внутри соленоида или расположение его полюсов, можно определить направление тока в витках соленоида.

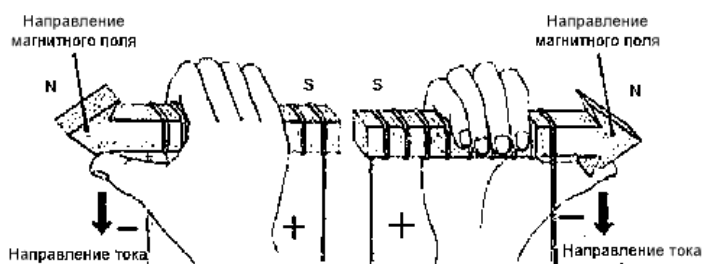


Рисунок 9.12

Правило правой руки можно применять и для определения направления линий магнитного поля в центре *одиночного витка с током* (рисунок 9.13).

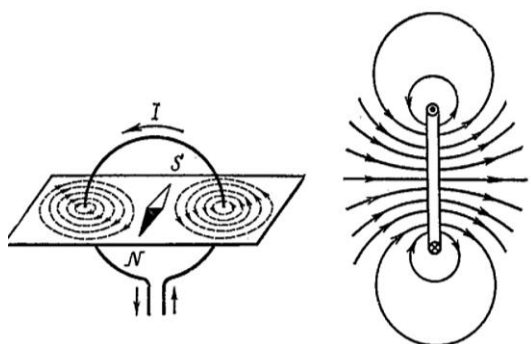


Рисунок 9.13

Порядок выполнения работы

1 По теоретическому материалу лабораторной работы и видео опытам заполните таблицу 9.1.

Таблица 9.1– Магнитные поля

Тела, устройства	Изображение силовых линий	Свойства силовых линий
------------------	---------------------------	------------------------

	магнитных полей	магнитных полей
Земля		
Полосовой магнита		
Дугообразной магнита		
Прямолинейной проводник с током		
Соленоид		

2 Сформулируйте общий вывод о силовых линиях магнитного поля.

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Таблица.
- 4 Вывод о выполненной работе.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Какие области магнитов называют магнитными полюсами?
- 2 Нарисуйте магнитные линии при взаимодействии одноименных магнитов. Как взаимодействуют между собой одноименные полюса магнита?
- 3 Нарисуйте магнитные линии при взаимодействии разноименных магнитов. Как взаимодействуют между собой разноименные полюса магнита?
- 4 Как называют середину магнита, где нет притяжения?
- 5 Какой вывод можно сделать из фундаментального свойства магнитных полей?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №10 Исследование явления электромагнитной индукции

Ссылки на видеоуроки:

Опыт Фарадея. Явление электромагнитной индукции:

<https://www.youtube.com/watch?v=-wZ5tfpOFj0>

Правило Ленца:

<https://www.youtube.com/watch?v=M2e0JbIym-I>

Раздел 3: Электродинамика.

Тема 3.5: Электромагнитная индукция.

Цели: изучить явление электромагнитной индукции, проверить правило Ленца.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: источник тока, гальванометр, полосовой магнит, катушка, 2 катушки с общим сердечником, реостат, ключ, соединительные провода, алюминиевое кольцо.

Теоретическая часть

Магнитные взаимодействия описываются на основе представления о магнитном поле, существующем вокруг движущихся электрических зарядов. Электрические и магнитные поля порождаются одними и теми же источниками - электрическими зарядами. Можно предположить, что между ними есть связь.

В 1831 году Майкл Фарадей подтвердил это экспериментально. Он открыл явление *электромагнитной индукции*, которое заключается в возникновении электрического тока в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, пронизывающего контур (рисунок 10.1). Ток, возникающий при явлении электромагнитной индукции, называют *индукционным*.

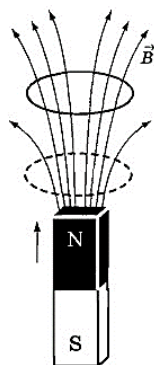


Рисунок 10.1

Опыты Фарадея.

Первоначально была открыта индукция в неподвижных друг относительно друга проводниках при замыкании и размыкании цепи. На одну непроводящую основу были намотаны две катушки: витки первой катушки были расположены между витками второй. Витки одной катушки были замкнуты на гальванометр, а второй – подключены к источнику тока. При замыкании ключа и протекании тока по второй катушке в первой возникал импульс тока. При размыкании ключа также наблюдался импульс тока, но ток через гальванометр тек в противоположном направлении.

Затем, Фарадей с помощью опытов доказал, что ток возникает при перемещении катушек относительно друг друга (рисунок 10.2).

Знакомый с трудами Ампера, Фарадей понимал, что магнит - это совокупность маленьких токов, циркулирующих в молекулах, так им был обнаружен индукционный ток в катушке во время вдвигания (или выдвигания) магнита (рисунок 10.3).

Фарадей не только открыл явление электромагнитной индукции, но и первым сконструировал несовершенную пока еще модель генератора электрического тока, превращающего механическую энергию вращения в ток.

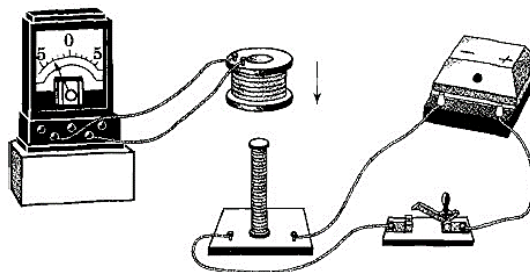


Рисунок 10.2

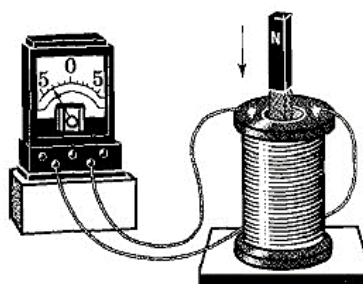


Рисунок 10.3

Таким образом, в электрической цепи возникает индукционный ток, если есть движение магнита относительно катушки, или наоборот. Индукционный ток, возникший в проводнике, начинает взаимодействовать с породившим его током или магнитом.

Если магнит приближать к замкнутому проводнику, то появляющийся индукционный ток своим магнитным полем обязательно отталкивает магнит (катушку). При удалении магнита возникает притяжение. Эти правила выполняются неукоснительно, иначе нарушился бы закон сохранения энергии. Отталкивание или притяжение магнита катушкой зависит от направления индукционного тока в ней.

Направление индукционного тока зависит как от направления движения магнита, так и от расположения его полюсов и определяется по *правилу Ленца*: индукционный ток, возбуждаемый в замкнутом контуре при изменении магнитного потока, всегда направлен так, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, вызывающего индукционный ток.

Индукционный ток отсутствует, если нет относительного перемещения катушки и магнита в цепях *постоянного тока*.

Если катушка, в которой наводится ток, неподвижна относительно соседней катушки с *переменным током*, как, например, у трансформатора, то и в этом случае направление индукционного тока диктуется законом сохранения энергии. Этот ток всегда направлен так, что созданное им магнитное поле стремится уменьшить изменения тока в первичной обмотке.

В случае *сверхпроводников* компенсация изменения внешнего магнитного потока будет полной. Поток магнитной индукции через поверхность, ограниченную сверхпроводящим контуром, не меняется в течении очень длительного времени.

Сила индукционного тока пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\mathcal{E}_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}.$$

Чем больше скорость изменения магнитного поля, тем сильнее ток, возникающий в катушке. Знак «-» в формуле позволяет учесть направление индукционного тока.

Порядок выполнения работы

1 По теоретическому материалу лабораторной работы и видео опытам составьте таблицу 10.1.

Таблица 10.1– Явления электромагнитной индукции

№	Действия с магнитом и катушкой	Показания гальванометра, А	Направления отклонения стрелки микроамперметра (вправо, влево или не отклоняется)	Схема опыта с указанием направления индукционного тока (по правилу Ленца)
1	Вдвигать в катушку северный полюс магнита			
2	Оставить магнит в катушке неподвижным			
3	Выдвигать из катушки северный полюс магнита			
4	Вдвигать в катушку южный полюс магнита			
5	Выдвигать из катушки южный полюс магнита			

2 Сформулируйте общий вывод об явлениях электромагнитной индукции.

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Таблица.
- 4 Вывод о выполненной работе.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1 Начертите схему опыта Фарадея, состоящую из источника тока, двух катушек на общем сердечнике, ключа, реостата и гальванометра (первую катушку соедините с гальванометром, вторую катушку через реостат соедините с источником тока).

2 Изменится ли индукционный ток при изменении скорости перемещения магнита в катушке? Если да, то каким образом?

3 Изменится ли индукционный ток, если вставить в катушку 2 магнита? Если да, то каким образом?



4. Какова связь правила Ленца с законом сохранения энергии?

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, таблица, сформулирован вывод.

2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №11 Определение показателя преломления стекла

Ссылки на видеоуроки:

<https://www.youtube.com/watch?v=7r4zNbsqXDI>

<https://www.youtube.com/watch?v=nAufbP7oJLA>

Раздел 5: Оптика.

Тема 5.1: Природа света.

Цель: определить показатель преломления стекла с помощью плоскопараллельной пластинки.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: стеклянная пластина, имеющая форму трапеции; экран с прорезью (лазерная указка), лист картона, булавки, циркуль, транспортир.

Теоретическая часть

Геометрическая оптика - это раздел оптики, в котором рассматривают вопросы распространения света в различных оптических системах (линзах, призмах и т. д.) без учёта его волновых свойств.

Световой луч - линия, вдоль которой распространяется световая энергия.

Световой луч - это пучок света, толщина которого много меньше расстояния, на которое он распространяется.

В геометрической оптике формулируются несколько законов распространения света.

Закон о прямолинейном распространении света: в однородной прозрачной среде свет распространяется прямолинейно. *По теореме Ферма:* свет распространяется по такому направлению, время распространения по которому будет минимально.

Закон независимости световых лучей: распространение световых лучей в среде происходит независимо друг от друга.

Законы отражения.

Луч падающий, отраженный и перпендикуляр в точке падения лежат в одной плоскости. Угол падения равен углу отражения.

Законы преломления света:

1) Падающий луч, преломленный луч и перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения лежат в одной плоскости.

2) Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред, равная отношению показателю преломления второй среды относительно первой:

$$n = \frac{\sin \alpha}{\sin \beta}$$

(11.1)

где α и β - угол падения и угол преломления светового луча, соответственно.

При переходе света из оптически более плотной среды (с большим показателем преломления) в оптически менее плотную, начиная с некоторого угла падения преломленного луча не станет. Явление называется *полным отражением*. Наименьший угол, с которого начинается полное отражение, называется *предельным углом полного отражения*. При всех больших углах падения преломленная волна отсутствует.

При прохождении лучей различных длин волн через призму, они отклоняются на разные углы. Явление *дисперсии* связано с зависимостью показателя преломления среды от частоты распространяющегося излучения.

Границы применимости законов геометрической оптики заключаются в том, что необходимо учитывать размер препятствий для света. Свет характеризуется длиной волны, равной примерно 10^{-9} метра. Если препятствия больше длины волны, то можно использовать размеры геометрической оптики.

Порядок выполнения работы

1 Положите на стол лист картона, а на него – стеклянную пластинку так, чтобы одна из ее параллельных граней совпала с предварительно нанесенной линией на бумаге. Эта линия укажет границу раздела сред воздух – стекло (рисунок 11.1).

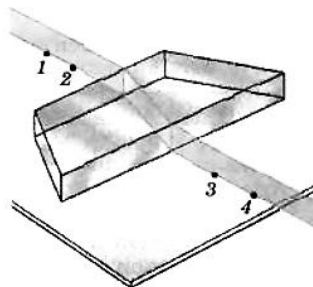


Рисунок 11.1

2 Проведите карандашом линию вдоль второй параллельной грани. Эта линия укажет границу раздела сред стекло – воздух.

3 На первую параллельную грань направить узкий световой пучок под каким-либо углом к грани.

4 Вдоль падающего на пластину и вышедшего из нее световых пучков воткните в картон булавки. Они будут отмечать направление падающего и преломленного лучей.

5 Уберите булавки, обведите пластину карандашом и в местах проколов листа картона булавками поставьте точки.

6 Начертите падающий луч 1-2, преломленный луч 2-3, а также перпендикуляр к границе пластинки.

7 Отметьте на лучах точки А и В такие, что $OA=OB$. Из точек А и В опустите перпендикуляры АС и ВD на перпендикуляр к границе пластинки

8 Циркулем провести окружность с центром в точке В и построить прямоугольные треугольники АВЕ и СВD (рисунок 11.2).

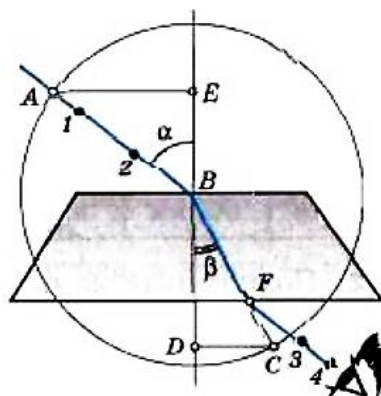


Рисунок 11.2

Из соотношений для прямоугольных треугольников следует:

$$\sin \alpha = AE / AB, \sin \beta = CD / BC \text{ и } AB = BC.$$

Тогда формула 11.1 для определения показателя преломления стекла примет вид:

$$n = AE / DC \quad (11.2)$$

9 Измерив AC и BD, вычислите показатель преломления стекла, по формуле 11.2.

10 Повторите опыт и расчеты, изменив угол падения.

11 Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 11.1

Таблица 11.1 – Результаты измерений и расчётов

№ опыта	Измерено		Рассчитано
	<i>AC, мм</i>	<i>BD, мм</i>	<i>n</i>
1			
2			

12 Сравните полученные результаты показателя преломления стекла с табличным (таблица 11.2).

Таблица 11.2 – Абсолютные показатели преломления некоторых веществ

Вещество	<i>n</i>	Вещество	<i>n</i>
Ацетон	1.36	Органическое стекло	1.50
Алмаз	2.42	Серная кислота	1.43
Каменная соль	1.54	Скипидар	1.47
Вода	1.33	Слюда	1.58
Глицерин	1.47	Стекло (обычное)	1.48 - 1.53
Лед	1.31	Стекло (оптическое)	1.47 - 2.04

13 Сформулируйте вывод.

14 Измерьте транспортиром углы α и β .

15 Определите по таблице Брадиса $\sin \alpha$, $\sin \beta$.

16 Вычислите показатель преломления стекла *n* по формуле 11.1

17 Оцените полученный результат. Сформулируйте вывод о точности способов.

Содержание отчета

1 Тема и цель лабораторного занятия.

2 Оборудование.

3 Рисунки экспериментов.

4 Таблица результатов измерений и расчетов.

5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.

6 Выводы о выполненной работе.

7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

1 Какие физические величины называют абсолютным и относительным показателями преломления? Запишите их формулы и определения. Что они характеризуют? Какой показатель преломления определялся в данной лабораторной работе?

2 Какое физическое явление называют полным внутренним отражением?

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулированы выводы.

2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №12 Определение фокусного расстояния рассеивающей линзы

Ссылка на видеоурок: <https://www.youtube.com/watch?v=9S3U6GzjoIM>

Раздел 5: Оптика.

Тема 5.1: Природа света.

Цель: измерить фокусное расстояние рассеивающей линзы с помощью системы из собирающей и рассеивающей линз.

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: рассеивающая линза, собирающая линза, источник света (лампа накаливания или светодиод), экран, линейка, штатив.

Теоретическая часть

Геометрическая оптика позволила обосновать законы отражения света и преломления света на границе между различными прозрачными веществами. В результате были объяснены свойства линз. Именно с изобретения линз началось практическое использование достижений оптики.

Линза - это прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими или криволинейными поверхностями, одна из которых может быть плоской.

Если линза в середине толще, чем у краев, она называется *выпуклой*, а если она в середине тоньше, чем у краев, то *вогнутой* (рисунок 12.1).

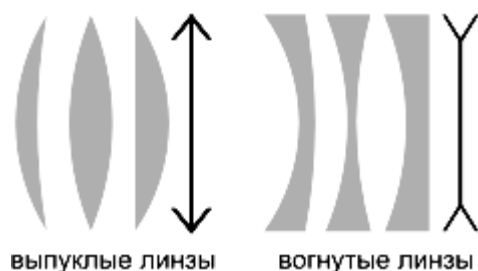


Рисунок 12.1

Тонкая линза - физическая модель линзы, в которой ее толщиной можно пренебречь по сравнению с диаметром линзы. Для таких линз приближенно можно считать, что вся линза лежит в одной плоскости, которая называется *плоскостью линзы*. Точка, в которой толщина линзы максимальна (для выпуклой линзы) или минимальна (для вогнутой линзы), называется *центром линзы*. Прямая, проходящая через центр линзы и перпендикулярная плоскости линзы, называется *главной оптической осью линзы* (рисунок 12.2).

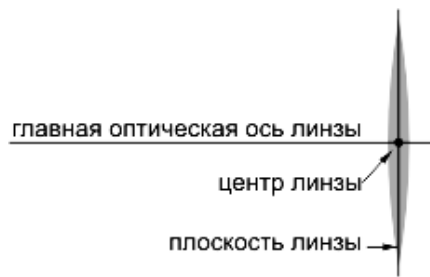


Рисунок 12.2

Если на *выпуклую линзу* падает параллельный пучок лучей, то после преломления в линзе он становится сходящимся: все преломленные лучи проходят через одну точку (рисунок 12.3). Поэтому такая линза называется *собирающей*. Точка, через которую после преломления в линзе проходят лучи, падающие на линзу параллельно главной оптической оси, называется *фокусом линзы* и обозначается F . Каждая линза имеет два фокуса, расположенные по разные стороны линзы на равных расстояниях от нее.

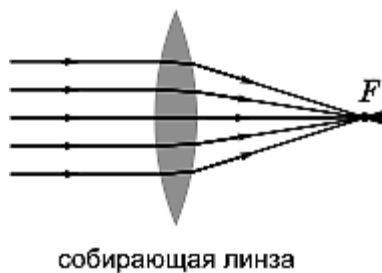


Рисунок 12.3

Если параллельный пучок лучей падает на *вогнутую линзу*, то после преломления в ней он становится расходящимся: преломленные лучи идут так, будто они исходят из одной точки, находящейся с той стороны линзы, откуда падает параллельный пучок лучей (рисунок 12.4). Поэтому такая линза называется *рассеивающей*. Рассеивающая линза также имеет два фокуса, расположенные по разные стороны линзы на равных расстояниях от нее.

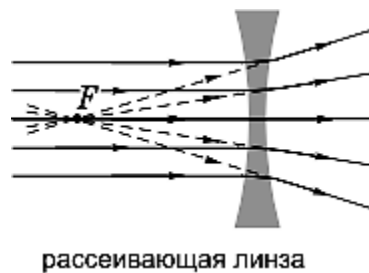


Рисунок 12.4

Если исходящие из точки лучи после преломления в линзе сходятся, точка их пересечения называется *действительным изображением* точки: если в этой точке поместить экран, мы увидим на нем изображение точки.

Если же лучи, идущие из точки, после преломления в линзе расходятся, то точка, в которой пересекаются их продолжения, называется *мнимым изображением* точки. Такое изображение нельзя увидеть на экране.

Собирающая линза может давать как *действительное*, так и *мнимое изображение* точки. Если точка находится от линзы на расстоянии, большем фокусного, ее изображение

будет действительным, а если точка находится от линзы на расстоянии, меньшем фокусного, то - мнимым.

Рассеивающая линза образует только *мнимое изображение*, которое нельзя получить на экране, и поэтому нельзя измерить расстояние от линзы до изображения.

Фокусное расстояние рассеивающей линзы можно определить, если использовать вторую собирающую линзу. Получив с помощью собирающей линзы действительное изображение S' источника света на экране, можно поставить между собирающей линзой и экраном рассеивающую линзу. Действительное изображение источника при этом смещается (рисунок 12.5). Новое положение изображения S'' можно найти перемещением экрана.

Используя *свойство обратимости* световых лучей, можно принять, что световые лучи выходят из точки S'' , а в точке S' получается изображение точки S'' (мнимое).

Обозначив расстояния от точек S'' и S' до рассеивающей линзы соответственно через d и f , запишем формулу тонкой линзы с учетом того, что изображение в точке S' является мнимым:

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{d} + \frac{1}{f}$$

Отсюда для фокусного

$$F = \frac{fd}{d-f}$$

Фокусное расстояние рассеивающей линзы будет отрицательным.

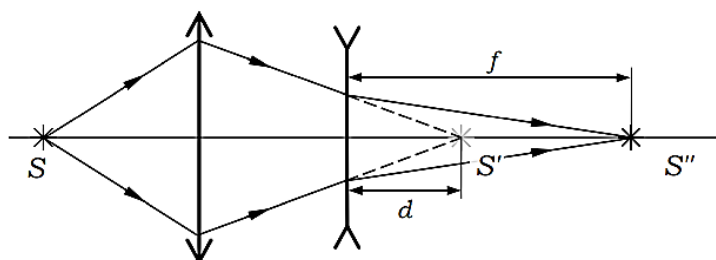


Рисунок 12.5

Порядок выполнения работы

- 1 Подготовьте бланк таблицы (таблица 12.1) для записи результатов измерений.
- 2 С помощью собирающей линзы получите на экране действительное изображение источника света.
- 3 Поставьте между собирающей линзой и экраном рассеивающую линзу. Измерьте расстояние f от экрана до рассеивающей линзы.
- 4 Отодвигая экран от рассеивающей линзы, вновь получите на экране четкое изображение источника света. Измерьте расстояние d от экрана до рассеивающей линзы.
- 5 Вычислите фокусное расстояние F' рассеивающей линзы по формуле 12.1.
- 6 Результаты измерений и вычислений занесите в отчетную таблицу.
- 7 Измените расстояние от источника света до собирающей линзы. Повторите действия, описанные в пунктах 3-6.
- 9 Найдите среднее значение фокусного расстояния по формуле:

$$(12.2) \quad F_{\text{ср}} = \frac{F' + F''}{2}$$

10 Считая, что абсолютная погрешность косвенных измерений фокусного расстояния рассеивающей линзы $\Delta F = 0,001$ м, запишите результат измерения фокусного расстояния рассеивающей линзы в стандартном виде с погрешностью:

$$F = F_{cp} \pm \Delta F \quad (12.3)$$

11 Вычислите среднее значение оптической силы линзы:

$$D_{cp} = 1/F_{cp} \quad (12.4)$$

12 Сформулируйте вывод.

Таблица 12.1 – Результаты измерений и расчётов

№ опыта	Измерено		Рассчитано		
	$d, м$	$f, м$	$F, м$	$F_{cp}, м$	$D_{cp}, дптр$
1					
2					

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунок эксперимента (12.5).
- 4 Таблица результатов измерений и расчетов.
- 5 Расчетная часть, содержащая формулы и расчет по ним.
- 6 Выводы о выполненной работе.
- 7 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Сформулируйте правило знаков для тонкой линзы.
Для собирающей линзы, действительных источника и изображения величины F, d, f считают _____;
для рассеивающей линзы, мнимых источника и изображения величины F, d, f считают _____.
Выводы: Линза с $F > 0$ является _____, а линза с $F < 0$ - _____.

2 Что такое увеличение линзы?

3 Охарактеризуйте изображение: мнимое или действительное, уменьшенное или увеличенное, прямое или перевернутое.

а) Когда мы пользуемся лупой для чтения мелкого шрифта в книге, мы видим изображение за линзой, т.е. с той стороны, где находятся буквы-источники изображения. При этом изображение букв _____

б) Взглянув в дверной глазок на гостя, мы видим его изображение _____

4 Как изменятся размер и яркость изображения, если закрыть чёрной бумагой верхнюю половину линзы?

Критерии оценивания лабораторной работы

1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, таблица, вычисления, сформулированы выводы.

2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Лабораторная работа №13 Изучение треков заряженных частиц

Ссылка на видеоурок: <https://www.youtube.com/watch?v=0huk-cFIUGw>

Раздел 7: Элементы квантовой физики.

Тема 7.3: Физика атомного ядра.

Цель: исследовать характер движения заряженных частиц (по готовым фотографиям).

Количество часов: 2

Материальное обеспечение: фотографии треков заряженных частиц, полученных в камере Вильсона, пузырьковой камере и фотоэмульсии.

Теоретическая часть

Принцип действия прибора для регистрации элементарных частиц: регистрирующий прибор - это более или менее сложная макроскопическая система, которая может находиться в неустойчивом состоянии. При небольшом возмущении, вызванном пролетающей частицей, начинается процесс перехода системы в новое, более устойчивое состояние, что позволяет регистрировать частицу. В зависимости от целей эксперимента и условий, в которых он проводится, применяются те или иные регистрирующие устройства, отличающиеся друг от друга по основным характеристикам: газоразрядный счетчик Гейгера, камера Вильсона, пузырьковая камера и др.

Камера Вильсона. В ней используется способность частиц больших энергий ионизировать атомы газа. Камера Вильсона представляет собой цилиндрический сосуд с поршнем. Верхняя часть цилиндра сделана из прозрачного материала, в камеру вводится небольшое количество воды или спирта, для чего снизу сосуд покрыт слоем влажного бархата или сукна. Внутри камеры образуется смесь пересыщенных паров и воздуха (рисунок 13.1).

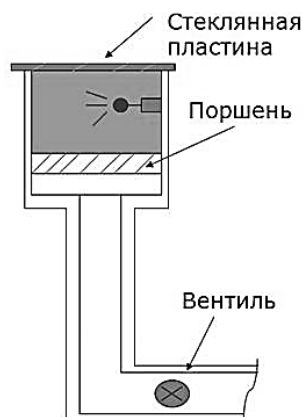


Рисунок 13.1

Если воздух очищен от пылинок, то конденсация пара в жидкость затруднена из-за отсутствия центров конденсации. Однако центрами конденсации могут служить и ионы. Поэтому если через камеру (впускают через окошко) пролетает заряженная частица, ионизирующая на своем пути молекулы, то на цепочке ионов происходит конденсация паров и траектория движения частицы внутри камеры благодаря осевшим маленьким капелькам жидкости становится видимой. Цепочка образовавшихся капель жидкости образует *трек частицы* – видимый след пролетевшей частицы.

Вид трека на фотоснимке часто позволяет судить о природе частицы и величине ее энергии. Так, α -частицы оставляют сравнительно толстый сплошной след, протоны - более тонкий, а электроны — пунктирный (рисунок 13.2).

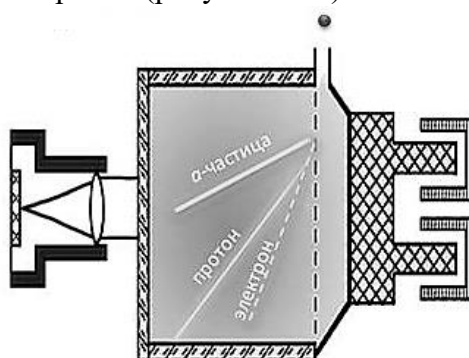


Рисунок 13.2

Русские физики Капица и Скобельцын предложили размещать камеру в магнитном поле, под действием которого траектории частиц искривляются в ту или иную сторону в зависимости от знака заряда. По радиусу кривизны траектории и интенсивности треков определяют энергию и массу частицы.

Одной из разновидностей камеры Вильсона является изобретенная в 1952 году *пузырьковая камера* (рисунок 13.3). Она действует примерно по тому же принципу, что и камера Вильсона, но вместо пересыщенного пара в ней используется перегретая выше точки кипения жидкость (например, жидкий водород). Рабочий объем в пузырьковой камере заполнен жидкостью под высоким давлением, предохраняющим ее от закипания несмотря на то, что температура жидкости выше температуры кипения при атмосферном давлении. При резком понижении давления жидкость оказывается перегретой и в течение небольшого времени находится в неустойчивом состоянии. Если через такую жидкость пролетит заряженная частица, то вдоль ее траектории жидкость закипит, поскольку образовавшиеся в жидкости ионы служат центрами парообразования. При этом траектория частицы отмечается цепочкой пузырьков пара, т.е. делается видимой.

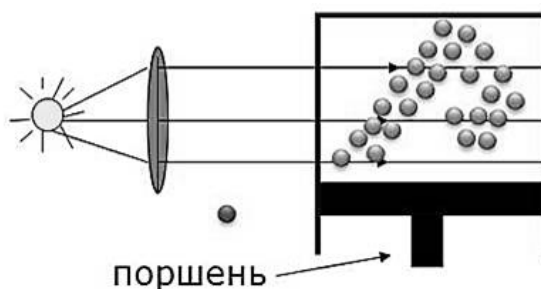


Рисунок 13.3

Еще одним методом регистрации заряженных частиц служит так называемый метод фотоэмульсий, разработанный Мысовским и Ждановым в 1939 году. Он основан на использовании почернения фотографического слоя под действием проходящих через фотоэмульсию быстрых заряженных частиц. Такая частица вызывает распад молекул бромистого серебра на ионы серебра и брома и почернение фотоэмульсий вдоль траектории движения, образуя скрытое изображение.

По длине и толщине трека судят об энергии и массе частицы.

- длина трека тем больше, чем больше энергия частицы (и чем меньше плотность среды);
- толщина трека тем больше заряд частицы и чем меньше её скорость;
- при движении заряженной частицы в магнитном поле трек её получается искривленным, причем радиус кривизны трека тем больше, чем больше масса и скорость частицы и чем меньше её заряд и модуль индукции магнитного поля;
- так как скорость частицы к концу пробега уменьшается, то уменьшается и радиус кривизны трека. По изменению радиуса кривизны можно определить направление движение частицы, начало ее движения там, где кривизна трека меньше (радиус уменьшается так как из-за сопротивления среды уменьшается скорость частицы);
- измерив, радиус кривизны трека и зная другие величины, можно вычислить для частицы отношение ее заряда к массе.

Порядок выполнения работы

1 На двух из трех представленных фотографий (рисунки 13.1, 13.2, 13.3) изображены треки частиц, движущихся в магнитном поле. Укажите на каких. Ответ обоснуйте.

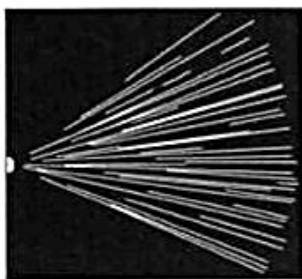


Рисунок 13.1

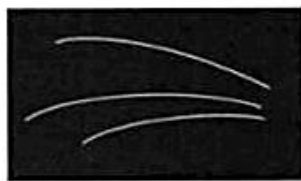


Рисунок 13.1

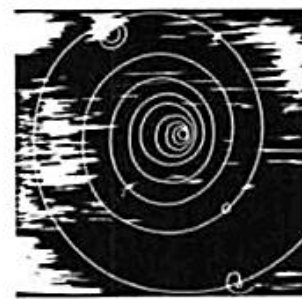


Рисунок 13.1

2 Рассмотрите фотографию треков α -частиц, двигавшихся в камере Вильсона (рисунок 13.1), и ответьте на вопросы:

- а) В каком направлении двигались α -частицы?
- б) Длина треков α -частиц примерно одинакова. О чем это говорит?
- в) Как менялась толщина трека по мере движения α -частиц? Что из этого следует?

3 На рисунке 13.2 дана фотография треков α -частиц в камере Вильсона, находившейся в магнитном поле. Определите по этой фотографии:

- а) Почему менялись радиус кривизны и толщина треков по мере движения α -частиц?
- б) В какую сторону двигались α -частицы?

4 На рисунке 13.3 дана фотография трека электрона в пузырьковой камере, находившейся в магнитном поле. Определите по этой фотографии:

- а) Почему трек имеет форму спирали?
- б) В каком направлении двигался электрон?
- в) Что могло послужить причиной того, что трек электрона на рисунке 13.3 гораздо длиннее треков α -частиц на рисунке 13.2?

5 Сформулируйте общий вывод.

Содержание отчета

- 1 Тема и цель лабораторного занятия.
- 2 Оборудование.
- 3 Рисунки треков заряженных частиц.
- 4 Вывод о выполненной работе.
- 5 Ответы на контрольные вопросы.

Контрольные вопросы

- 1 Почему треки ядер атомов имеют разную толщину?
- 2 Чем отличаются треки частиц, полученные в фотоэмульсии, от треков частиц в камере Вильсона и пузырьковой камере?
- 3 Перечислите известные вам три косвенных метода исследования ядра.
- 4 Какие параметры частиц определяют по длине и толщине треков в камере Вильсона?
- 5 Можно ли с помощью камеры Вильсона регистрировать незаряженные частицы?

Критерии оценивания лабораторной работы

- 1 В отчете правильно и аккуратно выполнены все записи, рисунки, анализ треков заряженных частиц, сформулирован вывод.
- 2 Ответы на контрольные вопросы правильные, в полном объеме.

Общие критерии оценивания лабораторных занятий

Оценка «5» ставится, если обучающийся выполняет лабораторную работу в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерений; в отчете правильно и аккуратно выполняет все записи, таблицы, рисунки, чертежи, графики, вычисления; грамотно формулирует выводы о проделанной работе; в полном объеме и правильно отвечает на контрольные вопросы.

Оценка «4» ставится, если выполнены требования к оценке «5», но было допущено два - три недочета, не более одной негрубой ошибки и одного недочёта.

Оценка «3» ставится, если работа выполнена не полностью, но объем выполненной части таков, что позволяет получить правильные результаты и выводы: если в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки; отчет оформлен не в полном объеме, ответы на контрольные вопросы с ошибками.

Оценка «2» ставится, если работа выполнена не полностью и объем выполненной части работы не позволяет сделать правильных выводов: если опыты, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно.

Список источников и литературы

Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основная литература:

1. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.Ф. Дмитриева. — 5-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2018. — 448 с.
2. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля. Сборник задач: учеб. Пособие для студ. Учреждений сред. Проф. Образования / В.Ф. Дмитриева. — 3-е изд., стер. — М. : Издательский центр «Академия», 2018. — 256 с.
3. Дмитриева В.Ф., Васильев Л.И. Физика для профессий и специальностей технического профиля. Контрольные материалы: учеб. пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.Ф. Дмитриева, Л. И. Васильев. — М. : Издательский центр «Академия», 2019. — 112 с.
4. Дмитриева В.Ф. Физика для профессий и специальностей технического профиля. Лабораторный практикум: учеб. пособие для студентов профессиональных образовательных организаций, осваивающих профессии и специальности СПО. — М., 2019
5. Трофимова Т.И. Теория, решение задач, лексикон: справочник.-М.:КноРус, 2020
6. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Курс физики с примерами решений задач. В 2-х т.- М.:КноРус, 2020

Дополнительные источники:

1. Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» (в ред. от 25.06.2012, с изм. от 05.03.2013)
2. Дмитриева В.Ф., Васильев Л.И. Физика для профессий и специальностей технического профиля: методические рекомендации: метод. Пособие. — М., 2010.
3. Дмитриева Е.И. Физика в примерах и задачах.-М.:ФОРУМ, 2008
4. Мякишев Г.Я. Физика 10-11 кл.-М.: Просвещение, 2014
5. Пинский, А.А. Физика: учеб. для спо/ А.А.Пинский, Г.Ю. Граковский.- 2-е изд., исправ. -М.: ИНФРА-М, 2008
6. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Сборник задач: учеб. пособие для студентов профессиональных образовательных организаций, осваивающих профессии и специальности СПО. — М., 2017
7. Трофимова Т.И., Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: Решения задач: учеб. пособие для студентов профессиональных образовательных организаций, осваивающих профессии и специальности СПО. — М., 2016
8. Трофимова Т.И. Краткий курс физики с примерами решений задач: учебное пособие.- М.:КноРус, 2021
9. Фирсов А.В. Физика для профессий и специальностей технического и естественно-научного профилей: учебник для студентов профессиональных образовательных организаций, осваивающих профессии и специальности СПО/под ред. Т.И. Трофимовой. — М., 2017

Интернет-ресурсы:

1. www.fcior.edu.ru (Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов).

2. www.dic.academic.ru (Академик. Словари и энциклопедии).
3. www.booksgid.com (BooksGid. Электронная библиотека).
4. www.globalteka.ru (Глобалтека. Глобальная библиотека научных ресурсов).
5. www.window.edu.ru (Единое окно доступа к образовательным ресурсам).
6. www.st-books.ru (Лучшая учебная литература).
7. www.school.edu.ru (Российский образовательный портал. Доступность, качество, эффективность).
8. www.ru/book (Электронная библиотечная система).
9. www.alleng.ru/edu/phys.htm (Образовательные ресурсы Интернета — Физика).
10. www.school-collection.edu.ru (Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов).
<https://fiz.1september.ru> (учебно-методическая газета «Физика»).
11. www.n-t.ru/nl/fz (Нобелевские лауреаты по физике).
12. www.nuclphys.sinp.msu.ru (Ядерная физика в Интернете).
13. www.college.ru/fizika (Подготовка к ЕГЭ). www.kvant.mcsme.ru (научно-популярный физико-математический журнал «Квант»).
14. www.yos.ru/natural-sciences/html (естественно-научный журнал для молодежи «Путь в науку»).

