

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
(национальный исследовательский университет)»
ИНСТИТУТ СПОРТА, ТУРИЗМА И СЕРВИСА
МНОГОПРОФИЛЬНЫЙ КОЛЛЕДЖ
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ
учебной дисциплины
О.1.11 ФИЗИКА
для студентов специальности
15.02.16 Технология машиностроения

Челябинск 2024

ОДОБРЕНО

на заседании ЦМК

Председатель ЦМК

_____ А.И. Носачева

Протокол № 1 от 27 августа 2024 г.

Разработчик:

преподаватель Политехнического отделения Многопрофильного колледжа

_____ /И.В. Панова/

Методические указания по выполнению лабораторных работ разработаны на основе рабочей программы учебной дисциплины О.1.11 Физика.

Содержание лабораторных работ ориентировано на подготовку студентов к освоению учебной дисциплины основной профессиональной образовательной программы по специальности 15.02.16 Технология машиностроения и овладению общими и профессиональными компетенциями.

Введение.....	6
----------------------	----------

1. Лабораторная работа №1 «Определение плотности твёрдого тела правильной геометрической формы»	10
2. Лабораторная работа №2 «Изучение движения тела, брошенного горизонтально»	14
3. Лабораторная работа №3 «Исследование движения тела под действием постоянной силы» ..	17
4. Лабораторная работа №4 «Исследование зависимости силы трения от веса тела»	19
5. Лабораторная работа №5 «Изучение закона сохранения импульса»	23
6. Лабораторная работа №6 «Изучение изотермического и изобарного процесса в газе»	27
7. Лабораторная работа №7 «Определение удельной теплоёмкости вещества»	33
8. Лабораторная работа №8 «Измерение относительной влажности воздуха»	36
9. Лабораторная работа №9 «Измерение поверхностного натяжения жидкости»	41
10. Лабораторная работа №10 «Наблюдение роста кристаллов из раствора»	47
11. Лабораторная работа №11 «Определение удельной теплоты плавления льда»	49
12. Лабораторная работа №12 «Определение удельного сопротивления проводника»	52
13. Лабораторная работа №13 «Изучение закона Ома для участка цепи»	55
14. Лабораторная работа №14 «Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока» ..	58
15. Лабораторная работа №15 «Определение термического(температурного) коэффициента сопротивления меди»	62
16. Лабораторная работа №16 «Исследование зависимости мощности лампочки от напряжения на её зажимах»	65
17. Лабораторная работа №17 «Определение электрохимического эквивалента меди»	68
18. Лабораторная работа №18 «Исследование зависимости силы тока от электрической емкости конденсатора в цепи переменного тока»	71
19. Лабораторная работа №19 «Изучение явления электромагнитной индукции»	73
20. Лабораторная работа №20 «Измерение индуктивности катушки»	78

21. Лабораторная работа №21 «Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити»	81
22. Лабораторная работа №22 «Определение длины световой волны»	84
23. Лабораторная работа №23 «Определение коэффициента преломления стекла»	87
24. Лабораторная работа № 24 «Наблюдение интерференции и дифракции»	90
25. Лабораторная работа №25 «Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям»	93

ВВЕДЕНИЕ

Система среднего профессионального образования ставит перед собой задачу подготовки обучающихся к жизни в обществе, которая включает в себя формирование у них практических умений и навыков.

Выполнение студентами лабораторных работ по учебной дисциплине «Физика» направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление, развитие и детализацию полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- формирование и развитие умений: наблюдать, сравнивать, сопоставлять, анализировать, делать выводы и обобщения, самостоятельно вести исследования, пользоваться различными приемами измерений, оформлять результаты в виде таблиц, схем, графиков;

Методические указания содержат:

- Теоретический материал для актуализации знаний по теме лабораторных работ;
- Задания для выполнения лабораторных работ, алгоритм и указание по его выполнению;
- Требования к содержанию отчета по лабораторной работе
- Контрольные вопросы для самопроверки и закрепления знаний и умений. Каждая лабораторная работа рассчитана на 2 часа аудиторных занятий.

Обучающиеся выполняют лабораторные работы по графику, имеющемуся в аудитории.

Каждому занятию предшествует предварительная подготовка обучающегося, которая включает в себя:

- а) ознакомление с содержанием лабораторной работы по методическим указаниям к ней;
- б) проработку теоретической части по учебникам;
- в) составление бланка отчета по лабораторной работе в соответствии со стандартом «Выполнение и оформление отчетов по лабораторным работам».

«Отчет» должен содержать:

- 1) название лабораторной работы;
- 2) цель;
- 3) задачу;
- 4) приборы и принадлежности;
- 5) таблицу для занесения метрологических характеристик измерительных приборов;
- 6) теоретическую часть (основные понятия и законы);
- 7) описание метода измерений и установки;
- 8) таблицы для записи в них результатов измерений;
- 9) обработкой результатов всех прямых и косвенных измерений;
- 10) расчетом искомых величин в единицах СИ;
- 11) графиками (если это необходимо);
- 12) выводами;
- 13) контрольными вопросами.

Теоретическая часть должна быть краткой, занимать не более листа. Она должна содержать основные положения, законы, лежащие в основе изучаемого физического явления, и рабочую формулу (без вывода) с расшифровкой всех буквенных обозначений.

Обучающийся должен помнить, что методические указания к лабораторным работам являются только основой для их выполнения. Теоретическую подготовку к каждой

лабораторной работе необходимо осуществлять с помощью учебной литературы.

К выполнению новой (следующей) работы допускаются обучающиеся, сдавшие отчет по предыдущей лабораторной работе и успешно прошедшие собеседование с преподавателем. Формальным признаком готовности обучающегося к занятию является наличие у него «отчета» по предстоящей работе.

Для получения допуска обучающийся должен показать усвоение им метода определения искомых физических величин, понимание исследуемых в работе физических явлений, уяснение физического смысла основных величин.

Обучающиеся, получившие допуск, приступают к выполнению лабораторной работы. В лаборатории необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. В ходе занятия запрещается заниматься посторонними делами, подходить к другим установкам и мешать выполнению работ студентами. Обучающиеся могут работать бригадами. Отчет у каждого должен быть индивидуальным. Не сделанные без уважительной причины работы выполняются с разрешения преподавателя в специально отведенное время.

Первый этап практической части работы – ознакомление с предложенными инструментами, приборами и аппаратурой. При этом особое внимание уделяется определению метрологических характеристик измерительных приборов, в которые входят: диапазон измерений, цена делений, класс точности (для стрелочных электроизмерительных приборов), погрешность измерений. Эти характеристики, выраженные в тех единицах, в которых снимаются показания с приборов, заносятся в метрологическую таблицу.

Следующий этап выполнения работы – сборка, монтаж, наладка экспериментальной установки (если это необходимо). Монтаж установки, выполненный обучающимися, должен быть проверен преподавателем или лаборантом. Только после этой проверки обучающийся приступает к самостоятельному выполнению работы. При первых наблюдениях никаких отсчетов и записей производить не следует. Лишь после того, как обучающийся несколько раз проследит явление, научится управлять установкой и проведет так называемые «прицелочные измерения».

Результаты измерений в тех единицах, в которых снимаются показания приборов (это – не обязательно единицы СИ), заносятся в таблицу, представленную в методических указаниях или составленную обучающимися. При этом в таблицу записываются обозначения и единицы измерения каждой физической величины. Полученные результаты представляются преподавателю. Затем с разрешения преподавателя нужно выключить установку.

По окончании практической части работы обучающийся завершает оформление отчета по лабораторной работе. Для этого «полуотчет», оформленный при подготовке к занятию, дополняется следующим содержанием:

Для того чтобы отчет был четким и аккуратным, обучающийся должен иметь рабочую (черновую) тетрадь, в которой проводится расчет искомых физических величин, погрешностей измерений и т.д. Все этапы этих расчетов необходимо кратко отразить в отчете.

Выводы отчета должны опираться на анализ выявленных в работе закономерностей, связей между различными физическими величинами, сравнение полученных результатов с теоретическими и табличными.

В конце занятия полностью оформленный отчет по лабораторной работе сдается преподавателю. Перенос оформления отчета на дом делается в исключительных случаях.

Защита лабораторной работы проводится на следующем занятии и включает в себя такие элементы, как:

- а) собеседование по экспериментальной части работы;
- б) обсуждение результатов выполнения работы;
- в) ответы обучающихся на контрольные вопросы, имеющиеся в методических указаниях к лабораторным работам.

Возможны ситуации, когда на лабораторном занятии обучающиеся работают по темам,

которые еще не освещались в лекциях и не изучались на практических занятиях. В связи с этим важна и ответственна роль учебников, учебных пособий и справочной литературы, которые должны иметь обучающиеся на занятиях.

По окончании занятия обучающиеся приводят в порядок рабочие места, а принадлежности к лабораторной работе

Содержание лабораторных работ ориентировано на подготовку студента и формированию общих 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 Использовать информационно-коммуникативные технологии в профессиональной деятельности;

ОК 5 Работать в команде, эффективно общаться с коллегами, руководством.

ОК 6 Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных российских духовно-нравственных ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения.

ОК 7 Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях

ПК 3.2. Выбирать оборудование, инструмент и оснастку для осуществления сборки изделий

Главное назначение лабораторных занятий по физике – приобретение обучающимися необходимых умений и навыков в проведении физического эксперимента. При этом обучающиеся должны проверить основные физические закономерности явлений, познакомиться с методами измерений и правилами обработки результатов измерений, научиться обращению с современной научной аппаратурой.

ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ

1 К проведению работ практикума по физике допускаются студенты, прошедшие инструктаж по охране труда.

2 Опасные факторы:

- Поражение электрическим током при работе на электроприборах;
- Термические ожоги при нагревании жидкостей и различных физических тел;
- порезы рук при небрежном обращении с лабораторной посудой и приборами из стекла;
- Разлив ртути при поломке термометра;
- Разлив токсичных жидкостей (медный купорос, щелочь) при небрежном обращении с аккумуляторами и электрохимической ванной;
- Возникновение пожара при неаккуратном обращении с легко воспламеняемыми и горючими жидкостями.

При получении студентами травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить об этом администрации колледжа и родителям пострадавшего, при необходимости отправить его в лечебное учреждение.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПЕРЕД НАЧАЛОМ РАБОТЫ

- 3 Подготовить рабочее место к работе, убрать посторонние предметы. Сумки, пакеты оставить при входе в лабораторию. При себе иметь ручку, линейку, карандаш, калькулятор, рабочую тетрадь. Приборы и оборудование разместить таким образом, чтобы исключить их падение и опрокидывание.
- 4 Внимательно изучить содержание и порядок выполнения работы, а также безопасные приемы ее выполнения.
- 5 Проверить целостность приборов из стекла и лабораторной посуды. Если на рабочем месте недостает приборов указанных в инструкции к данной работе или они повреждены – поставить в известность дежурного, лаборанта или преподавателя.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ВО ВРЕМЯ РАБОТЫ

- 6 Следовать тому порядку выполнения работ, который указан в инструкции, если возникают сомнения в порядке и целесообразности действий лучше всего разрешить их с помощью преподавателя.
- 7 В работах где приходится использовать пар или кипящую воду надо быть особенно осторожным чтобы не получить ожоги схватившись за нагретый цилиндр или трубку с паром.
- 8 При пользовании термометром следует убирать его в футляр сразу по окончанию измерения. Футляр с термометром укладывать на стол таким образом, чтобы не допустить случайного скатывания.
- 9 При сборке электрической схемы использовать провода с наконечниками, без видимых повреждений изоляции, избегать пересечения проводов, источник тока подключать в последнюю очередь. Собранную электрическую схему включать под напряжение ***только после проверки ее преподавателем или лаборантом!***
- 10 Не прикасаться к находящимся под напряжением элементам цепи, к корпусам стационарного электрооборудования, к зажимам конденсаторов, не производить переключения в цепях до отключения источника тока. Наличие напряжения в цепи проверять только приборами.
- 11 Не допускать предельных нагрузок («зашкаливания») измерительных приборов.
- 12 Не оставлять без надзора включенные электрические устройства.

ТРЕБОВАНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ В АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

- 13 При обнаружении неисправности в работе электрических устройств, находящихся под напряжением, повышенном их нагревании, появлении искрения, запаха горелой изоляции и т.д. немедленно отключить электропитание и сообщить об этом преподавателю.
- 14 В случае если разбилась лабораторная посуда или приборы из стекла, не собирать их осколки незащищенными руками, а использовать для этой цели щетку и совок.
- 15 При разливе легко воспламеняющейся жидкости и ее загорании немедленно сообщить об этом преподавателю.
- 16 Если разбился ртутный термометр, немедленно сообщите об этом преподавателю – он знает что надо делать.
- 17 При получении травмы оказать первую помощь пострадавшему, сообщить об этом администрации колледжа, при необходимости отправить пострадавшего в ближайшее лечебное учреждение.

ТРЕБОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПО ОКОНЧАНИИ РАБОТЫ

- 17.1 Отключить источник тока и используемые в данной работе электроприборы. В некоторых работах разобрать электрическую схему.
- 17.2 Разборку установки для нагревания жидкости производить после ее остывания.
- 17.3 Привести в порядок рабочее место. Показать дежурному своей подгруппы порядок на месте работы и комплектность оборудования. В случае поломки оборудования сообщить преподавателю или лаборанту кабинета.

Лабораторная работа №1 по теме:

«Определение плотности твёрдого тела правильной геометрической формы»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности понятия плотность тела, масса, объем.
2. Совершенствовать практические навыки использования рычажных весов и штангенциркуля.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия массы,
- понятия плотности,
- понятия объема.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять массу тела с помощью рычажных весов;
- приводить примеры практического использования плотности в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Определение плотности твёрдого тела правильной геометрической формы»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- рычажные весы;
- разновесы;
- штангенциркуль;
- тело правильной геометрической формы;
- линейка.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В физике плотностью вещества называют массу этого вещества, содержащуюся в единице объёма при нормальных условиях. Тела одинакового объёма, изготовленные из различных веществ, обладают различной массой, что и характеризует их плотность. К примеру, два куба одинаковых размеров, изготовленные из чугуна и алюминия, будут отличаться плотностью.

Чтобы вычислить плотность какого-либо тела, нужно точно определить его массу и разделить её на точный объем этого тела. кг/м^3 единицы измерения плотности в международной системе единиц (СИ)

Выведем формулу вычисления плотности.

$$\text{ПЛОТНОСТЬ} = \frac{\text{масса}}{\text{объём}} \quad \rho = \frac{m}{V}$$

Для примера определим плотность бетона. Возьмём бетонный кубик весом 2,3 кг со стороной 10 см. Подсчитаем объём кубика.

$$\frac{2,3 \text{ кг}}{0,001 \text{ м}^3} = 2\,300 \text{ кг/м}^3$$

Подставляем данные в формулу.

$$V = (10 \text{ см})^3 = 1000 \text{ см}^3 = 0,001 \text{ м}^3$$

Получаем плотность 2 300 кг/м³



Бетонный куб со стороной 10 см

От чего зависит плотность вещества

Плотность вещества зависит от температуры. Так в подавляющем большинстве случаев при снижении температуры плотность увеличивается. Исключение составляют вода, чугун, бронза и некоторые другие вещества, которые в определённом температурном диапазоне проявляют себя иначе. Вода, например, имеет максимальную плотность при 4 °С. При повышении или понижении температуры плотность будет уменьшаться.

Плотность вещества меняется и при изменении его агрегатного состояния. Она скачкообразно растёт при переходе вещества из газообразного в жидкое состояние, и далее — в твёрдое. Здесь также есть исключения: плотность воды, висмута, кремния и некоторых других веществ снижается при затвердевании.

Чем измеряется плотность вещества

Для измерения плотности различных веществ применяются специальные приборы и приспособления. Так, плотность жидкостей и концентрация растворов измеряется различными ареометрами. Несколько разновидностей пикнометров предназначены для измерения плотности твёрдых тел, жидкостей и газов.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Измерить линейные размеры тела с точностью до 0,1 мм.
2. Вычислить объём тела с точностью до 0,1 см³

$$V = a \cdot b \cdot h \quad V = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot h$$

3. Определите массу тела путём взвешивания с точностью до 0,1 г.
4. Вычислить плотность вещества по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

/ с точностью до 0,1 $\frac{\text{г}}{\text{см}^3}$ и выразить в системе “СИ” / $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$

5. Вычислить абсолютную и относительную погрешности, сравнив результаты опытов с табличным значением плотности.

$$\Delta \rho_{\text{абс}} = \rho_{\text{табл.}} - \rho_{\text{опыта}}; \quad \text{отн. } \delta_{\rho} = \frac{\Delta \rho}{\rho_{\text{табл.}}} \cdot 100\%$$

6. Все результаты измерений и опытов занести в таблицу: / расчёты сделать под таблицей
7. Сделайте вывод

Состав В-ва	Длина a см	Ширина b см	Высота h см	Диаметр d см	Объём V _з см ³	Масса m г	Плот ность ρ кг/м ³	Погрешности: Абсолютная Относительная $\Delta \rho = \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ $\delta \rho \%$
Брусok ()								
Цилиндр ()								

Контрольные вопросы:

1. Как определить объем тела неправильной геометрической формы, если оно в воде не тонет?
2. Как определить объем тела неправильной геометрической формы, если оно растворяется в воде?

Лабораторная работа №2 по теме:

«Изучение движения тела, брошенного горизонтально»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности понятия скорость, система отсчета.
2. Совершенствовать практические навыки при измерении скорости тела, брошенного горизонтально.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия скорости,
- дальность полета,
- система координат.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерить начальную скорость тела, брошенного горизонтально;
- приводить примеры практического использования скорости в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Изучение движения тела, брошенного горизонтально»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- изогнутый желоб;
- металлический шарик;
- лист бумаги;
- измерительная лента.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

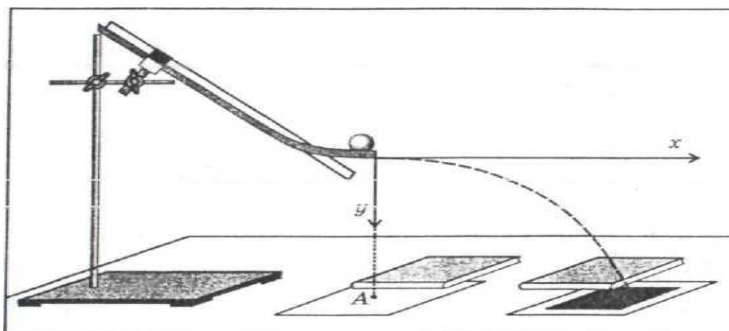


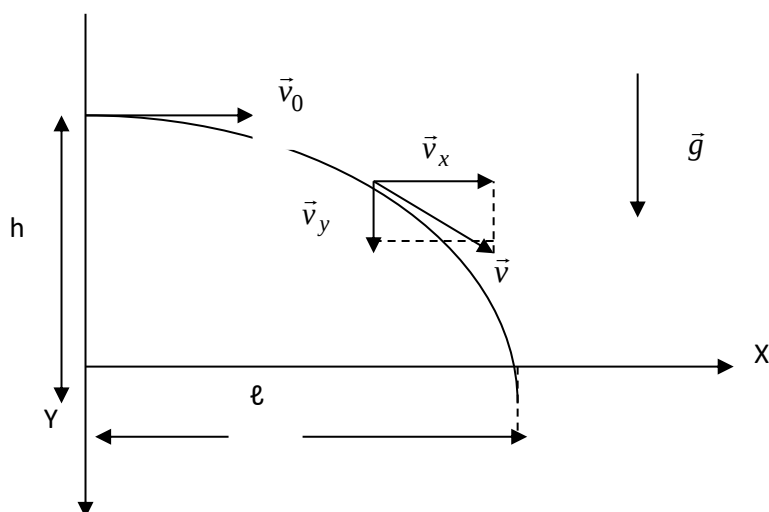
Рисунок1. Схема установка

Шарик скатывается по изогнутому желобу, нижняя часть которого горизонтальна. После отрыва от желоба шарик движется по параболе, вершина которой находится в точке отрыва шарика от желоба. Выберем систему координат, как показано на рисунке. Начальная высота шарика h и дальность полета /

связаны соотношением $H \equiv \frac{gt^2}{2_0}$. Согласно этой формуле при уменьшении

начальной высоты в 4 раза дальность полета уменьшается в 2 раза. Измерив h и можно найти скорость шарика в момент отрыва от желоба

Движение тела, брошенного горизонтально



Данное движение результат двух независимых движений: горизонтального равномерного движения и вертикального равноускоренного движения.

$$\begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = gt \end{cases} \quad \begin{cases} x = v_x t = v_0 t \\ y = \frac{gt^2}{2} \end{cases}$$

1. Высота подъема: $h = \frac{gt^2}{2}$

2. Время падения: $t = \sqrt{\frac{2h}{g}}$

3. Дальность полета: $\ell = x = v_0 t = v_0 \sqrt{\frac{2h}{g}}$

4. Скорость тела в произвольной точке траектории: $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} = \sqrt{v_0^2 + g^2 t^2}$

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Соберите установку, изображенную на рисунке. Нижний участок желоба должен быть горизонтальным, а расстояние h от нижнего края желоба до стола должно быть равным 40 см. Лапки зажима должны быть расположены вблизи верхнего конца желоба.

2. Положите под желобом лист бумаги. Отметьте на этом листе с помощью отвеса точку A , находящуюся на одной вертикали с нижним концом желоба.

3. Поместите в желоб шарик так, чтобы он касался зажима, и отпустите шарик без толчка. Заметьте (примерно) место на столе, куда попадает шарик, скатившись с желоба и пролетев по воздуху.

4. Снова поместите в желоб шарик так, чтобы он касался зажима, и отпустите без толчка. Повторите этот опыт 3 раза, следя за тем, чтобы лист не сдвигался. Отмечайте точки падения.

5. Измерьте расстояние l от средней отмеченной точки до точки A

6. Повторите пункты 1-5, опустив желоб так, чтобы расстояние от нижнего края желоба до стола было равно 10 см (начальная высота). Измерьте соответствующее значение дальности полета и вычислите отношения h_1 / h_2 и l_1 / l_2

7. Результаты измерений и вычислений запишите в таблицу:

№	h , м	l , м	h_1 / h_2	l_1 / l_2
1				
2				

8. По результатам первого и второго опыта вычислите значение

$$H = l / \sqrt{\frac{2h}{g}}$$

9. Сделайте вывод

Контрольные вопросы:

1. Основная задача механики?
2. Что называют механическим движением?
3. Дать определение: материальная точка, траектория, перемещение.

Лабораторная работа №3 по теме:

«Исследование движения тела под действием постоянной силы»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности понятия ускорение.
2. Совершенствовать практические навыки при измерении параметров равноускоренного движения.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия скорости,
- силы,
- ускорения.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- оказать, что движение тела равноускоренное
- вычислить ускорение тела
- приводить примеры практического использования ускорения и силы в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Исследование движения тела под действием постоянной силы»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- направляющая рейка;
- движущееся тело;
- секундомер;
- линейка;
- указатель для снятия показаний.

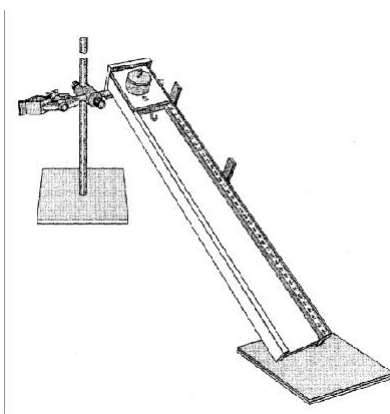


Рисунок 1. Схема установки

На тело действуют три силы: сила тяжести, сила трения, сила реакции опоры. Если геометрическая сумма сил больше нуля, то тело движется с ускорением.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

- 1) Установить направляющую рейку под углом около 30 градусов.

- 2) Установить указатель снятия показаний.
- 3) Измерить с помощью линейки длину направляющей рейки и расстояние до указателя. Это будет перемещение тела. Записать данные в таблицу.
- 4) Установить автомобиль на рейку.
- 5) Отпустить тело, с помощью секундомера определить время движения тела до указателя.
- 6) Опыт повторить 3 раза, увеличивая положение указателя.
- 7) Результаты измерений записать в таблицу.

№	S, м	t, с	t _{ср} , с	a, м/с ²	a _{ср} , м/с ²	δ, %	Δa, м/с ²
1							
2							
3							

Обработка результатов:

- 1) При движении с ускорением, если начальная скорость равна нулю, $S = at^2/2$.
- 2) По результатам опытов вычислить ускорение $a = 2S/t^2$
- 3) Результаты занести в таблицу.
- 4) Вычислить максимальную относительную погрешность δ и абсолютную погрешности Δa .
 $\Delta a = a_{ср} - a$
 $\delta = (\Delta a_{ср} / a) * 100 \%$
- 5) Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте второй закон Ньютона.
2. Назовите единицу силы.
3. Что такое сила?
4. Какое движение называют равноускоренным?

**Лабораторная работа №4 по теме:
«Исследование зависимости силы трения от веса тела»**

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности понятия силы трения, о величинах, влияющих на значение силы трения.
2. Совершенствовать практические навыки использования динамометра.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия массы,
- силы,
- законы Ньютона.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять силу трения и вес с помощью динамометра;
- приводить примеры практического использования силы трения в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Исследование зависимости силы трения от веса тела»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- деревянный брусок;
- набор грузов;
- динамометр;
- деревянная линейка.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Трение - взаимодействие соприкасающихся тел, препятствующее их относительному перемещению. Различают три вида трения:

1. **Трение покоя** - трение при отсутствии относительного движения соприкасающихся тел. Эту силу необходимо преодолеть для того, чтобы привести два контактирующих тела в движение друг относительно друга.

2. **Трение скольжения** - трение при относительном скольжении соприкасающихся тел.

3. **Трение качения** - трение между опорой и катящимся по ней телом. При одинаковой нагрузке сила трения качения значительно меньше силы трения скольжения. Поэтому для уменьшения сил трения в технике применяются колеса, шариковые и роликовые подшипники.

Все виды трения характеризуются силами, которые называются силами трения. **Сила трения** - сила, возникающая при соприкосновении поверхностей тел, препятствующая их относительному перемещению, направленная вдоль поверхности их соприкосновения. Сила трения зависит от материалов трущихся поверхностей, от веса тела, от скорости относительного движения и не зависит от площади соприкосновения тела с поверхностью. Сила трения скольжения пропорциональна силе нормального давления и, следовательно, силе реакции опоры:

$$F_{\text{тр}} = \mu N, \quad (1)$$

где μ - коэффициент трения скольжения; N- сила реакции опоры, Н.

Коэффициент трения скольжения из формулы (1) равен:

$$\mu = \frac{F_{тр}}{N}$$

Наличие трения обеспечивает возможность перемещаться по поверхности. Так, при ходьбе именно за счёт трения происходит сцепление подошвы с полом, в результате чего происходит отталкивание от пола и движение вперёд. Точно так же обеспечивается сцепление колёс автомобиля с поверхностью дороги. В частности, для увеличения величины этого сцепления разрабатываются специальные типы резины для покрышек, а на гоночные болиды устанавливаются антикрылья, сильнее прижимающие машину к трассе. В большинстве традиционных механизмов (ДВС, автомобили, зубчатые шестерни и пр.) трение играет отрицательную роль, уменьшая КПД механизма. Для уменьшения силы трения используются различные натуральные и синтетические масла и смазки.

Силу трения можно определить с помощью динамометра при равномерном перемещении бруска с грузами по деревянной линейке (рис.1). При равномерном движении бруска его ускорение равно нулю, следовательно, согласно второму закону Ньютона геометрическая сумма сил, действующих на брусок в этом случае, также равна нулю. Это означает, что сила трения скольжения уравнивает силу растяжения пружины динамометра и может быть измерена динамометром.



Рис. 1-Равномерное перемещение бруска с грузами по деревянной линейке Сила реакции опоры в данном случае равна весу бруска вместе с грузом и определяется взвешиванием (рис.2)



Рис. 2-Взвешивание бруска

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. С помощью динамометра определите вес деревянного бруска, бруска вместе с одним грузом, бруска с двумя грузами, бруска с тремя грузами. Результаты занесите в таблицу 1(в графу N).
2. Динамометром равномерно тяните брусок по линейке, измеряя силу тяги F_T ($F_T = F_{тр}$). Опыт повторите, нагрузив брусок одним, потом двумя и тремя грузами. Результаты измерений запишите в таблицу 1.

3. Коэффициент трения (μ) для каждого случая вычислите по формуле (2) и результаты вычислений записать в таблицу 1.

4. Вычислите среднее значение коэффициента трения

$$\mu_{\text{ср}} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4}{4}$$

5. Оцените абсолютную погрешность измерения коэффициента трения скольжения.

$$\Delta\mu = |\mu - \mu_{\text{ср}}|$$

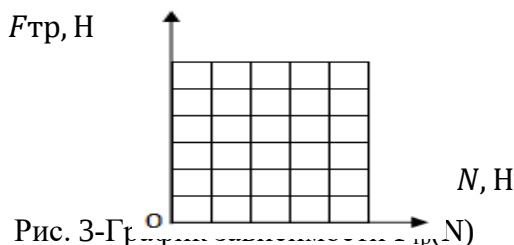
6. Рассчитайте среднюю абсолютную погрешность

$$\Delta\mu_{\text{ср}} = \frac{\mu_1 + \mu_2 + \mu_3 + \mu_4}{4}$$

7. Рассчитайте относительную погрешность измерения

$$\varepsilon = \frac{\Delta\mu_{\text{ср}}}{\mu_{\text{ср}}} \cdot 100\%$$

8. Постройте график зависимости $F_{\text{тр}}(N)$ (рис. 3).



9. Запишите окончательный результат:

$$\mu_{\text{ср}} \pm \Delta\mu_{\text{ср}}$$

10. Сделать вывод

Таблица 1-Результаты измерений и вычислений

	N, Н	$F_{\text{тр}}, \text{Н}$	μ	$\mu_{\text{ср}}$	$\Delta\mu$	$\Delta\mu_{\text{ср}}$	$\varepsilon, \%$
брусек							
брусек+груз							
брусек+2 груза							
брусек+3 груза							

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Что такое сила трения?
2. Виды силы трения?
3. От каких параметров зависит сила трения?
4. Польза и вред силы трения?
5. Как можно уменьшить силу трения? Как можно увеличить силу трения?
6. Почему при определении трения скольжения необходимо, чтобы брусок двигался равномерно?
7. Брусок движется равномерно вниз по наклонной плоскости (рис.4).

Какое направление имеет вектор силы трения?

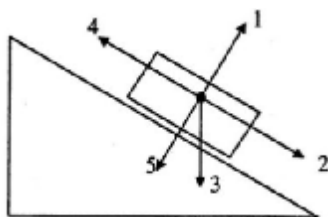


Рис.4-Движение бруска вниз по наклонной плоскости

Лабораторная работа №5 по теме:

«Изучение закона сохранения импульса (выполняется виртуально)»

Цель лабораторной работы: изучение закона сохранения импульса на примере распада тела, брошенного под углом к горизонту.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия массы,
- силы,
- закон сохранения импульса.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять параметры для расчета импульса тел;
- приводить примеры практического использования импульса и закона сохранения импульса в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Изучение закона сохранения импульса»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- компьютер.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Величина, равная произведению массы материальной точки на ее скорость, называется импульсом. Для системы материальных точек полный импульс равен сумме импульсов. При этом следует иметь в виду, что импульс – это векторная величина

Таким образом, закон сохранения импульса можно сформулировать так: если на тела системы действуют только силы взаимодействия между ними («внутренние силы»), то полный импульс системы тел не изменяется со временем, т.е. сохраняется. Этот закон применим не только к системе 2 тел, но и к системе, состоящей из любого числа тел.

Закон сохранения импульса выполняется при распаде тела на части и при абсолютно неупругом ударе, когда соударяющиеся тела соединяются в одно. Если распад или удар происходят в течение малого промежутка времени, то закон сохранения импульса приближенно выполняется для этих процессов.

Описание работы

Рассмотрим движение тела, брошенного под углом к горизонту. Пусть тело бросили со скоростью v_0 под углом к горизонту (рисунок 1).

В полете на тело действует сила тяжести, направленная вертикально вниз, поэтому горизонтальная проекция скорости не изменяется

со временем и равна $v_x = v_0 \cos \alpha$.

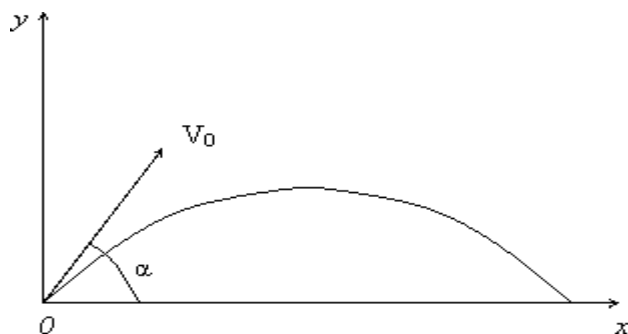


Рис. 1

Пусть в верхней точке траектории тело распадается на 2 одинаковых осколка, один из которых возвращается назад в точку бросания по той же траектории, по которой до распада летело брошенное тело. При распаде

выполняется закон сохранения горизонтальной проекции импульса, поскольку сила тяжести направлена вертикально. Один из осколков вернулся назад по прежней траектории. Это означает, что его скорость сразу же после распада равна скорости всего тела непосредственно перед распадом. Закон сохранения проекции импульса тогда запишется сле-

дующим образом:

$$mv_x = -\frac{1}{2}mv_x + \frac{1}{2}mv',$$

где v' – скорость второго осколка после распада, а знак «-» в первом слагаемом говорит о направлении движения первого осколка. $v' = 3v_x$.

Поскольку оба осколка сразу же после распада имеют только горизонтальные проекции скорости и находятся на одинаковой высоте, то время их падения также одинаково, т.е. горизонтальные дальности их полета после распада связаны таким же соотношением, что и скорости, т.е.

$$S' = 3S,$$

где S – горизонтальная дальность полета от точки бросания до точки разрыва, равная дальности полета осколка, вернувшегося назад, а S' – дальность полета полетевшего вперед осколка. В данной лабораторной работе проверяется выполнение этого соотношения и, тем самым, проверяется выполнение закона сохранения импульса на примере распада тела, брошенного под углом к горизонту.

Ход работы:

На рисунке 2 изображен кадр из данной лабораторной работы. Дальность полета осколков тела после распада определяется по линейке. Из точки распада опускается вниз вертикальная линия красного цвета, чтобы отметить эту точку.

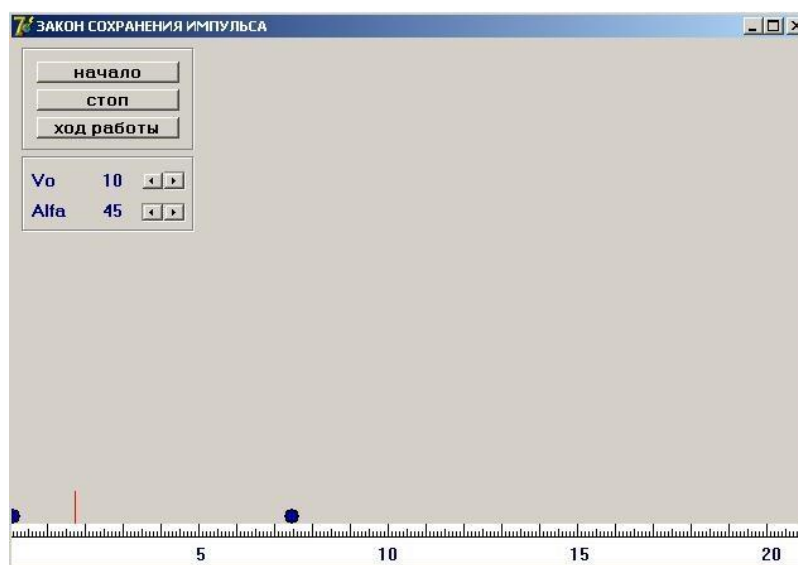


Рисунок 2. Кадр из лабораторной работы

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Задать значения начальной скорости и угла бросания.

Эти величины задаются при помощи ползунков. Рекомендуемое значение скорости 10 см/с угла бросания 45 градусов.

2. Осуществить бросание тела.

Нажать кнопки «начало» и «пуск». Движение можно остановить, нажав «стоп». В верхней точке тело распадается на 2 одинаковых осколка, разлетающихся в противоположные стороны. Из точки разлета опускается перпендикуляр на горизонтальную ось, который позволяет определить высоту траектории и дальность полета.

3. Измерить горизонтальные дальности полета осколков.

По линейке измерьте горизонтальные дальности разлета осколков, т.е. расстояния от точки распада тела до точек падения осколков. Положение точки распада тела отмечается тем, что из этой точки опускается перпендикуляр (красного цвета) на горизонтальную ось.

Сравнить горизонтальные проекции импульсов

4. Задать значения начальной скорости и угла бросания.

Эти величины задаются при помощи ползунков. Рекомендуемое значение скорости 10 см/с, угла бросания 45 градусов.

5. Задать значения начальной скорости и угла бросания.

Эти величины задаются при помощи ползунков. Рекомендуемое значение скорости 10 см/с, угла бросания 45 градусов.

6. Осуществить бросание тела.

Нажать кнопки «начало» и «пуск». Движение можно остановить, нажав «стоп». В верхней точке тело распадается на 2 одинаковых осколка, разлетающихся в противоположные стороны. Из точки разлета опускается перпендикуляр на горизонтальную ось, который позволяет определить высоту траектории и дальность полета.

7. Измерить горизонтальные дальности полета осколков.

По линейке измерьте горизонтальные дальности разлета осколков, т.е. расстояния от точки распада тела до точек падения осколков. Положение точки распада тела отмечается тем, что из этой точки опускается перпендикуляр (красного цвета) на горизонтальную ось.

8. Сравнить горизонтальные проекции импульсов осколков.

Горизонтальные проекции импульсов осколков пропорциональны горизонтальным дальностям их разлета. Следует проверить выполнение закона сохранения горизонтальной проекции импульса при распаде тела.

9. Выполнить опыты при других скоростях и углах бросания.

Для скорости 10 м/с выполните опыты при значениях угла бросания 30 и 60 градусов. Выполните эксперименты при значениях начальной скорости 15 м/с для углов 30, 45 и 60 градусов.

10. Результат записать в таблицу:

11. Сделать вывод

№ п/п	Начальная скорость V_0 , м/с	Угол бро- сания α , °	Дальности полета осколка, вернувшие- гося назад S , м	Дальность полета полетевшего впе- ред осколка S' , м	S'/S
1	10	45			
2	10	30			
3	10	60			
1	15	45			

Контрольные вопросы

2. Что называют импульсом тела?
3. Назовите единицу импульса.
4. Сформулируйте закон сохранения импульса тела.

Лабораторная работа №6 по теме:

«Изучение изотермического и изобарного процесса в газе»

Цель лабораторной работы: Изучение изотермического и изобарного процесса в газе

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия объема,
- температуры,
- давления.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять параметры для расчета импульса тел;
- приводить примеры практического использования изотермического и изобарного

процесса в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Изучение изотермического и изобарного процесса в газе»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- лабораторный набор (с манометром) – на парту,
- барометр – один на группу.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Идеальный газ представляет собой простейшую модель газа, в которой пренебрегают энергией взаимодействия между отдельными частицами. Действительно, если газ достаточно разрежен, столкновения между его частицами происходят редко, в то время как скорости их велики, поэтому кинетическая энергия частиц значительно больше потенциальной энергии их взаимодействия.

Идеализация:

- объем молекулы равен нулю (материальная точка);
- столкновения между молекулами абсолютно упруги;
- силы притяжения между молекулами пренебрежимо малы.

Макроскопические параметры – величины, характеризующие состояние термодинамической системы без учета молекулярного строения тел

Давление p , объем V , температура T



Давление в МКТ образуется из-за ударов молекул о стенки сосуда при тепловом движении.

Идеальный газ – модель газа, в которой молекулы считают материальными точками и не учитывают силы взаимодействия между ними.

Изопроцесс - процесс, при котором один из макроскопических параметров состояния данной массы газа остаётся постоянным.

Изопроцесс – это идеализированная модель реального процесса, которая только приближенно отражает действительность.

Изотермический процесс – процесс состояния системы макроскопических тел (термодинамической системы) при постоянной температуре.

В любом состоянии с неизменной температурой произведение давления газа на его объём остаётся постоянным: $pV = \text{const}$ при $T = \text{const}$.

Для газа данной массы при постоянной температуре произведение давления газа на его объём постоянно. Этот закон экспериментально был открыт в 1660 г. английским учёным Робертом Бойлем (1627-1691 гг) и несколько позже французским ученым Эдме Мариоттом (1620-1684 гг). Поэтому он носит название закона Бойля-Мариотта. Закон Бойля-Мариотта справедлив обычно для любых газов, а также и для их смесей, например, для воздуха. Зависимость давления газа от объёма при постоянной температуре графически изображают кривой, которую называют изотермой. Изотерма изображает обратно пропорциональную зависимость между давлением и объёмом. (рис 1)

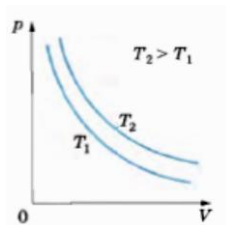


Рис 1

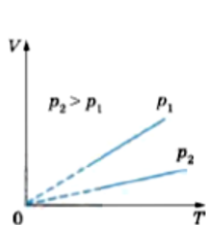


Рис 2

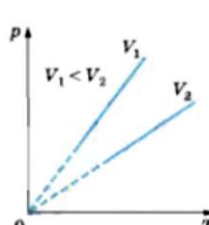


Рис 3

Различным постоянным температурам соответствуют различные параметры. При повышении температуры газа давление увеличивается, если $V = \text{const}$. Поэтому изотерма, соответствующая более высокой температуре T_2 , лежит выше изотермы, соответствующей более низкой температуре T_1 (рис 1).

Изобарным называется процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном давлении.

В любом состоянии газа с неизменным давлением отношение объёма газа к его температуре остаётся постоянным: $\frac{V}{T} = \text{const}$ при $p = \text{const}$.

Для газа данной массы при постоянном давлении отношение объёма к температуре постоянно. Этот закон был установлен экспериментально в 1802 г. французским ученым Жозефом Луи Гей-Люссаком (1778-1850 гг) и носит название закона Гей-Люссака. Согласно уравнению (4)

объём газа при постоянном давлении пропорционален температуре: $V = \text{const} \cdot T$. Эта зависимость графически изображается прямой, которая называется **изобарой** (рис 2). Разным давлениям соответствуют разные изобары. С ростом давления объём газа по закону Бойля-Мариотта уменьшается.

Поэтому изобара, соответствующая более высокому давлению p_2 , лежит ниже изобары, соответствующей более низкому давлению p_1 .

В области низких температур все изобары идеального газа сходятся в точке $T=0$. Но это не означает, что объём реального газа обращается в нуль. Все газы при сильном охлаждении превращаются в жидкости, а к жидкости уравнение состояния идеального газа не применимо. Именно поэтому, начиная с некоторого значения температуры, зависимость объёма от температуры проводится на графике штриховой линией. В действительности таких значений температуры и давления у вещества в газообразном состоянии быть не может.

Изохорным называется процесс изменения состояния термодинамической системы при постоянном объёме.

В любом состоянии газа с неизменным объёмом отношение давления газа к его температуре остаётся постоянным: $\frac{p}{T} = \text{const}$ при $V = \text{const}$ (7).

Для газа данной массы отношение давления к температуре постоянно, если объём не меняется. Этот газовый закон был установлен в 1787 году французским физиком Жаком Александром Сезаром Шарлем (1746-1823 гг). Согласно уравнению (6) давление газа при постоянном объёме пропорционально температуре: $p = \text{const} \cdot T$ (8). Эта зависимость изображается прямой, называемой **изохорой** (рис3). Разным объёмам соответствуют разные изохоры. С ростом объёма газа при постоянной температуре давление его согласно закону Бойля-Мариотта падает. Поэтому

изохора, соответствующая большему объёму V_2 , лежит ниже изохоры, соответствующей меньшему объёму V_1 .

В соответствии с (8) все изохоры идеального газа начинаются в точке с $T=0$. Значит, давление идеального газа при абсолютном нуле равно нулю. Увеличение давления газа в любом сосуде или электрической лампочке при нагревании можно считать изохорным процессом. Изохорный процесс используется в газовых термометрах постоянного объёма.



ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

I. Изучение изотермического процесса в газе

Цель работы: экспериментально проверить справедливость закона Бойля–Мариотта путём сравнения параметров газа в двух термодинамических состояниях.

Оборудование: лабораторный набор (с манометром) – на парту, барометр – один на класс.

Теоретическое обоснование

Закон Бойля–Мариотта $p_1 V_1 = p_2 V_2$ определяет взаимосвязь давления и объёма газа данной массы при постоянной температуре. Чтобы убедиться в справедливости закона, достаточно измерить давления p_1 и p_2 газа и его объёмы V_1 и V_2 в двух состояниях. Объём можно выражать в СИ, т.е. в кубических метрах, а давление – в мм рт.ст.

Ход работы

1. Соберите установку по рисунку (см. фото выше).
2. Установите поршень шприца на деление 10 мл. В этом случае объём воздуха в системе 70 мл, в сосуде 55 мл, в шприце 10 мл, в трубках 5 мл. Поставьте зажим. Занесите объём V_1 в таблицу.
3. С помощью барометра определите атмосферное давление. Занесите данные $p_1 = p_a$ в таблицу.
4. Переместите поршень шприца до деления 6 мл и с помощью манометра определите избыточное над атмосферным давление. Объём воздуха в системе уменьшился на 4 мл и стал равен $V_2 = 66$ мл, давление увеличилось до $p_2 = p_1 + p_n$. Занесите эти данные в таблицу.
5. Переместите поршень шприца до деления 2 мл и опять определите избыточное над атмосферным давление. Занесите значения V_3 и $p_3 = p_1 + p_n'$ в таблицу.
6. Для каждого состояния рассчитайте $p \cdot V$.

Состояние	$V, \text{м}^3$	$p_n, \text{мм рт. ст.}$	$p_n, \text{Па}$	$p = p_1 + p_n, \text{Па}$	$p \cdot V, \text{Дж}$
I	$V_1 = 70 \cdot 10^{-6}$	–	–	$p_1 = 100\,800$	$p_1 V_1 = 7,056$
II	$V_2 = 66 \cdot 10^{-6}$	46	6132	$p_2 = 106\,932$	$p_2 V_2 = 7,058$
III	$V_3 = 62 \cdot 10^{-6}$	92	12\,264	$p_3 = 113\,064$	$p_3 V_3 = 7,010$

7. Определите, на сколько процентов величины pV отличаются друг от друга.

$$\frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{7,056}{7,058} = 0,9997 \text{ (99,97\%): } p_1 V_1 < p_2 V_2 \text{ на } 0,03\%;$$

$$\frac{p_3 V_3}{p_2 V_2} = \frac{7,010}{7,058} = 0,9932 \text{ (99,32\%): } p_3 V_3 < p_2 V_2 \text{ на } 0,68\%.$$

8. Какой вывод следует сделать, сравнив p_1V_1 , p_2V_2 и p_3V_3 ?

II. Изучение изобарного процесса в газах

Цель работы: экспериментально проверить справедливость закона Гей-Люссака путём сравнения параметров газа в двух термодинамических состояниях.

Оборудование: лабораторный набор, термометр, стакан с горячей водой.

Теоретическое обоснование

$$\left(\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2} \right),$$

Чтобы проверить закон Гей-Люссака достаточно измерить объём и температуру газа в двух состояниях при постоянном давлении.

Ход работы

1. Из деталей набора соберите систему (см. фото).
2. Определите температуру воздуха в комнате t_1 .
3. Сняв зажим, установите поршень шприца на отметку 2 мл. Это соответствует объёму воздуха в системе $V_1 = 62$ мл.
4. Для получения второго состояния поставьте зажим и опустите термометр и шприц в стакан с горячей водой. Выдвигайте поршень, увеличивая объём воздуха, до тех пор, пока стрелка манометра не вернётся к нулевому делению, которое соответствует атмосферному давлению. Определите V_2 и t_2 .
5. Данные измерений и расчётов занесите в таблицу.

Измерено				Вычислено											
V_1 , мл	V_2 , мл	t_1 , °C	t_2 , °C	T_1 , К	T_2 , К	ΔT , К	$\Delta_0 T$, К	ΔT , К	ΔV , мл	$\frac{V_1}{V_2}$	ε_1 , %	Δ_1	$\frac{T_1}{T_2}$	ε_2 , %	Δ_2
62	69	22	65	295	338	1	0,5	1,5	1	0,899	3,1	0,028	0,873	0,6	0,005

$$\frac{V_1}{V_2} \text{ и } \frac{T_1}{T_2},$$

6. Вычислите отношения $\frac{V_1}{V_2}$ и $\frac{T_1}{T_2}$, относительные (ε_1 и ε_2) и абсолютные (Δ_1 и Δ_2) погрешности:

$$\varepsilon_1 = \frac{\Delta V}{V_1} + \frac{\Delta V}{V_2} = \frac{1}{62} + \frac{1}{69} = 0,031,$$

$$\Delta_1 = \varepsilon_1 \cdot \frac{V_1}{V_2} = 0,031 \cdot 0,899 = 0,028.$$

(Погрешность измерения объёма с учётом соединительных трубок определена изготовителем набора и не превышает 1 мл.)

$$\varepsilon_2 = \frac{\Delta T}{T_1} + \frac{\Delta T}{T_2} = \frac{1,5}{295} + \frac{1,5}{338} = 0,006,$$

$$\Delta_2 = \varepsilon_2 \cdot \frac{T_1}{T_2} = 0,006 \cdot 0,873 = 0,005.$$

$$\frac{V_1}{V_2} \text{ и } \frac{T_1}{T_2},$$

7. Определите интервалы отношений $\frac{V_1}{V_2}$ и $\frac{T_1}{T_2}$, с учётом погрешностей:

$$0,899 - 0,028 < \frac{V_1}{V_2} < 0,899 + 0,028; \quad 0,871 < \frac{V_1}{V_2} < 0,927;$$

$$0,873 - 0,005 < \frac{T_1}{T_2} < 0,873 + 0,005; \quad 0,868 < \frac{T_1}{T_2} < 0,878.$$

8. Сравните интервалы и сделайте вывод о справедливости закона Гей-Люссака. (Интервалы перекрываются, значит, отношения объёмов и температур при данной относительной погрешности измерений одинаковы, что подтверждает справедливость закона Гей-Люссака.)

9. Вывод:

Контрольные вопросы:

1. Как читается закона Бойля–Мариотта?
2. Как читается закона Гей-Люссака?
3. Что называют изопроцессом?

Лабораторная работа №7 по теме:

«Определение удельной теплоёмкости вещества»

Цель лабораторной работы: Определение удельной теплоёмкости вещества с помощью уравнения теплового баланса.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия теплоемкость,
- температура,
- теплота.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять параметры для расчета теплоемкости тел;
- приводить примеры практического использования уравнения теплового баланса в

повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Определение удельной теплоёмкости вещества»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- весы;
- термометр;
- калориметр;
- сосуд с кипящей водой на плитке;
- испытуемое тело.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Теплоемкость. Удельная теплоемкость. Уравнение теплового баланса.

Теплоёмкость C —это физическая величина, равная отношению количества теплоты Q , необходимого для повышения его температуры от T_0 до T , к разности этих температур $\Delta T = T - T_0$: $C = \frac{Q}{\Delta T}$

Важно: Теплоемкость, таким образом, характеризует то количество теплоты, которое нужно сообщить телу, чтобы нагреть его на 1 К (при охлаждении на 1 К тело выделяет то же количество теплоты, что и поглощает при нагревании)

Нагревая тела с одинаковыми массами, но состоящие из различных веществ, можно обнаружить, что для повышения их температуры на 1 К требуются различные количества теплоты; следовательно, теплоемкость тела зависит от его природы. **Теплоемкость тела пропорциональна его массе.** Поэтому характеристикой тепловых свойств вещества является его **удельная теплоемкость c** — величина, равная отношению теплоемкости тела к его массе: $c = \frac{C}{m} = \frac{Q}{m \cdot \Delta T}$ (3)

Удельная теплоёмкость вещества c - величина, показывающая, какое количество теплоты необходимо для нагревания 1 кг вещества на 1К. В СИ удельная теплоемкость вещества выражается в джоулях на килограмм-кельвин [Дж/(кг • К)].

Зная теплоемкость вещества, можно определить количество теплоты, необходимое для нагревания тела массой m от температуры T_0 до температуры T : $Q = cm \cdot \Delta T = cm \cdot (T - T_0)$ (4)

Для измерения и сравнения теплоемкостей различных тел пользуются **калориметром**.

Калориметр - прибор, в котором происходит теплообмен между телами, изолированными от воздействия окружающей среды

Простейший калориметр представляет собой металлический стакан с крышкой. Его ставят на пробки, помещают в сосуд большей вместимости, так что между стенками двух сосудов остается некоторый промежуток. Сверху оба сосуда закрывают крышкой.

Алгебраическая сумма количества теплоты, отданного телами, $Q_{\text{отд}}$ и количества теплоты, полученного телами, $Q_{\text{пол}}$ для замкнутой системы тел равна нулю $Q_{\text{отд}} + Q_{\text{пол}} = 0$ - **уравнение теплового баланса**, которое выражает закон сохранения и превращения энергии для рассматриваемых процессов.

Измерение теплоемкостей твердых и жидких тел обычно производится с помощью калориметра, наполненного водой или другой жидкостью. Твердое тело известной массы m_1 , нагретое до известной температуры, быстро переносится из нагревателя в калориметр и отдает ему некоторое количество теплоты, охлаждаясь само и нагревая вещество калориметра до тех пор, пока температуры тела и калориметра не станут равны одному общему значению T . Зная начальные температуры, массы всех тел и удельные теплоемкости жидкости c_3 и материала калориметра c_2 , можно вычислить неизвестную теплоемкость c_x твердого тела исходя из **уравнения теплового баланса**, по которому количество теплоты Q_1 отданное телом, равно количеству теплоты, полученному калориметром (Q_2 — сосудом, Q_3 — жидкостью): $Q_1 = Q_2 + Q_3$ (7)

Из (4) следует, что $Q_1 = c_x m_1 \cdot (T_1 - T)$, $Q_2 = c_2 m_2 \cdot (T - T_2)$, $Q_3 = c_3 m_3 \cdot (T - T_2)$, где m_2 и m_3 — соответственно массы калориметра и жидкости; T_2 — их начальная температура. На основании уравнения теплового баланса (7) имеем $c_x m_1 (T_1 - T) = c_2 m_2 (T - T_2) + c_3 m_3 \cdot (T - T_2)$, откуда находим неизвестную удельную теплоемкость тела:

$$c_x = \frac{c_2 m_2 (T - T_2) + c_3 m_3 \cdot (T - T_2)}{m_1 (T_1 - T)}$$

Удельная теплоёмкость определяется при теплообмене из уравнения теплового баланса, которое составляется при теплообмене на основании закона сохранения энергии.

$$\sum Q = \sum q$$

$Q_1 = c_m \cdot m_m \cdot (t_m - \theta)$ - Отдано телом при остывании от t_m до θ .

$Q_2 = c_B \cdot m_B \cdot (\theta - t_B)$ - Принято водой при нагревании от t_B до θ .

$Q_3 = c_a \cdot m_a \cdot (\theta - t_a)$ - Принято алюминиевым сосудом при нагревании от t_a до θ .

$Q_1 = Q_2 + Q_3$ - Закон сохранения энергии

$$c_m \cdot m_m \cdot (t_m - \theta) = c_B \cdot m_B \cdot (\theta - t_B) + c_a \cdot m_a \cdot (\theta - t_a) \quad - \text{Уравнение теплового баланса}$$

Из уравнения видно, что необходимо найти на опыте: массы m_m , m_B , m_a и температуры t_m , t_B , t_a и θ .

Из уравнения теплового баланса следует:

$$c_m = \frac{c_B \cdot m_B \cdot (\theta - t_B) + c_a \cdot m_a \cdot (\theta - t_a)}{m_m \cdot (t_m - \theta)}$$

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Проверить весы, разновес, термометр, определить цену деления термометра.
2. Определить массу внутреннего сосуда калориметра (алюминиевого) (m_a).
3. Налить во внутренний сосуд воды и определить её массу (m_B).
Собрать калориметр и измерить начальную температуру.
4. Из кипящей воды быстро перенести испытуемое тело (цилиндр) в калориметр.
Записать в таблицу t_m .
5. Перемешивая воду в калориметре, выждать, когда перестанет повышаться температура.
Измерить окончательную температуру смеси θ .
6. Взять испытуемое тело из калориметра, осушить и взвесить m_m .
7. Все данные записать в таблицу, составить уравнение теплового баланса и рассчитать.
8. Определить абсолютную ΔC и относительную δC погрешности:

$$\Delta C = C_{\text{табл}} - C_{\text{опыта}}$$

$$\delta C = \frac{\Delta C}{C_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

Таблица

Вещество	Масса	Температура		Теплоёмкость,	Погрешность	
		Нач. альн.	Конечн.		Абсолют.	Относитель.
Алюминиевый сосуд				880		
Вода				4200		
Испытуемое тело						

10. Вывод:

Контрольные вопросы:

- 1 Что показывает удельная теплоёмкость вещества?
- 2 В чём смысл уравнения теплового баланса?

**Лабораторная работа №8 по теме:
«Измерение относительной влажности воздуха»**

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать понятие относительной влажности воздуха.
2. Сформировать практические навыки использования психрометра.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия влажности;
- относительной влажности;
- точка росы.

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять относительную влажность с помощью психрометра,
- использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни для оценки влияния влажности на организм человека.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:
- «Измерение относительной влажности воздуха»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- психрометр;
- психрометрическая таблица.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

В атмосфере Земли всегда содержится влага. Количество водяного пара в воздухе зависит от разных факторов (географического положения данного места, времени года, времени дня и т.п.). **Влажность**- содержание водяного пара в воздухе. Существует два вида влажности: абсолютная и относительная. **Абсолютная влажность** определяется массой водяного пара, содержащегося в 1 м³ воздуха, иначе говоря, плотностью водяного пара или давлением насыщающих паров. **Относительная влажность** показывает, сколько процентов составляет абсолютная влажность от плотности пара, насыщающего воздух при данной температуре

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_n} 100\%;$$

где φ -относительная влажность, %;
 ρ -абсолютная влажность, г/м³;

ρ_n – плотность насыщенного пара, г/м³.

Относительную влажность также можно определить через давление

$$\varphi = \frac{P}{P_n} \cdot 100\%, \quad (2)$$

где P – парциальное давление, Па;

P_n – давление насыщенного пара, Па.

Атмосферный воздух – смесь различных газов и водяного пара. Каждый газ вносит свой вклад в общее давление, которое по закону Дальтона равно сумме давлений. Давление, которое производил бы водяной пар, если бы все остальные газы отсутствовали, называется парциальным.

Относительная влажность измеряется при помощи **гигрометра** и **психрометра** (рис. 1). Чаще всего для определения относительной влажности используют психрометр, который состоит из двух одинаковых термометров: сухого и влажного. Если воздух не насыщен водяными парами, то вода из стаканчика, в который опущен один из термометров, испаряется и охлаждает шарик термометра. Разница между показаниями обоих термометров тем больше, чем меньше относительная влажность. Зная разницу показаний обоих термометров и показание сухого термометра, по специальным психрометрическим таблицам (таблица 1) находят относительную влажность.

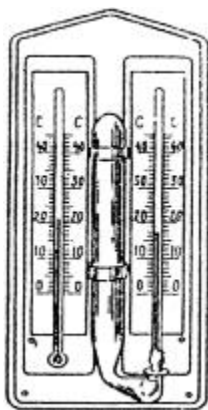


Рис.1- Психрометр

Слишком сухой, как и слишком влажный воздух, неблагоприятен для жизни людей и животных. Рекомендуемые параметры микроклимата жилых помещений – температура 18-23⁰С при относительной влажности – 40-50%. Недостаток влаги воздуха не только ухудшает самочувствие людей, но и приводит к нарушениям технологического процесса, снижению качества продукции, увеличению выхода брака и в ряде случаев создает угрозу безопасности обслуживающего персонала:

В квартирах, офисах

- Рассыхание мебели, отслоение инкрустации, панельной обшивки.
- Накопление и разряды статического электричества, особенно при широком использовании синтетических отделочных материалов.

- Высушенные волокна ковров ломаются от хождения по ним людей, в результате чего происходит преждевременный износ ковров и увеличивается содержание пыли.

В электронной промышленности

- Электростатические заряды при относительной влажности воздуха менее 35 % могут накапливаться до опасного уровня, создавая угрозу пробоя диэлектриков, что приводит к серьезным последствиям.

- Эффективное увлажнение воздуха позволяет уменьшить запыленность помещения.

Пищевая промышленность (холодильные камеры, сыроварение, винные погреба, хлебопечение)

- Мясо сохраняет естественный цвет без применения нитратов, если его хранить в специальных морозильных камерах с повышенным уровнем влажности.

- Если овощ или фрукт потеряет достаточно много влаги, то клетчатка сморщивается и никакое увлажнение уже не поможет, в связи с чем так важно поддерживать достаточный уровень влажности в местах хранения продуктов.

Таблица 1 -Психрометрическая таблица

Показания сухого термометра		Разность показаний сухого и влажного термометров											
К	°C	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
273	0	100	82	63	45	28	11						
274	1	100	83	65	48	32	16						
275	2	100	84	68	51	35	20						
276	3	100	84	69	54	39	24	10					
277	4	100	85	70	56	42	28	14					
278	5	100	86	72	58	45	32	19	6				
279	6	100	86	73	60	47	35	23	10				
280	7	100	87	74	61	49	37	26	14				
281	8	100	87	75	63	51	40	28	18				
282	9	100	88	76	64	53	42	31	21				
283	10	100	88	76	65	54	44	34	24	14	4		
284	11	100	88	77	66	56	46	36	26	17	8		
285	12	100	89	78	68	57	48	38	29	20	11		
286	13	100	89	79	69	59	49	40	31	23	14	6	
287	14	100	90	79	70	60	51	42	33	25	17	9	
288	15	100	90	80	71	61	52	44	36	27	20	12	5
289	16	100	90	81	71	62	54	45	37	30	22	15	8
290	17	100	90	81	72	64	55	47	39	32	24	17	10
291	18	100	91	82	73	64	56	48	41	34	26	20	13
292	19	100	91	82	74	65	58	50	43	35	29	22	15
293	20	100	91	83	74	66	59	51	44	37	30	24	18
294	21	100	91	83	75	67	60	52	46	39	32	26	20
295	22	100	92	83	76	68	61	54	47	40	34	28	22
296	23	100	92	84	76	69	61	55	48	42	36	30	24
297	24	100	92	84	77	69	62	56	49	43	37	31	26
298	25	100	92	84	77	70	63	57	50	44	38	33	27
299	26	100	92	85	78	71	64	58	51	45	40	34	29
300	27	100	92	85	78	71	65	59	52	47	41	36	30
301	28	100	93	85	78	72	65	59	53	48	42	37	32
302	29	100	93	86	79	72	66	60	54	49	43	38	33
303	30	100	93	86	79	73	67	61	55	50	44	39	34

Точка росы - температура, при которой пар переходит в состояние насыщения. С точкой росы мы сталкиваемся ежедневно. Мы поднимаем стеклянную крышку со сковородки, на которой готовим, - с крышки обильно стекает вода. В ванной комнате после принятия горячего душа обнаруживаем, что зеркало запотело. Мы входим зимой с улицы в теплый магазин - очки мгновенно запотевают.

Помещения, в которых постоянно скапливается избыточная влага (ванная, кухня), необходимо регулярно проветривать. Это значит, что двери этих помещений во время проветривания должны быть закрыты, чтобы влажный воздух не распространялся по всей квартире. После мытья или приготовления пищи следует широко раскрыть окна, двери должны быть плотно закрыты. Те же правила действуют и для спальни. За ночь через дыхание и через кожу человек выделяет в воздух значительное количество влаги. Влага находится не только в воздухе, но и на мебели, на постельном белье, коврах и занавесках. Она может выводиться из помещения только постепенно. Утром, после того, как вы встаете, необходимо на короткое время раскрыть окна настежь. Влажный воздух выйдет наружу, и войдет свежий воздух.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Проверить наличие воды в стаканчике психрометра и при необходимости долить ее.
2. Определить температуру сухого термометра.
3. Определить температуру влажного термометра.
4. Результаты измерений записать в таблицу 2.
5. Пользуясь психрометрической таблицей (таблица 1), определить относительную влажность.

Таблица 2- Результаты измерений и вычислений

Показания термометров		Разность показаний термометров	Относительная влажность	Точка росы
сухого $t_1, ^\circ\text{C}$	влажного $t_2, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\varphi, \%$	$t_p, ^\circ\text{C}$

6. Зная относительную влажность и температуру воздуха в помещении, определить точку росы по таблице 3

7. Результаты определения относительной влажности сравнить с нормой и сделать вывод об относительной влажности воздуха в классной комнате.

8. Оформить отчет о проделанной работе.

9. Вывод

Таблица 3- Зависимость точки росы от относительной влажности и температуры воздуха

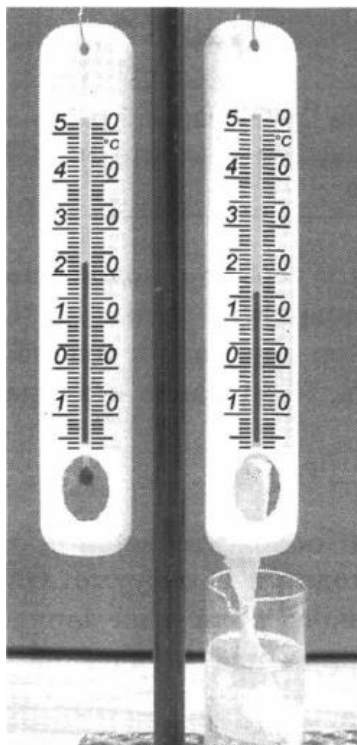
Температура воздуха, С	Точка росы в С при относительной влажности воздуха в %										
	45%	50%	55%	60%	65%	70%	75%	80%	85%	90%	95%
25	12.2	13.9	15.3	16.7	18.0	19.1	20.3	21.3	22.3	23.2	24.1
24	11.3	12.9	14.4	15.8	17.0	18.2	19.3	20.3	21.3	22.3	23.1
23	10.4	12.0	13.5	14.8	16.1	17.2	18.3	19.4	20.3	21.3	22.1
22	9.5	11.1	12.5	13.9	15.1	16.3	17.4	18.4	19.4	20.3	21.1
21	8.6	10.2	11.6	12.9	14.2	15.3	16.4	17.4	18.4	19.3	20.2
20	7.7	9.3	10.7	12.0	13.2	14.4	15.4	16.4	17.4	18.3	19.2
19	6.8	8.3	9.8	11.1	12.3	13.4	14.5	15.3	16.4	17.3	18.2
18	5.9	7.4	8.8	10.1	11.3	12.5	13.5	14.5	15.4	16.3	17.2
17	5.0	6.5	7.9	9.2	10.4	11.5	12.5	13.5	14.5	15.3	16.2
16	4.1	5.6	7.0	8.2	9.4	10.5	11.6	12.6	13.5	14.4	15.2
15	3.2	4.7	6.1	7.3	8.5	9.6	10.6	11.6	12.5	13.4	14.2
14	2.3	3.7	5.1	6.4	7.5	8.6	9.6	10.6	11.5	12.4	13.2
13	1.3	2.8	4.2	5.5	6.6	7.7	8.7	9.6	10.5	11.4	12.2
12	0.4	1.9	3.2	4.5	5.7	6.7	7.7	8.7	9.6	10.4	11.2
11	-0.4	1.0	2.3	3.5	4.7	5.8	6.8	7.7	8.6	9.4	10.2
10	-1.2	0.1	1.4	2.6	3.7	4.8	5.8	6.7	7.6	8.4	9.2

КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. К чему приводит недостаток влаги в воздухе?
2. Сухой и влажный термометры показывают одну и ту же температуру. Какова относительная влажность воздуха?
3. Почему показания влажного термометра психрометра меньше показаний сухого термометра?
4. Относительная влажность возрастает, что происходит с разностью показаний сухого и влажного термометров в этом случае?
5. Влажный термометр показывает 10 °С, а сухой 15 °С. Определить относительную влажность.
6. Как избавиться от избыточной влаги в помещении?
7. Что такое точка росы?

8. Обучающийся измерил относительную влажность воздуха с помощью психрометра и психрометрической таблицы. Достоверно известно, что относительная влажность воздуха в кабинете равна 48%. Исправен ли влажный термометр (рис.2)?

Рис.2 –Измерение влажности при помощи психрометра



Лабораторная работа №9 по теме:
«Измерение поверхностного натяжения жидкости»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности понятия поверхностное натяжение, о величинах, влияющих на его значение.
2. Совершенствовать практические навыки определять коэффициент поверхностного натяжения воды методом отрыва рамки.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия поверхностного натяжения
- силы поверхностного натяжения

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- измерять силу поверхностного натяжения;
- приводить примеры практического использования поверхностного натяжения в повседневной жизни.
- коэффициент поверхностного натяжения

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Измерение поверхностного натяжения жидкости»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- весы с разновесом
- стакан с водой
- штатив лабораторный
- пробирка с песком
- масштабная линейка
- лист бумаги
- проволочное кольцо на нитях.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Схема установки:

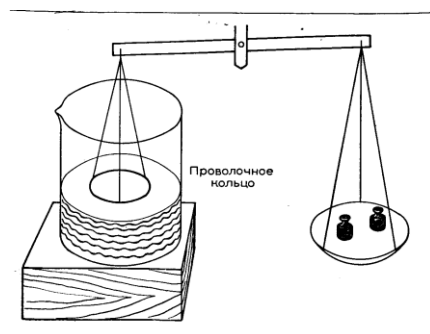


Рис.1

Поверхностный слой жидкости. Энергия поверхностного слоя.

Если молекула расположена на поверхности жидкости, то она испытывает меньшее притяжение со стороны молекул пара и большее притяжение со стороны молекул жидкости. Поскольку концентрация молекул в расположенном над жидкостью газе (паре) мала по сравнению с их концентрацией в жидкости, равнодействующая сил, приложенных к каждой молекуле поверхностного слоя, не равна нулю и направлена внутрь жидкости.

Таким образом, молекулы поверхностного слоя жидкости под действием результирующей силы притяжения втягиваются внутрь жидкости и число молекул, находящихся на поверхности, уменьшается до тех пор, пока свободная поверхность жидкости не окажется минимальной при данном объёме. Поэтому жидкость (при отсутствии или пренебрежимо малом действии других сил) принимает форму шар (при заданном объёме шар имеет минимальную поверхность). Наблюдая мельчайшие капельки, взвешенные в воздухе, видим, что они действительно имеют форму "искаженных" шариков из-за действия сил земного тяготения. В условиях невесомости капля любой жидкости (независимо от её размеров) имеет сферическую форму, что доказано экспериментами, проведенными на космических кораблях.

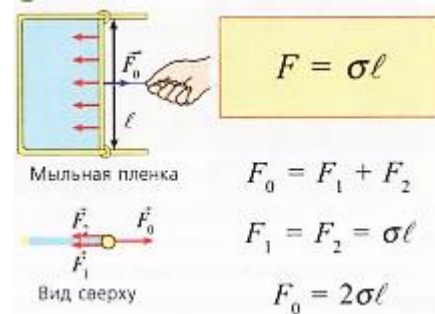
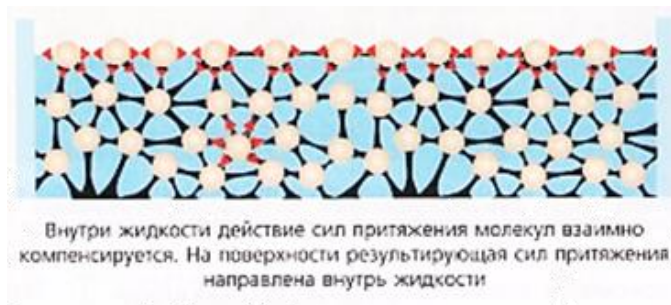
Суммарная энергия частиц жидкости складывается из энергии их хаотического (теплого) движения и потенциальной энергии, обусловленной силами межмолекулярного взаимодействия. При перемещении молекулы из глубины жидкости в поверхностный слой затрачивается работа. Эта работа совершается за счет кинетической энергии молекул и идёт на увеличение их потенциальной энергии. Поэтому молекулы поверхностного слоя жидкости обладают большей потенциальной энергией, чем молекулы внутри жидкости.

Поверхностная энергия - это дополнительная энергия, которой обладают молекулы в поверхностном слое жидкости.

Энергия поверхностного слоя жидкости пропорциональна его площади. Силы, действующие в горизонтальной плоскости, стягивают поверхность жидкости. Они называются **силами поверхностного натяжения**.

Сила поверхностного натяжения - сила, направленная по касательной к поверхности жидкости перпендикулярно участку контура, на которой она действует, и стремящаяся сократить поверхность до минимума.

Например, если в раствор спирта в воде влить прованское масло (плотность раствора равна плотности масла), то, находясь в безразличном равновесии, масло принимает форму шара. Известно, что из всех возможных тел, имеющих одинаковый объем, наименьшей поверхностью обладает шар. В реальных условиях на жидкость действует сила тяжести; следовательно, в данном случае ее действие скомпенсировано: жидкость приняла форму шара, хотя обычно сила тяжести препятствует этому.



Если на поверхность воды поместить мелкие кусочки камфары, то они будут быстро перемещаться по поверхности воды, совершая беспорядочные движения. Камфара, растворяясь в воде, изменяет поверхностное натяжение воды, а так как растворение происходит неравномерно, то

кусочек камфары перемещается в сторону, в которой в данный момент поверхностное натяжение больше.

Поверхностное натяжение – физическая величина, являющаяся основной термодинамической характеристикой поверхностного слоя жидкости на границе с газами или другой жидкостью, и равная отношению силы поверхностного натяжения, приложенной к границе поверхностного слоя жидкости

и направленной по касательной к поверхности, к длине l этой границы: $\sigma = \frac{F}{l}, [\sigma] = 1 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ (1)

Единица поверхностного натяжения — **ньютон на метр** (Н/м)

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Зажать весы в лапке лабораторного штатива.
2. Привязать к одной из чашек весов нить с подвешенным кольцом и уравновесить весы песком (песок сыпать на лист бумаги, положенный на чашку).
3. Добиться горизонтального положения кольца.
4. Под чашкой установить стакан с дистиллированной водой так, чтобы поверхность воды находилась от кольца на расстоянии 1-2 см.
5. Осторожно опустить кольцо рукой так, чтобы оно, коснувшись воды, «при-липло» к ней.
6. Очень осторожно добавлять песок до отрыва кольца от поверхности воды.
7. Осушить кольцо и вновь уравновесить весы, но уже при помощи гирь. Определить массу гирь: $m = \dots \text{г} = \dots \text{кг}$
8. Определить длину дуги кольца: $L = \dots \text{см} = \dots \text{м}$
9. Вычислить коэффициент поверхности натяжения воды по формуле:

$$\sigma = \frac{F_{\text{пн}}}{2L} = mg/2L$$

Учесть, что $F_{\text{пн}} = mg$, где m - масса гирь, g - ускорение свободного падения.

10. Рассчитать абсолютную ошибку:

$$\Delta\sigma = |\sigma_{\text{табл}} - \sigma_{\text{выч}}|$$

11. Рассчитать относительную ошибку:

$$\varepsilon = \frac{\Delta\sigma}{\sigma_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

12. Заполнить таблицу.

№п/п	m, кг	g, м/с ²	L, м	F _{пн} , Н	ζ _{выч} , Н/м	ζ таб л, Н/м	Δζ, Н/м	ε, %
1	0,0015	9,81	0.1			72*10 ⁻³		

13 Записать вывод, указав физический смысл измеренной величины и объяснить, почему результат, полученный в работе, отличается от табличной величины.

Контрольные вопросы:

13. Почему поверхностное натяжение зависит от рода жидкости?
14. Почему и как поверхностное натяжение зависит от температуры?
15. В двух одинаковых пробирках находится одинаковое количество капель воды. В одной пробирке вода чистая, в другой-с добавкой мыла. Одинаковы ли объемы отмеренных капель? Ответ обоснуйте.

Лабораторная работа №10 по теме: «Наблюдение роста кристаллов из раствора»

Цель лабораторной работы:

1. Научиться создавать кристаллы,
2. Пронаблюдать за ростом кристалла

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия кристаллическое тело
- свойства кристаллов

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры практического использования кристаллических тел в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Наблюдение роста кристаллов из раствора»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- набор для выращивания кристалла.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Существуют два простых способа выращивания кристаллов из раствора: охлаждение насыщенного раствора соли и его выпаривание. Первым этапом при любом из двух способов является приготовление насыщенного раствора. В условиях школьного физического кабинета проще всего выращивать кристаллы алюмокалиевых квасцов. В домашних условиях можно выращивать кристалл медного купороса или обычной поваренной соли.

Растворимость любых веществ зависит от температуры. Обычно с повышением температуры растворимость увеличивается, а с понижением температуры уменьшается.

При охлаждении горячего (примерно 40°C) насыщенного раствора до 20°C в нем окажется избыточное количества соли на 100 г воды. При отсутствии центров кристаллизации это вещество может оставаться в растворе, т.е. раствор будет пересыщенным.

С появлением центров кристаллизации избыток вещества выделяется из раствора, при каждой данной температуре в растворе остается то количество вещества, которое соответствует коэффициенту растворимости при этой температуре. Избыток вещества из раствора выпадает в виде кристаллов; количество кристаллов тем больше, чем больше центров кристаллизации в растворе. Центрами кристаллизации могут служить загрязнения на стенках посуды с раствором, пылинки, мелкие кристаллики соли. Если предоставить выпавшим кристалликами возможность подрасти в течение суток, то среди них найдутся чистые и совершенные по форме экземпляры. Они могут служить затравками

для выращивания крупных кристаллов.

Чтобы вырастить крупный кристалл, в тщательно отфильтрованный насыщенный раствор нужно внести кристаллик - затравку, заранее прикрепленный на волосе или тонкой леске, предварительно обработанной спиртом.

Можно вырастить кристалл без затравки. Для этого волос или леску обрабатывают спиртом и опускают в раствор так, чтобы конец висел свободно. На конце волоса или лески может начаться рост кристалла.

Если для выращивания приготовлен крупный затравочный кристалл, то его лучше вносить в слегка подогретый раствор. Раствор, который был насыщенным при комнатной

температуре, при температуре на 3-5°C выше комнатной будет ненасыщенным. Кристалл-затравка начнет растворяться в нем и потеряет при этом верхние, поврежденные и загрязненные слои. Это приведет к увеличению прозрачности будущего кристалла. Когда температура понизится до комнатной, раствор вновь станет насыщенным, и растворение кристалла прекратится. Если стакан с раствором прикрыть так, чтобы вода из раствора могла испаряться, то вскоре раствор станет пересыщенным и начнется рост кристалла. Во время роста кристалла стакан с раствором лучше всего держать в теплом сухом месте, где температура в течение суток остается постоянной.

На выращивание крупного кристалла в зависимости от условий эксперимента может потребоваться от нескольких дней до нескольких недель.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Тщательно вымойте стакан и воронку, подержите их над паром.
2. Налейте 100, г дистиллированной (или дважды прокипяченной) воды в стакан и нагрейте её до 30°C-40°C. Используя кривую растворимости, приведенную на рисунке 1, определите массу соли, необходимую для приготовления насыщенного раствора при 30°C. Приготовьте насыщенный раствор и слейте его через ватный фильтр в чистый стакан. Закройте стакан крышкой или листком бумаги. Подождите, пока раствор остынет до комнатной температуры. Откройте стакан. Через некоторое время начнут выпадать первые кристаллы.
3. Через сутки слейте раствор через ватный фильтр в чистый, вновь вымытый и попаренный стакан. Среди множества кристаллов, оставшихся на дне первого стакана, выберите самый чистый кристалл правильной формы. Прикрепите кристалл-затравку к волосу или леске и опустите его в раствор. Волос или леску предварительно протрите ватой, смоченной спиртом. Можно также положить кристалл-затравку на дно стакана перед заливкой в него раствора. Поставьте стакан в теплое чистое место. В течение нескольких суток или недель не трогайте кристалл и не переставляйте стакан. В конце срока выращивания выньте кристалл из раствора, тщательно осушите бумажной салфеткой и уложите в специальную коробку. Руками кристалл не трогайте, иначе он потеряет прозрачность.

4. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Что может служить центром кристаллизации?
2. Чем объясняется неодинаковая скорость роста различных граней одного и того же кристалла?
3. Каким способом можно насыщенный раствор сделать пересыщенным без добавления растворенного вещества?
4. Зачем раствор фильтровался?

**Лабораторная работа №11 по теме:
«Определение удельной теплоты плавления льда»**

Цель лабораторной работы:

1. Научиться определять удельную теплоту плавления льда
2. Пронаблюдать процесс плавления и описать данное явление

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия кристаллическое тело
- свойства кристаллов

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры практического использования кристаллических тел в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Определение удельной теплоты плавления льда»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- Весы и разновес.
- Термометр.
- Калориметр.
- Тающий лёд.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Плавление и кристаллизация.

Вещество может переходить из одного агрегатного состояния в другое. Вещество существует в твёрдом кристаллическом состоянии при определённых значениях давления и температуры. В этом состоянии вещество находится до тех пор, пока кинетической энергии атомов недостаточно, чтобы преодолеть силы взаимного притяжения. Эти силы удерживают атомы на некотором расстоянии друг относительно друга, не позволяя им перемещаться. При этом атом колеблется около положения равновесия. При нагревании твёрдого тела кинетическая энергия атомов (молекул) возрастает. При этом амплитуды колебаний могут стать настолько большими, что уже будут сравнимы с периодом решетки, произойдет нарушение дальнего порядка, кристаллическая решётка начинает разрушаться. При дальнейшем увеличении температуры происходит **плавление** твёрдых тел. Диаграмма плавления и кристаллизации показана на рис.

Плавление - процесс перехода вещества из кристаллического (твёрдого) состояния в жидкое.

Плавление происходит при определённой температуре, которая возрастает с увеличением внешнего давления. На диаграмме видно, что при плавлении температура $T_{пл}$ остаётся неизменной, здесь начинается переход из твёрдого состояния в жидкое. Температура $T_{пл}$ не изменяется до тех пор, пока весь кристалл не расплавится, и только тогда температура жидкости вновь начинает повышаться.

Температура плавления - постоянная температура $T_{пл}$, при которой происходит плавление вещества. При плавлении кристаллическое тело находится одновременно и в твёрдом, и в жидком состояниях. *Температура плавления зависит от рода кристаллического тела и атмосферного давления. Для большинства кристаллических тел она повышается при увеличении атмосферного давления.*

Удельная теплота плавления λ - количество теплоты, необходимое для того, чтобы перевести

твёрдое тело массой 1 кг, находящегося при температуре плавления, в жидкость $\lambda = \frac{Q}{m}$. В СИ удельная теплота плавления выражается в джоулях на килограмм (Дж/кг). Количество теплоты, необходимое для плавления вещества массой m $Q = \lambda m$. В процессе плавления теплота, сообщаемая веществу, идёт на совершение работы по разрушению кристаллической решётки, поэтому $T_{пл} = const$ до расплавления всего кристалла. Затем подводимая теплота пойдёт опять на увеличение энергии частиц жидкости, в результате её температура повышается.

При плавлении внутренняя энергия тела увеличивается.

Следующий на диаграмме процесс после нагревания жидкости её охлаждение до температуры плавления. После начинается процесс кристаллизации (отвердевания) жидкости.

Кристаллизация (отвердевание) - процесс перехода вещества из жидкого состояния в кристаллическое (твёрдое).

Для химически чистой жидкости этот процесс идёт при постоянной температуре кристаллизации, которая равна температуре плавления.

Процесс кристаллизации сопровождается выделением теплоты кристаллизации, которая равна теплоте плавления. Во время этого процесса происходит упорядочение движения молекул жидкости, в результате они начинают колебаться около положения узлов кристаллической решётки. Процесс кристаллизации изотермический. Температура кристаллизации и удельная теплота кристаллизации равны соответственно температуре плавления и удельной теплоте плавления для одного и того же тела при одном и том же давлении. Когда кристаллизации закончится (см. диаграмму), тело начнёт охлаждаться.

Процесс кристаллизации происходит в двухфазной системе, вблизи центров кристаллизации. Такими центрами могут быть пылинки, мельчайшие примеси, неоднородности. Если жидкость чистая, т.е. в ней нет центров кристаллизации, то при её быстром охлаждении можно получить переохлаждённую жидкость (т.е. жидкость с температурой ниже температуры кристаллизации). Состояние переохлаждения является неустойчивым: при сильном переохлаждении образуются центры кристаллизации и жидкость превращается в твёрдое тело. Это состояние, в котором обнаруживаются структурные свойства, промежуточные между свойствами твёрдого кристалла и жидкости. Жидкие кристаллы образуют вещества, молекулы которых имеют удлинённую палочкообразную форму (см п.2) Образование жидких кристаллов происходит в узком интервале температур, при охлаждении жидкие кристаллы превращаются в твёрдые.

У некоторых твёрдых тела, таких, например, как нафталин, йод, камфара, твёрдая углекислота (сухой лёд), наблюдается переход сразу из твёрдого состояния в газообразное, т.е. происходит испарение.

Удельная теплота плавления льда определяется из уравнения теплового баланса, которое составляется при тепловом обмене на основании закона сохранения энергии:

$$\sum Q_{отд} = \sum Q_{прин}$$

$Q_1 = C_v \cdot m_v \cdot (t_v - \theta)$	- Отдано водой при остывании от t_v до θ
$Q_2 = C_a \cdot m_a \cdot (t_a - \theta)$	- Отдано алюминиевым сосудом
$Q_3 = \lambda_l \cdot m_l$	- Принято льдом при плавлении

$$Q_4 = C_B \cdot m_{\text{л}} \cdot (\theta - t_{\text{л}}) \quad - \text{Принято при нагревании воды, образовавшейся из льда}$$

$$Q_1 + Q_2 = Q_3 + Q_4 \quad - \text{Закон сохранения энергии}$$

$$C_B \cdot m_B \cdot (t_B - \theta) + C_a \cdot m_a \cdot (t_a - \theta) =$$

$$= \lambda_{\text{л}} \cdot m_{\text{л}} + C_B \cdot m_{\text{л}} \cdot (\theta - t_{\text{л}}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \lambda_{\text{л}} = \frac{C_B \cdot m_B \cdot (t_B - \theta) + C_a \cdot m_a \cdot (t_a - \theta) - C_B \cdot m_{\text{л}} \cdot (\theta - t_{\text{л}})}{m_{\text{л}}} \quad - \text{Уравнение теплового баланса}$$

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Проверить весы и термометр. Определить цену деления термометра.
2. Определить массу внутреннего сосуда калориметра m_a .
3. Налить в сосуд теплой воды и найти её массу $m_B = m_{\text{общ},1} - m_a$.
4. Собрать калориметр и замерить начальную температуру.
5. Обсушить кусочек льда и положить его в калориметр, $t_{\text{л}} = 0^\circ\text{C}$.
6. Перемешивая воду в калориметре, выждать пока температура не перестанет понижаться и записать температуру смеси $\theta, ^\circ\text{C}$.
7. Вновь взвесить алюминиевый сосуд калориметра $m_{\text{общ},2}$ и определить массу льда $m_{\text{л}} = m_{\text{общ},2} - m_a - m_B$.
8. Все данные записать в таблицу, составить уравнение теплового баланса и рассчитать $\lambda_{\text{л}}$.

Рассчитать погрешности: абсолютная: $\Delta\lambda = |\lambda_{\text{табл}} - \lambda_{\text{опыт}}|$ и относительная: $\delta\lambda = \frac{\Delta\lambda}{\lambda_{\text{табл}}} \cdot 100\%$.

Таблица.

Вещество	m, кг	$t, ^\circ\text{C}$	$\theta, ^\circ\text{C}$	C, ДЖ/(кг $^\circ\text{C}$)	λ	Погрешности	
						$\Delta\lambda$	$\Delta\lambda, \%$
Алюминиевый сосуд							
Вода							
Тающий лёд							

9. Вывод

Контрольные вопросы:

1. Что показывает удельная теплота плавления вещества?
2. Лед принесли в помещение с температурой 0°C . Будет ли лед таять в этом помещении, почему?

Лабораторная работа №12 по теме: «Определение удельного сопротивления проводника»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности удельного сопротивления проводника и параметров влияющих на его значение.
2. Совершенствовать практические навыки определять удельного сопротивления проводника

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия удельного сопротивления проводника
- электрический ток

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- определять удельного сопротивления проводника
- приводить примеры практического применения удельного сопротивления проводника в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:
«Определение удельного сопротивления проводника»;
- 1) . Реостат (2 шт.)
 - 2) Штангенциркуль
 - 3) Линейка
 - 4) Провода и эл. Вилка
 - 5) Мульти метр

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

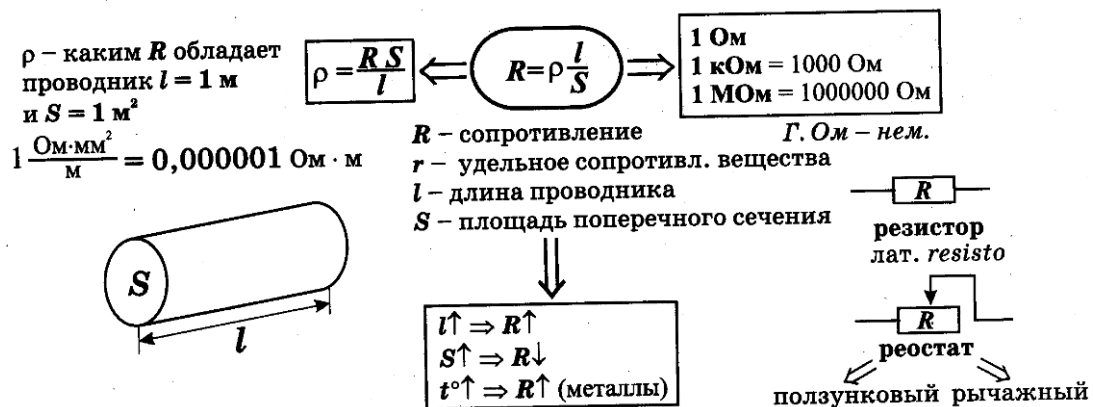
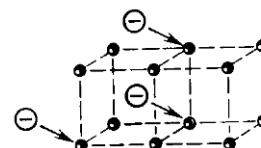
Сопротивление – физическая величина, характеризующая способность проводника сопротивляться протеканию тока в нем

Электрическое сопротивление:

Электроны тормозятся за счет взаимодействия с ионами кристаллической решетки.

$$I = U/R, R = U/I, \text{ но } R \text{ не зависит от } I \text{ и } U.$$

От чего зависит R?

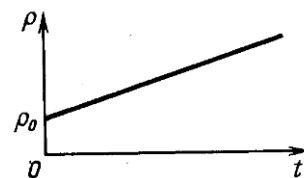


Удельное сопротивление меди $\rho = 0,017 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$, что означает: медный проводник длиной 1 м, площадью поперечного сечения 1 мм^2 имеет сопротивление $0,017 \text{ Ом}$.

За сопротивление в 1 Ом приняли сопротивление проводника, на который подали разность потенциалов 1 В при силе тока 1 А.

Зависимость удельного сопротивления проводника от температуры

Интенсивность колебаний узлов кристаллической решетки увеличивается с ростом температуры. Следовательно, чем больше температура, тем больше сопротивление движению электронов: $R = R_0 (1 + \alpha t)$. В металлах концентрация свободных электронов постоянная, поэтому $\rho = \rho_0 (1 + \alpha \Delta t)$, $\alpha = \frac{\Delta \rho}{\rho_0 \Delta t}$, где $\alpha \approx 1/273 \text{ К}^{-1}$

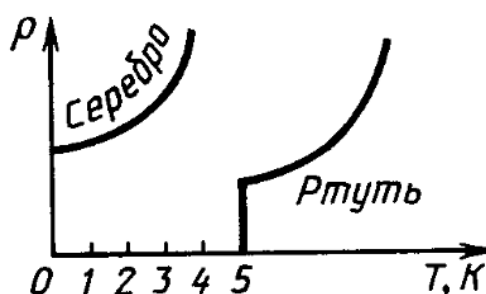


¹ для чистых металлов и $\alpha < 0$ для растворов электролитов.

Сверхпроводимость

Голл. физик Г. Камерлинг – Оннес (1911) открыл явление сверхпроводимости.

С понижением температуры сопротивления серебра убывает, но не бывает меньше определенного значения, даже при $T \approx 0 \text{ К}$. В то же время сопротивление ртути обращается в нуль при критической температуре: $4,2 \text{ К}$. Объяснение сверхпроводимости возможно только на основе квантовой теории.



1987 г. – высокотемпературные сверхпроводники (керамика) $\sim 100 \text{ К}$.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

- 1) Измерить штангенциркулем диаметр цилиндра реостата (D)
- 2) Подсчитать число витков в 1 см. (n_1)
- 3) Измерить длину реостата (L)
- 4) Рассчитать длину проволоки по формуле – $l = \pi D n_1 L$
- 5) Измерить штангенциркулем диаметр проволоки (d) и определить площадь поперечного сечения по формуле - $S = \pi d^2 / 4$
- 6) Измерить сопротивление R с помощью мультиметра
- 7) Рассчитать удельное сопротивление проводника - $\rho = RS/l$
- 8) Найти погрешность опыта - $\Delta \rho, \delta \rho$
- 9) Записать в таблицу
- 10) Вывод

№ опыта	Д. реостат	n_1 витков	L реостат	l провол.	d провол.	S	R Ом	$\Delta\rho$	$\delta\rho$
1 больш.									
2 меньш.									

Контрольные вопросы:

- 1 Почему удельное сопротивление проводника зависит от рода материала?
- 2 Как удельное сопротивление зависит от температуры?

**Лабораторная работа №13 по теме:
«Изучение закона Ома для участка цепи»
(выполняется виртуально)**

Цель лабораторной работы:

1. Научиться рассчитывать параметры электрической цепи,
2. Применять закона Ома для участка цепи
3. Изучить зависимость силы тока от напряжения
4. Строить вольт - амперную характеристику.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия силы тока
- напряжения
- сопротивления
- закона Ома для участка цепи

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры практического использования закона

Ома для участка цепи в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

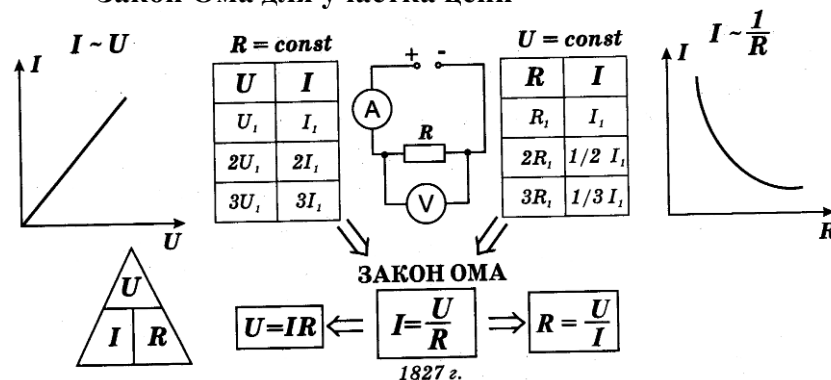
- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Изучение закона Ома для участка цепи»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»;
- компьютер

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Согласно закону Ома сила тока на участке цепи прямо пропорциональна напряжению на его концах и обратно пропорциональна его сопротивлению.

$$I = \frac{U}{R}$$

Закон Ома для участка цепи



ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Нарисовать электрическую цепь приведенную на рисунке 1.
2. Пользуясь таблицей, построить графики зависимости силы тока на участке цепи от

напряжения на его концах для каждого резистора. Графики можно расположить на одних осях координат.

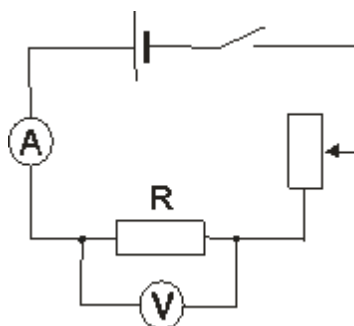
3. Построить графики зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении.
4. На основании построенных графиков сделать вывод о характере зависимости силы тока от напряжения, силы тока от сопротивления и о справедливости закона Ома.
5. Вывод

Таблица 2

№	сопротивление	напряжение	сила тока
1			
2			
3			

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
2. Как изменится сила тока в проводнике при увеличении напряжения на нем в два раза?
3. Как изменится сопротивление проводника при увеличении напряжения на нем в два раза?



6. Определить предел измерения и цену деления шкалы вольтметра и ампер-метра. Результаты занесите в таблицу 1.

	Предел измерения	Цена деления шкалы
Амперметр		
вольтметр		

7. Выбрать первый резистор R1.
8. Установить движок реостата в крайнее правое положение. Записать показания амперметра и вольтметра.
9. Передвинуть движок реостата в среднее положение. Записать показания амперметра и вольтметра.
10. Передвинуть движок реостата в крайнее левое положение. Записать показания амперметра и вольтметра.
11. Повторить измерения для резисторов R2 и R3.
12. Результаты измерений занести в таблицу 2.

13. Пользуясь таблицей, построить графики зависимости силы тока на участке цепи от напряжения на его концах для каждого резистора. Графики можно расположить на одних осях координат.
14. Построить графики зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении.
15. На основании построенных графиков сделать вывод о характере зависимости силы тока от напряжения, силы тока от сопротивления и о справедливости закона Ома
16. Пользуясь таблицей, построить графики зависимости силы тока на участке цепи от напряжения на его концах для каждого резистора. Графики можно расположить на одних осях координат.
17. Построить графики зависимости силы тока от сопротивления проводника при постоянном напряжении.
18. На основании построенных графиков сделать вывод о характере зависимости силы тока от напряжения, силы тока от сопротивления и о справедливости закона Ома.

Таблица 2

№	сопротивление	напряжение	сила тока
1			
2			
3			

Контрольные вопросы:

- 1 Сформулируйте закон Ома для участка цепи.
- 2 Как изменится сила тока в проводнике при увеличении напряжения на нем в два раза?
- 3 Как изменится сопротивление проводника при увеличении напряжения на нем в два раза?

**Лабораторная работа №14 по теме:
«Определение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока.»**

Цель лабораторной работы:

1. Научиться определять ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока.
2. Применять закона Ома для полной цепи
3. Изучить зависимость силы тока от напряжения и ЭДС

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия ЭДС
- сторонних сил
- внутреннего сопротивления
- закона Ома для полной цепи

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры практического использования закона Ома полной цепи в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Изучение закона Ома для полной цепи»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Оборудование – гальванический элемент на 4,5В;
- Амперметр;
- Вольтметр;
- Реостат до 30 Ом;
- Ключ кнопочный;
- Соединительные.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Электродвижущая сила источника тока. Закон Ома для полной цепи.

Для существования электрического тока необходимо наличие электрического поля в проводнике.

Прибор, обеспечивающий существование в проводнике разности потенциалов, называется **источником тока**.

В нём происходит разделение зарядов разных знаков под действием сил неэлектрической природы: химических, механических, термоэлектрических и других. Такие силы называют **сторонними**. **Сторонними** называют **любые силы**, действующие на электрические заряженные частицы, за исключением сил электростатического происхождения (т.е. кулоновских).

Электростатическое поле потенциально. Работа этого поля при перемещении в нём заряженных частиц по замкнутой электрической цепи равна нулю. Происхождение же тока по проводникам сопровождается выделением энергии - проводник нагревается. Следовательно, в цепи должен быть какой-то источник энергии, поставляющий её в цепь. В нём, помимо кулоновских сил, обязательно должны действовать сторонние, не потенциальные силы. Работа этих сил вдоль замкнутого контура должна быть отлична от нуля.

Именно в процессе совершения работы этими силами заряженные частицы приобретают внутри источника тока энергию и отдают её затем проводникам электрической цепи.

Количественной характеристикой источника тока является **электродвижущая сила ЭДС**.

Электродвижущая сила ξ – физическая величина, являющаяся энергетической характеристикой источника тока и численно равная отношению работы стороннего поля по переносу заряда вдоль

замкнутой цепи, к величине этого заряда: $\xi = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$ (7)

Электродвижущую силу выражают в вольтах. $[\xi] = \text{В}$.

Не потенциальное поле, способное компенсировать потери энергии, вызванные выделением джоулева тепла, называется **сторонним полем**.

ЭДС гальванического элемента есть величина, численно равная работе сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда внутри элемента от одного полюса к другому.

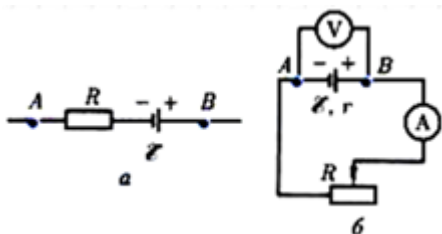
Работа сторонних сил не может быть выражена через разность потенциалов, т.к. сторонние силы не потенциальны и их работа зависит от выбора формы траектории перемещения зарядов.

Напряжение (падение напряжения) – физическая величина, определяемая полной работой, которую совершает поле кулоновских и сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда

вдоль данного участка цепи: $U_{12} = \frac{A_{12} + A_{\text{ст}}}{q_0}$ (8),

где работа сил электростатического поля при перемещении заряда q_0 из точки А в точку В (рис): $A_{12} = q_0(\varphi_1 - \varphi_2)$ (9)

Подставив формулы (7) и (9) в выражение (8) найдём, что напряжение на участке АВ, содержащем источник тока, равно сумме разности потенциалов и ЭДС источника на этом участке:



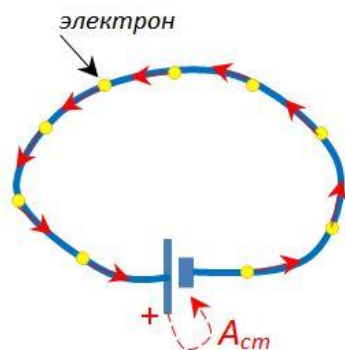
$U_{12} = U_{BA} = (\varphi_A - \varphi_B) + \xi_{AB}$ Понятие напряжения является обобщением понятия разности потенциалов в том случае, если на этом участке не действует ЭДС, т.е. сторонние силы отсутствуют. Единица напряжения такая же, как единица потенциала – вольт (В).

Рассмотрим замкнутую цепь, состоящую из внешней части, имеющей сопротивлений R , и внутренней – источника тока, сопротивление которого r (рис б). Согласно закону сохранения энергии, ЭДС источника тока равна сумме падений напряжений на внешнем и внутреннем участках цепи, так как при перемещении по замкнутой цепи заряд возвращается в исходное положение – точку с тем же потенциалом (т.е. $j_A = j_B$): $\xi = IR + Ir$, где IR и Ir – падения напряжения соответственно на внешнем и внутреннем участках цепи.

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи называют **падением напряжения на этом участке**

Таким образом, ЭДС источника равна сумме падений напряжения на внешнем и внутреннем участках замкнутой цепи.

Сторонние силы – силы неэлектрической природы, вызывающие разделение зарядов



Электродвижущая сила – отношение работы сторонних сил по перемещению заряда внутри источника тока к этому заряду

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

$$A_{ст} = Q_{внеш} + Q_{внутр}$$

Закон Ома для полной цепи

Сила тока в замкнутой цепи равна отношению ЭДС источника к полному сопротивлению цепи

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

Схема 1.

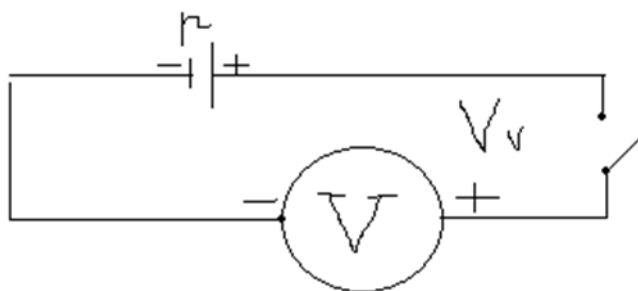
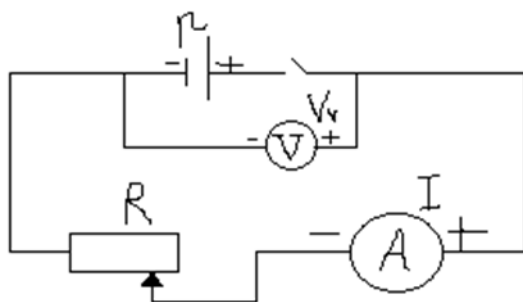


Схема 2.



Практически ЭДС источника тока можно определить с помощью вольтметра подключенного непосредственно к полюсам источника по схеме 1.

$$E = U_{\text{внеш}} + U_{\text{внут}} \quad U_{\text{внеш}} = U_V \quad U_{\text{внут}} = 0/\text{очень мало}$$

$$E = U_V$$

По схеме 2. $E = U_V + I r$

г можно определить по формуле $r = \frac{E - U_V}{I}$

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Определить цену деления амперметра и вольтметра.
2. Определить предел измерения амперметра и вольтметра.
3. Собрать схему 1. Замерить ЭДС источника тока E вольтметром и записать в таблицу.
4. Собрать электрическую цепь по схеме 2.
5. Установить ток 0,2А. Измерить напряжение. Записать в таблицу.
6. Повторить опыт 4 раза, увеличивая ток на 0,2А каждый раз.
7. Рассчитать внутреннее сопротивление по формуле

$$r = \frac{E - U_V}{I}$$

8. Найти среднее значение r ср.

9. Рассчитать погрешности

$$\Delta r = r_{\text{ср}} - r_{\text{оп}}$$

$$r_{\text{ср}} = \frac{r_1 + r_2 + r_3 + r_4 + r_5}{5}$$

$$\delta_r = \frac{\Delta r_{\text{ср}}}{r_{\text{ср}}} \cdot 100\%$$

10. Вывод

N оп	E, В	$U_V, В$	I, А	r, ом	R, ср ом	Δr , ом	Δr ср	δr %
1.			0,2					
2.			0,4					
3.			0,6					
4.			0,8					
5.			1,0					

-Контрольные вопросы:

1. Какова физическая суть электрического сопротивления?
2. Какова роль источника тока в электрической цепи?
3. Каков физический смысл ЭДС? Дать определение вольту.
4. Соединить на короткое время вольтметр с источником электрической энергии, соблюдая полярность. Сравнить его показание с вычисленным по результатам опыта ε .
5. От чего зависит напряжение на зажимах источника тока?

Лабораторная работа №15 по теме:

“Определение термического (температурного) коэффициента сопротивления меди”

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности термического (температурного) коэффициента сопротивления меди, о величинах, влияющих на его значение.
2. Совершенствовать практические навыки определять коэффициент температурного сопротивления меди

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия термического (температурного) коэффициента сопротивления меди
- зависимость сопротивления от температуры

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

делать выводы на основе экспериментальных данных;

вычислять значение термического (температурного) коэффициента сопротивления меди

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:

«Определение термического (температурного) коэффициента сопротивления меди»;

- конспект лекций по дисциплине «Физика»

- Реохорд
- Миллиамперметр 5-0-5
- Магазин сопротивления до 100 Ом
- Ключ кнопочный
- Катушка из медной проволоки в стеклянном футляре
- Термометр 0-100⁰С
- Сосуд с горячей водой
- Соединительные провода
- Электровилка с проводами

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Температурный коэффициент α - это величина, характеризующая относительное изменение удельного сопротивления проводника при нагревании его на 1⁰С или 1 К: $\alpha = \frac{\rho - \rho_0}{\rho_0 \cdot t}$.

Для чистых металлов (при очень низких температурах) $\alpha = \frac{1}{273} \text{ К}^{-1}$

Температурные коэффициенты сопротивления различны при разных температурах. Зависимость сопротивления металлов от температуры положена в основу устройства *термометров сопротивления*.

Термометры сопротивления, в которых в качестве рабочего вещества используются изготовленные по специальной технологии проводника, называют **термисторами**.

Они используются как при очень высоких, так и при очень низких температурах, когда применение жидкостных термометров невозможно. Термисторы, обладая большей зависимостью сопротивления от температуры, а поэтому и большей чувствительностью, позволяют измерять температуру с точностью до миллионных долей градуса.

Из понятия о проводимости проводника следует, что чем меньше сопротивление проводника, тем больше его проводимость. При нагревании чистых металлов их сопротивление увеличивается, а при охлаждении - уменьшается. Проводимость чистых металлов при нагревании уменьшается, а при охлаждении увеличивается.

В 1911 г. голландский физик Х. Камерлинг - Оннес провел опыты с ртутью, которую можно получить в чистом виде. Он столкнулся с новым, совершенно неожиданным явлением. Удельное сопротивление ртути при температуре 4,2К (около -269⁰С) резко упало до такой малой величины, что его практически невозможно стало измерить. Это явление обращения электрического сопротивления в нуль Камерлинг - Оннес назвал *сверхпроводимостью*.

Сверхпроводимость - физическое явление, заключающееся в скачкообразном падении до нуля сопротивления вещества при критической температуре.

Критическая температура $T_{кр}$ - температура скачкообразного перехода вещества из нормального состояния ($T > T_{кр}$) в сверхпроводящее ($T < T_{кр}$).

Сверхпроводник - вещество, которое может переходит в сверхпроводящее состояние.

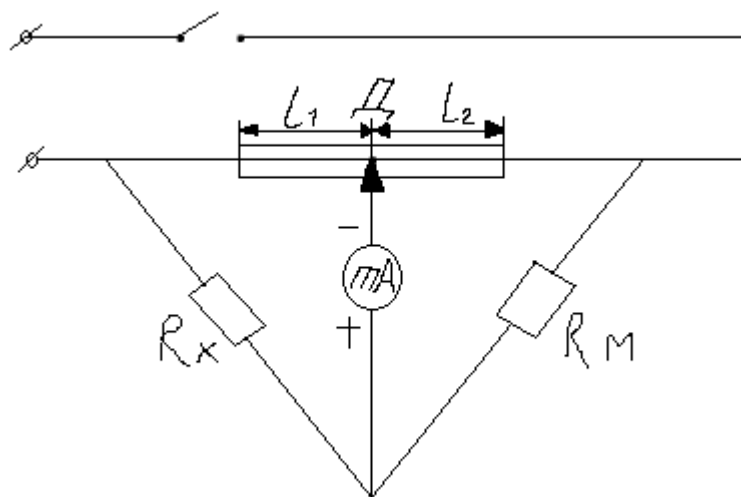
Ток в сверхпроводниках может протекать неограниченно долгое время из-за отсутствия сопротивления.

Свойством сверхпроводимости обладают около половины металлов, свыше тысячи сплавов и соединений металлов.

Такие металлы, как серебро, медь, золото, платина, являющиеся хорошими проводниками при $T_0 = 293K$, не переходят в сверхпроводящее состояние.

В настоящее время сверхпроводимость обнаружена у более 25 металлических соединений, большего числа сплавов, некоторых полупроводников и полимеров. Температура $T_{кр}$ перехода проводника в сверхпроводящее состояние для чистых металлов лежит в пределах от 0,41К (для иридия) до 9,22К (для ниобия)

Движение электронов в металле, находящемся в состоянии сверхпроводимости, является до такой степени упорядоченным, что электроны, перемещаясь по проводнику, почти не испытывают соударений с атомами и ионами решётки. Полное объяснение явления сверхпроводимости можно дать с позиции квантовой механики.



$$R_1 = R_0 \cdot (1 + \alpha t_1^0) \text{ разделим и}$$

$$R_2 = R_0 \cdot (1 + \alpha t_2^0) \text{ получим}$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{1+at_1^0}{1+at_2^0} \text{ откуда}$$

$$a = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2^0 - R_2 t_1^0} \text{ температурный коэффициент сопротивлен}$$

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Собрать электрическую цепь по схеме (без разрешения преподавателя эл.цепь

НЕ ЗАМЫКАТЬ

Измерения при начальной температуре t_1^0					Измерения при конечной температуре t_2^0					
R_m	$t_1^0 \text{ C}$	l_1	l_2	$R_1 = R_m \cdot \frac{l_1}{l_2}$	R_m	$t_2^0 \text{ C}$	l_1^1	l_2^1	$R_2 = R_m \cdot \frac{l_1}{l_2}$	$a_{\text{опыта}}$
70					70					

R_m взять 70 Ом (убрать штепсель 20 Ом, 50 Ом)

2. Перемещая движок реохорда Д, установить его так, чтобы стрелка при замыкании эл.цепи оставалась на нуле.
3. Измерить длину плеч реохорда l_1 и l_2 , рассчитать сопротивления R_x
 $R_x = R_1 = R_m \cdot \frac{l_1}{l_2}$ из пропорции $\frac{R_1}{R_2} = \frac{l_1}{l_2}$
4. Измерить температуру t_1^0 , ПОМЕСТИТЬ катушку в сосуд с горячей водой, через 5 минут замерить температуру t_2^0 .
5. Вновь перемещая движок Д, установить стрелку миллиамперметра на нуль, измерить l_1 и l_2 , рассчитать $R_2 = R_m \cdot \frac{l_1}{l_2}$
6. Рассчитать $a = \frac{R_2 - R_1}{R_1 t_2^0 - R_2 t_1^0}$

Расчёты делать в системе “СИ”

7. Рассчитать погрешности:

$$\Delta a = |a_{\text{табл}} - a_{\text{опыта}}|, \text{ где } a_{\text{табл}} = 0,0043 \text{град}^{-1}$$

$$\delta a = \frac{\Delta a}{a_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

8. Вывод:

Контрольные вопросы:

- 1 Как зависит сопротивление проводника от его температуры?
- 2 Что показывает удельное сопротивление проводника?

Лабораторная работа №16 по теме:

«Исследование зависимости мощности лампочки от напряжения на её зажимах»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о понятии мощности электрического тока.
2. Совершенствовать практические навыки определять мощности лампочки от напряжения

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия мощности
- зависимость мощности от напряжения

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- вычислять значение мощности электрического тока

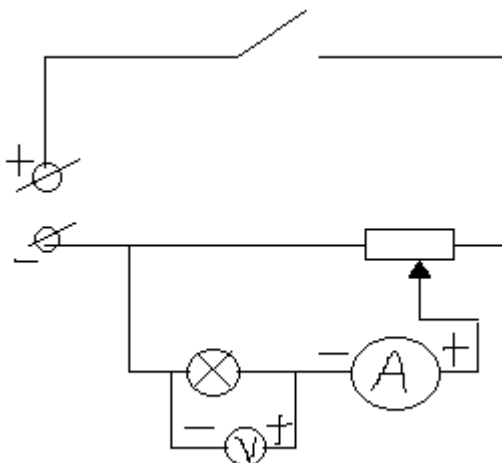
Цель лабораторной работы:

- определять значение мощности электрического тока
- приводить примеры практического применения
- использования в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:
- «Исследование зависимости мощности лампочки от напряжения на её зажимах»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Источник постоянного тока (10-15В)
- Реостат на 30 Ом (большой)
- Ключ
- Эл. Лампочка на подставке -6В
- Амперметр на 1А
- Вольтметр на 6В
- Соединительные провода 6 шт.
- Эл. вилка с проводами

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ



Мощность тока P - физическая величина, показывающая работу тока, совершенную в единицу времени и равная отношению совершенной работы ко времени, в течение которого эта работа была совершена: $P = \frac{A}{t}$ (11)

Электрическая мощность, так же как и механическая, выражается в *ваттах* (Вт).

Это выражение (11) для мощности можно переписать в нескольких эквивалентных формах, используя закон Ома для участка цепи: $P = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$

На большинстве электроприборов потребляемая ими мощность, предельное значение силы тока, а также предельное значение напряжения. В быту для расчётов потребляемой энергии часто используется единица кВт·ч: $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Дж}$



Подставляя в формулу (11) выражение для работы $A = I\xi$, мы получим, что **полная мощность тока** в замкнутой цепи $P_0 = I\xi$. Эта мощность частично выделяется на внешней цепи (иногда её называют полезной мощностью), частично - на внутреннем сопротивлении (потери мощности) $P_0 = P + \Delta P$.

Полезная мощность (P) выделяется на внешнем сопротивлении, где действует стационарное электрическое поле. Работа этого поля находится по формуле: $A = qU$, или, так как $q = It$, $A = IUt$. Подставив это выражение в (11), получим: $P = UI$. Заменяя здесь напряжение на $U = IR$ или силу тока на

$I = U/R$, можно получить еще две формулы: $P = I^2 R = \frac{U^2}{R}$. Потери мощности (ΔP), вызванные нагреванием источника тока, находят по формуле $\Delta P = I^2 r$. Складывая полезную мощность $P = I^2 R$ с потерями $\Delta P = I^2 r$, получаем полную мощность в виде $P_0 = I^2 \cdot (R + r)$.

Отношение полезной мощности к полной определяет **коэффициент полезного действия** (КПД) источника тока: $\eta = \frac{P}{P_0} = \frac{I^2 R}{I^2 \cdot (R + r)} = \frac{R}{R + r}$.

Полезная мощность максимальна в том случае, когда сопротивление нагрузки равно внутреннему сопротивлению источника тока. В этом состоит так называемое условие согласования нагрузки и источника.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Определить цену деления амперметра и вольтметра и пределы их измерения.
2. Подготовить к работе приборы и соединительные провода.
3. Собрать электрическую цепь по схеме.
Примечание: без разрешения преподавателя цепь не замыкать.
4. Вывести движок реостата в положение А, соответствующее напряжению на лампочке равному нулю.
Замкнуть цепь и записать значение тока и напряжения в таблицу.
5. Постепенно перемещая движок реостата вправо, повышать напряжение на 0,5В и записать соответствующее значение тока.

6. Рассчитать мощность $P=UJ$ и построить график

7. Вывод

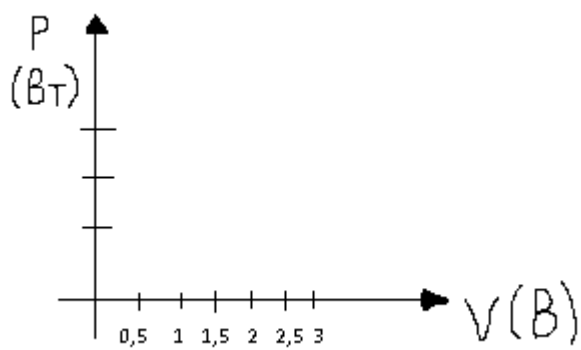
Таблица.

U (В)	0 В	0,5 В	1 В	1,5 В	2 В	2,5 В	3 В	3,5 В	4 В	5 В
J (А)										
P (Вт)										

Таблица: U:1см – 0,5В

P:1см-0,1Вт

График.



Контрольные вопросы:

1 Что называют работой тока?

2 Что называют мощностью тока?

Лабораторная работа №17 по теме

“Определение электрохимического эквивалента меди.”

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о понятии химического действия электрического тока.
2. Совершенствовать практические навыки определять электрохимического эквивалента меди.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия электролиза, электролитов
- зависимость электрохимического эквивалента меди от силы тока

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- вычислять значение электрохимического эквивалента

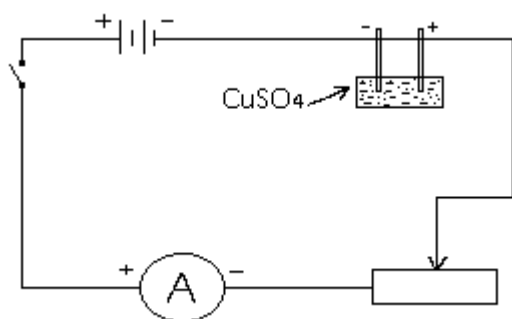
Цель лабораторной работы:

- определять значение электрохимического эквивалента
- приводить примеры практического применения электролитов
- использования электролиза в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

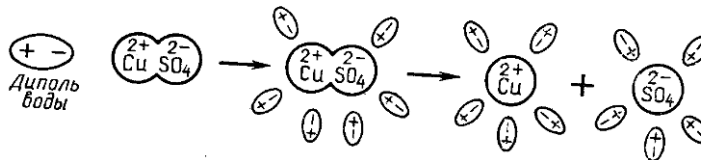
- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:
«Определение электрохимического эквивалента меди»;
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
 - Весы и разновес
 - Источник тока
 - Провода 6 шт
 - Амперметр (2А)
 - Реостат
 - Ключ
 - Электролитная ванна с раствором медного купороса
 - Медные электроды со вставкой
 - Секундомер

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ



Электролиты – жидкие проводники, в которых подвижными носителями зарядов являются ионы. (ионы)

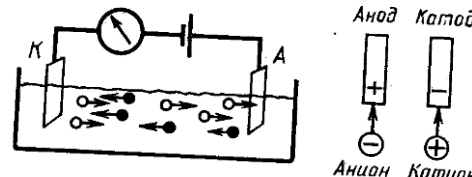
Электролитическая диссоциация – распад молекул на ионы.



Интенсивность электролитической диссоциации зависит:

1. От температуры раствора.
2. От концентрации раствора.
3. От рода раствора (его диэлектрической проницаемости)

Ионная проводимость: прохождение тока связано с переносом вещества.



Электрический ток представляет собой сумму токов катионов (в сторону катода) и анионов (в сторону анода).

Электролиз – выделение на электродах вещества, входящего в состав электролита.

Первый закон Фарадея: масса вещества, выделившегося на катод, прямо пропорциональна заряду, прошедшему через электролит.

$$m = kI\Delta t = kq$$

где k – электрохимический эквивалент вещества численно равен массе выделившегося вещества, при переносе заряда в 1 Кл. $[k] = 1 \text{ кг/Кл}$

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Зачистить наждачную бумагу катодную пластину
2. Определить массу катодной пластины с точностью до 0,01 (м).
3. Собрать электросхему по рис. 1, присоединить взвешенный электрод к отрицательному полюсу источника тока. (без разрешения преподавателя эл. цепь НЕ ЗАМЫКАТЬ).
4. Включить ток и заметить время включения.
5. Поддерживать ток реостата не более 0,5 А.
6. Через 15-20 мин. Выключить ток, вынуть катодную пластину, просушить, взвесить (m_2).
7. Найти массу меди на катоде с точностью до 0,01 г.

$$\Delta m = m_2 - m$$

8. Вычислить электрохимический эквивалент меди по Фарадею:

$$k = \frac{\Delta m}{It}$$

9. Результаты записать в таблицу. Рассчитать погрешности:

$$\Delta k = |k_{\text{табл.}} - k_{\text{опыта}}|; \quad \delta k = \frac{\Delta k}{k_{\text{табл.}}} \cdot 100\%$$

10. Вывод

Таблица.

№ опыта	m1 кг	m2 кг	Δm кг	$\mathcal{I}$ А	t сек	$k = \frac{\Delta m}{\mathcal{I} y}$	Δk	δk

Контрольные вопросы:

1 Что называют электролитами?

2 Что представляет собой ток в электролитах?

Лабораторная работа № 18 по теме:
«Исследование зависимости силы тока от электрической емкости конденсатора в цепи переменного тока»

Цель лабораторной работы:

1. Исследовать зависимость проводимости конденсатора от силы тока.
2. Рассчитывать емкость батареи конденсаторов

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия электрической емкости
- зависимость силы тока от электрической емкости конденсатора в цепи переменного тока

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- вычислять силу тока от электрической емкости конденсатора в цепи переменного тока

Цель лабораторной работы:

- определять значение электрической емкости
- приводить примеры практического применения конденсаторов
- использования конденсаторов в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

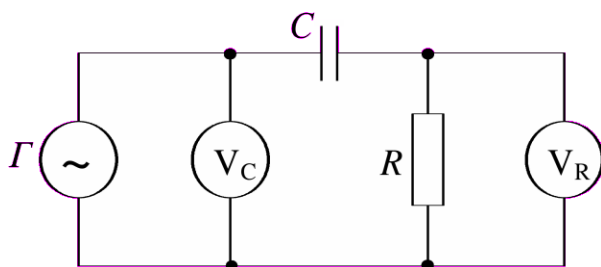
методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:

«Исследование зависимости силы тока от электрической емкости конденсатора в цепи переменного тока»

- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Плоский конденсатор,
- диэлектрическая пластина,
- генератор синусоидального напряжения,
- два цифровых вольтметра.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Схема установки:



В работе исследуется плоский конденсатор, который представляет собой две плоские

проводящие пластины (обкладки), расположенные параллельно друг другу, причем заряд одной пластины q , а другой пластины $(-q)$. Расстояние между пластинами d предполагается малым по сравнению с линейными размерами пластин. В этом случае распределение зарядов по пластинам мож-

но считать равномерным, а электрическое поле

E между пластинами одно-

$$\sigma = \frac{q}{S}, \quad E = \frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{u}{d},$$

где $\varphi_1 - \varphi_2 = u$ - разность потенциалов между пластинами (напряжение на конденсаторе), σ - поверхностная плотность заряда, S - площадь пластины.

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon \epsilon_0}$$

где ϵ - диэлектрическая проницаемость вещества между пластинами, ϵ_0 - электрическая постоянная. Из формул следует, что заряд конденсатора пропорционален приложенному к нему напряжению

$$q = Cu$$

Коэффициент пропорциональности

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

называют электроемкостью (или просто емкостью) конденсатора. Рассмотрим теперь случай, когда конденсатор включен в цепь переменного

тока $i = I_m \cos \omega t$, где I_m - амплитуда тока, ω - циклическая частота. Тогда

$$\text{напряжение на конденсаторе} \quad u = \frac{q}{C} = \frac{1}{C} \int i dt = \frac{I_m}{\omega C} \sin \omega t$$

$$\text{Это выражение можно переписать в виде} \quad u = U_m \cos \left(\omega t - \frac{\pi}{2} \right), \text{ где } U_m = \frac{1}{\omega C} I_m$$

амплитуда напряжения на конденсаторе. Величину

$$X_C = 1/\omega C$$

называют емкостным сопротивлением.

В цепях переменного тока обычно измеряют не амплитудные, а эффективные значения тока и напряжения:

$$I_{\text{эфф}} = I_m / \sqrt{2}, \quad U_{\text{эфф}} = U_m / \sqrt{2}.$$

Эффективное напряжение на конденсаторе далее будем обозначать

$$U_C.$$

Тогда вместо (9) запишем $I_{\text{эфф}} = \omega C U_C = 2\pi \nu C U_C$ (9)

где $\nu = \omega/2\pi$ - частота. Это соотношение проверяется в работе экспериментально.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

Схема измерений показана на рисунке. Переменное напряжение частотой (2...20) кГц подается с выхода генератора G на конденсатор и включенный последовательно с ним резистор известного сопротивления. Эффективное значение напряжения U_C на выходе

генератора измеряется вольтметром V_C . Резистор R служит для определения тока через конденсатор: $I_{эфф} = U_R / R$; эффективное значение напряжения на резисторе U_R измеряется вольтметром V_R . Величина сопротивления резистора R выбрана достаточно малой, так что выполняется неравенство $R \ll X_C = 1/\omega C$.

В этом случае измеряемое вольтметром V_C напряжение можно считать равным напряжению на конденсаторе.

В пространство между пластинами конденсатора может быть введена пластина из диэлектрика. По изменению величины емкости конденсатора определяется диэлектрическая проницаемость диэлектрика. ϵ

Упражнение 1. Определение емкости конденсатора.

Установите частоту генератора, равной 20 кГц, а напряжение на выходе

генератора (измеряется вольтметром V_C) $U_C \approx 50$ В. Определите падение напряжения на сопротивлении R и рассчитайте величину тока $I_{эфф}$. С помощью формулы найдите емкость конденсатора. Найденное значение C сравните с теоретическим. Изменяя частоту переменного тока в пределах (2...20) кГц, снимите зависимость отношения $I_{эфф}/U_C$ от частоты ν . Нанесите точки зависимости на график и по угловому коэффициенту полученной прямой определите емкость конденсатора.

Упражнение 2. Определение диэлектрической проницаемости диэлектрика. Установите между пластинами конденсатора диэлектрическую пластину. В

диапазоне частот (2...20) кГц измерьте зависимость отношения $I_{эфф}/U_C$ от частоты ν , постройте график этой зависимости. По угловому коэффициенту графика определите емкость конденсатора C' с диэлектрической пластиной и рассчитайте величину диэлектрической проницаемости по формуле

$$\epsilon = \frac{C'h}{Cd - C'(d-h)}$$

Контрольные вопросы:

1. Что такое емкость?
2. Дайте определение следующих понятий: переменный ток, амплитуда, частота, циклическая частота, период, фаза колебаний.

**Лабораторная работа № 19 по теме:
«Изучение явления электромагнитной индукции»**

Цель лабораторной работы:

- изучить явление электромагнитной индукции
- понимать значимость явления электромагнитной индукции

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- Определение явления электромагнитной индукции способы получения переменного тока

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- объяснять явление электромагнитной индукции
- делать выводы на основе экспериментальных данных

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение

лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:
- Изучение явления электромагнитной индукции
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- миллиамперметр;
- катушка-моток;
- магнит дугообразный;
- источник питания;
- катушка с железным сердечником от разборного электромагнита; реостат; ключ;
- провода соединительные; модель генератора электрического тока (одна).

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТ

Электромагнитная индукция

В 1831 году Майкл Фарадей обнаружил, что при изменении магнитного поля в катушке из проводника возникает электрический ток. Это явление назвали *электромагнитной индукцией*. **Электромагнитная индукция** - явление возникновения электрического тока в катушке из проводника при изменении магнитного поля. Электрический ток, возникающий в результате электромагнитной индукции, называется индукционным.

Опыты показали, что индукционный ток в катушке можно получить различными способами: можно вдвигать магнит в катушку или выдвигать его из катушки, можно надевать катушку на магнит или снимать её с магнита.

Анализируя результаты своих опытов, Фарадей установил, что индукционный ток возникает всегда, когда изменяется пронизывающий контур магнитный поток. Сила индукционного тока не зависит от способа изменения потока магнитной индукции, а определяется лишь скоростью его изменения (см видео) отклонение стрелки гальванометра (сила тока), тем больше, чем больше скорость движения магнита, или скорость движения катушек

Индукционный ток может возникать и при отсутствии какого-либо механического движения. Достаточно поместить две катушки рядом и одну из них соединить с источником тока. Если магнитное поле тока первой катушки пронизывает вторую катушку перпендикулярно плоскостям ее витков, то при любых изменениях тока в первой катушке возникает индукционный ток во второй катушке. Появление индукционного тока в замкнутой электрической цепи катушки при любых изменениях магнитного поля означает, что при изменениях магнитного поля внутри катушки на

электрические заряды в проводе действуют силы не электростатической природы, так как работа электростатических сил по любому замкнутому контуру равна нулю. Работу этих сторонних сил характеризуют электродвижущей силой индукции. При всяком изменении магнитного потока через проводящий замкнутый контур в этом контуре возникает электрический ток. I зависит от свойств контура (сопротивление): $I_i = \frac{\xi}{R}$ ξ не зависит от свойств контура: $\xi = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$

Закон Фарадея (закон электромагнитной индукции): ЭДС индукции в замкнутом контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через площадь, ограниченную этим контуром.

ЭДС не является силой в Ньютонском смысле (неудачное название величины, сохраненное как дань традиции). ξ_i возникает при изменении магнитного потока Φ , пронизывающего контур.

$$\xi_i = - \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} - \text{ЭДС индукции.}$$

$$\xi_i = -N \cdot \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} - \text{ЭДС индукции в контуре, содержащем } N \text{ витков провода.}$$

$$\xi_i = Bvlsina - \text{ЭДС индукции при движении одного из проводников контура (так, чтобы менялся } \Phi).$$

В этом случае проводник длиной l , движущийся со скоростью v становится источником тока

$$\xi_i = B\omega SNsina - \text{ЭДС индукции в контуре, вращающемся в магнитном поле со скоростью } \omega.$$

Опыт показывает, что направление индукционного тока всегда определяется общим правилом, называемым правилом Ленца.

Правило Ленца: *индукционный ток имеет такое направление, что созданное им магнитное поле оказывает компенсирующее действие на изменение магнитного поля, вызывающее данный индукционный ток, препятствует происходящим изменениям магнитного поля.*

Важно: при возрастании магнитного потока: $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} > 0 \Rightarrow \xi_i < 0$, т.е. ЭДС индукции вызывает ток такого направления, при котором его магнитное поле уменьшает магнитный поток через контур; при уменьшении магнитного потока $\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} < 0 \Rightarrow \xi_i > 0$, т.е. магнитное поле индукционного тока увеличивает убывающий магнитный поток через контур.

Электродвижущая сила в цепи - это результат действия сторонних сил, т.е. сил неэлектрического происхождения. При движении проводника в магнитном поле роль сторонних сил выполняет сила Лоренца, под действием которой происходит разделение зарядов, в результате чего на концах проводника появляется разность потенциалов. ЭДС индукции в проводнике характеризует работу по перемещению единичного заряда вдоль проводника.

Явление электромагнитной индукции лежит в основе действия электротехнических генераторов. Если равномерно вращать проволочную рамку в однородном магнитном поле, то возникает индукционный ток, периодически изменяющий своё направление. Даже одиночная рамка, вращающаяся в однородном магнитном поле, представляет собой генератор переменного тока. Более сложные генераторы обычно являются улучшенными вариантами такого устройств

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

Оборудование: миллиамперметр; катушка-моток; магнит дугообразный; источник питания; катушка с железным сердечником от разборного электромагнита; реостат; ключ; провода соединительные; модель генератора электрического тока (одна).

1. Подключите катушку-моток к зажимам миллиамперметра.



2. Наблюдая за показаниями миллиамперметра, подводите один из полюсов магнита к катушке, потом на несколько секунд остановите магнит, а затем вновь приближайте его к катушке, вдвигая в нее (рис). Запишите, возникал ли в катушке индукционный ток во время движения магнита относительно катушки; во время его остановки.

3. Запишите, менялся ли магнитный поток Φ , пронизывающий катушку, во время движения магнита; во время его остановки.

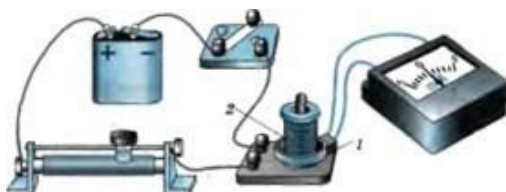
4. На основании ваших ответов на предыдущий вопрос сделайте и запишите вывод о том, при каком условии в катушке возникал индукционный ток.

5. Почему при приближении магнита к катушке магнитный поток, пронизывающий эту катушку, менялся? (Для ответа на этот вопрос вспомните, во-первых, от каких величин зависит магнитный поток Φ и, во-вторых, одинаков ли модуль вектора индукции B магнитного поля постоянного магнита вблизи этого магнита и вдали от него.)

6. О направлении тока в катушке можно судить по тому, в какую сторону от нулевого деления отклоняется стрелка миллиамперметра. Проверьте, одинаковым или различным будет направление индукционного тока в катушке при приближении к ней и удалении от нее одного и того же полюса магнита.

Приближайте полюс магнита к катушке с такой скоростью, чтобы стрелка миллиамперметра отклонялась не более чем на половину предельного

значения его шкалы.



Повторите тот же опыт, но при большей скорости движения магнита, чем в первом случае.

При большей или меньшей скорости движения магнита относительно катушки магнитный поток Φ , пронизывающий эту катушку, менялся быстрее?

При быстром или медленном изменении магнитного потока сквозь катушку в ней возникал больший по модулю ток?

На основании вашего ответа на последний вопрос сделайте и запишите вывод о том, как зависит модуль силы индукционного тока, возникающего в катушке, от скорости изменения магнитного потока Φ , пронизывающего эту катушку.

Соберите установку для опыта по рисунку.



7. Проверьте, возникает ли в катушке-мотке 1 индукционный ток в следующих случаях:
- а. при замыкании и размыкании цепи, в которую включена катушка 2;
 - б. при протекании через катушку 2 постоянного тока;
 - с. при увеличении и уменьшении силы тока, протекающего через катушку 2, путем перемещения в соответствующую сторону движка реостата.
8. В каких из перечисленных в пункте 9 случаев меняется магнитный поток, пронизывающий катушку? Почему он меняется?
9. Пронаблюдайте возникновение электрического тока в модели генератора (рис.). Объясните, почему в рамке, вращающейся в магнитном поле, возникает индукционный ток
10. Сделайте вывод.

Контрольные вопросы:

- 1. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
- 2. Кем и когда был сформулирован закон электромагнитной индукции?

**Лабораторная работа №20 по теме:
«Измерение индуктивности катушки»**

Цель лабораторной работы:

- Исследовать зависимость индуктивности катушки
 - Измерение индуктивности катушки
- определять значение индуктивности

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- Понятия индуктивности
- От чего зависит индуктивность проводника

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
 - вычислять индуктивность от параметров проводника
- приводить примеры практического применения катушки индуктивности
использования катушки индуктивности в повседневной жизни

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:

«Измерение индуктивности катушки»

- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Измерение индуктивности катушки
- прибор «Ил-58»,
- инструкция к «Ил-58»,
- дроссельная катушка,
- ярмо от сердечника разборного трансформатора.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

. Самоиндукция

Экспериментально установлено, что индукция магнитного поля в каждой точке пространства вокруг проводника с током пропорциональна силе тока в нем. Отсюда следует, что магнитный поток через контур прямо пропорционален силе тока в проводнике: $\Phi = LI$ (1)

Коэффициент пропорциональности L между силой тока I и магнитным потоком Φ через контур называется *индуктивностью контура*.

Индуктивность – это физическая величина, зависящая от площади, охватываемой контуром, формы контура, свойств среды, в которой находится контур.

Единица индуктивности в Международной системе называется *генри* (Гн). Из выражения (1) следует:

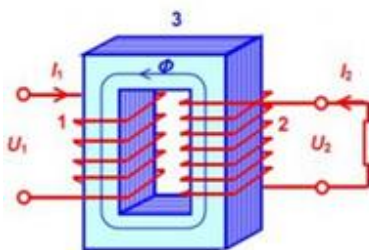
$$L = \frac{\Phi}{I} \quad (2) \quad 1\text{Гн} = \frac{1\text{Вб}}{\text{А}}.$$

Контур, в котором электрический ток силой 1 ампер создает магнитный поток 1 вебер, обладает индуктивностью 1 ге

Индуктивность контура зависит от его геометрической формы, размеров и магнитных свойств среды, в которой он находится в вакууме или воздухе: $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$ (3)

где N - общее число витков соленоида, μ_0 - магнитная постоянная.
 Учитывая, что объём соленоида $V = l \cdot S$, а $n = \frac{N}{l}$ - число витков, приходящихся на единицу длины, формулу (3) можно переписать $L = \mu_0 n^2 \cdot V$

Величину, равную отношению индуктивности контура в однородной среде к индуктивности контура в вакууме, называют **магнитной проницаемостью среды** $\mu = \frac{L}{L_0}$



Магнитная проницаемость среды - безразмерная величина

Если контур, состоящий из проводника 2 (рис. 2), поместить вблизи контура 1 с током, изменяющимся с течением времени, то в проводнике 2 будет зарегистрировано индуцированное электрическое поле.

Явление возникновения индуцированного электрического поля в проводниках, находящихся вблизи других проводников, по которым протекает изменяющийся во времени электрический ток, называют **взаимной индукцией**

1. По инструкции к «Ил-58» ознакомьтесь с порядком работы с прибором.



2. Подключив 2400 витков дроссельной катушки к выводам «R–Z» на «Ил-58», определите полное сопротивление этой части катушки.

Внимание! Так как активное сопротивление катушки меньше индуктивного более чем в 5 раз, то им можно пренебречь и считать $Z = X_L$

3. Вставив ярмо в катушку, опять определите полное сопротивление катушки.
4. Вынув из катушки ярмо, подключите 3600 витков катушки к зажимам «R–Z» и определите её полное сопротивление.
5. Используя формулу $X_L = 2 \pi \nu L$, определите индуктивность катушки для каждого случая.
6. Результаты измерений и расчётов занесите в табл. 4.

№ опыта	Число витков катушки	Среда внутри катушки	$X_L = Z$, Ом	ν , Гц	L , Гн	ε	ΔL , Гн	$L \pm \Delta L$, Гн
1	2400	Воздух	300	400	0,12	0,09	0,01	$0,12 \pm 0,01$
2	2400	Железо	340	400	0,14	0,07	0,01	$0,14 \pm 0,01$
3	3600	Воздух	400	400	0,16	0,07	0,01	$0,16 \pm 0,01$

7. По формуле $\varepsilon = \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta \nu}{\nu} + \varepsilon_{\pi} + \frac{\Delta X_{L_0}}{X_L}$ рассчитайте относительную погрешность измерений для каждого случая:

$$\varepsilon_1 = \frac{0,002}{3,14} + 0,02 + 0,02 + \frac{10}{300} = 0,091 \approx 0,09; \quad \varepsilon_2 = \frac{0,002}{3,14} + 0,02 + 0,02 + \frac{10}{340} = 0,07;$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,002}{3,14} + 0,02 + 0,02 + \frac{10}{400} = 0,0656 \approx 0,07.$$

8. По формуле $\Delta L = L \cdot \varepsilon$ определите абсолютные погрешности измерений.

9. Запишите окончательный результат.

10. Сравнивая индуктивности катушек, сделайте вывод, от чего и как зависит индуктивность.

Методические указания

11. Сравнивая результаты опытов 1 и 2, делают вывод о зависимости индуктивности от среды (от её магнитных свойств).

12. Сравнивая результаты опытов 1 и 3, делают вывод о зависимости индуктивности от числа витков.

Контрольные вопросы

1. Какое явление называется электромагнитной индукцией? Поясните опыты Фарадея. Что из них следует?
2. Сформулируйте закон электромагнитной индукции. Почему для обнаружения индукционного тока лучше использовать замкнутый проводник в виде катушки, а не в виде одного витка?
3. Сформулируйте правило Ленца. Как определить направление индукционного тока?

Лабораторная работа № 21 по теме:
«Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити»

Цель лабораторной работы:

1. Закрепить и совершенствовать знания о сущности понятия математический маятник.
2. Совершенствовать практические навыки при измерении периода колебаний нитяного маятника

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- понятия математического маятника,
- периода,
- частоты,
- ускорения.
- **В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:**
- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- вычислить период колебательного движения
- приводить примеры практического использования колебательного движения
- в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме:
«Изучение зависимости периода колебаний нитяного маятника от длины нити»
 - конспект лекций по дисциплине «Физика»;
 - штатив с держателем,
 - шарик на нити,
 - измерительная лента или линейка,
 - секундомер.

Схема установки:

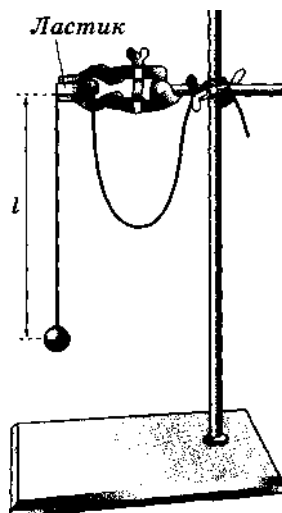


Рис. 183

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Математическим маятником называется материальная точка, подвешенная на невесомой и нерастяжимой нити. Моделью может служить тяжёлый шарик, размеры которого весьма малы по сравнению с длинной нити, на которой он подвешен (не сравнимы с расстоянием от центра тяжести до точки подвеса). Учёные Галилей, Ньютон, Бессель и др. установили следующие законы колебания математического маятника:

1. Период колебания математического маятника не зависит от массы маятника и от амплитуды, если угол размаха не превышает 10°.
2. Период колебания математического маятника прямо пропорционален квадратному корню из длины маятника и обратно пропорционален квадратному корню из ускорения свободного падения.

На основании этих законов можно написать формулу для периода колебаний математического маятника:

$$T = 2\pi \sqrt{l/g}$$

Используя модель и законы колебаний математического маятника, можно наблюдать свободные колебания, а также с их помощью определить ускорение свободного падения для своей местности и сравнить со справочным значением g .

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Укрепить нить маятника в держателе штатива. Измерить длину маятника (длина маятника считается от точки подвеса до центра тяжести шарика). Отклонить шарик на угол не более 60° и отпустить. Определить время, за которое маятник совершил 20 колебаний.
2. Вычислить период колебания маятника, используя формулу $T = t/N$.
3. Повторить опыт еще три раза, уменьшая (или увеличивая) длину нити маятника.
4. Данные всех опытов и результаты расчетов внести в таблицу.
5. Проанализировать результаты опытов и сделать вывод о зависимости периода нитяного маятника от длины его нити.
6. Вывод

№ опыта	Длина нити, l , м	Время, t , с	Количество колебаний, N	Период, T , с	Частота, ν , Гц
1					
2					
3					
4					

Контрольные вопросы:

1. Какие колебания называют гармоническими?
2. Какой маятник называют математическим?
3. Что такое период колебаний? Что такое частота колебаний?
4. Запишите уравнение гармонического колебания и назовите параметры, входящие в него.

Лабораторная работа №22 по теме: «Определение длины световой волны»

Цель лабораторной работы:

- Исследовать явление дифракция
- Измерение длины световой волны с помощью дифракционной решетки

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- Понятия дифракция
- От чего зависит длина световой волны

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- вычислять индуктивность от параметров проводника

Цель лабораторной работы:

- определять значение индуктивности
- приводить примеры практического применения катушки индуктивности
- использования катушки индуктивности в повседневной жизни.

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

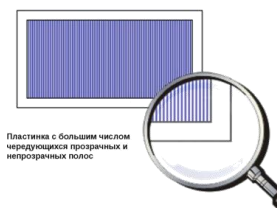
- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме «Определение длины световой волн».
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Прибор для определения длины световой волны.
- Дифракционная решётка.
- Подставка подъёмного столика.
- Электрическая лампа на штативе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Дифракция света - это явление огибания волнами препятствий, встречающихся на их пути, и проникновения их в область за препятствия, т. е. *отклонение распространения волн от прямолинейного направления у границ преграды.*

Как показывает опыт, свет при определенных условиях может заходить в область геометрической тени. Если на пути параллельного светового пучка расположено круглое препятствие (круглый диск, шарик или круглое отверстие в непрозрачном экране), то на экране, расположенном на достаточно большом расстоянии от препятствия, появляется **дифракционная картина**.

Дифракционная решётка представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделённых прозрачными промежутками (рис)

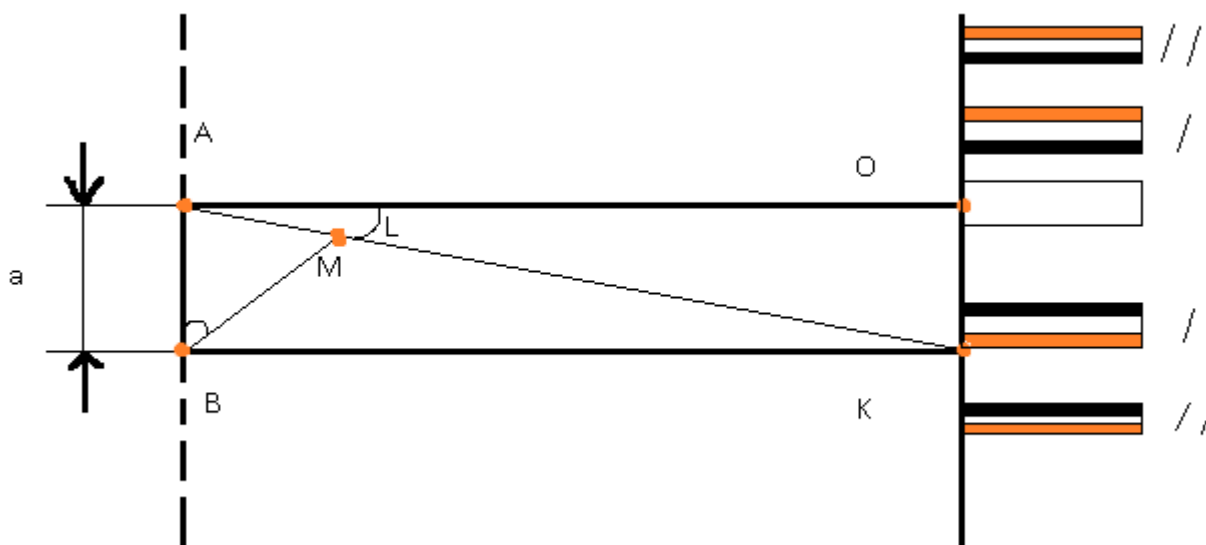


Хорошую дифракционную решётку изготавливают с помощью специальной делительной машины, наносящей на стеклянную пластину параллельные штрихи. Число штрихов доходит до нескольких тысяч на 1 мм; общее число штрихов превышает 100 000. Просты в изготовлении желатиновые отпечатки с такой решётки, зажатые между двумя стеклянными пластинами. Наилучшими качествами обладают так называемые отражательные решётки. Они представляют собой чередующиеся участки, отражающие свет и рассеивающие его. Рассеивающие свет штрихи наносятся резцом на отшлифованную металлическую пластину.

Если ширина прозрачных щелей (или отражающих свет полос) равна b , то величина $d=a+b$ называется **периодом дифракционной решётки** порядка 10 мкм.

Рассмотрим элементарную теорию дифракционной решётки. Пусть на решётку (рис 6) падает плоская монохроматическая волна длиной волны λ . Вторичные источники, расположенные в щелях, создают световые волновые, распространяющиеся по всем направлениям. Найдём условие, при котором идущие от щелей волны усиливают друг друга. Рассмотрим, например, волны, распространяющиеся в направлении, определяемом углом φ . Разность хода между волнами от краёв соседних щелей равна длине отрезка. Если на этом отрезке укладывается целое число длин волн, то волны от всех щелей, складываясь, будут усиливать друга. **Максимумы** будут наблюдаться под углом φ , в соответствии с условием $d \cdot \sin \varphi = \pm k \cdot \lambda$ (6), где величина $k=0,1,2,3,\dots$ определяет порядок спектра.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ



Примечания к рисунку 1: На бруске с основной шкалой “А” укреплен ползунок “В” со шкалой и прицельной щелью “С”. “d” – дифракционная решетка.

Если разность хода лучей “АМ” укладывается четное число полуволн, вызывающих ощущение красного цвета, то в точке “К” наблюдается усиление красного цвета.

В спектре 1-го порядка: из $\triangle AMB$: $AM = \lambda_{кр} = AB \cdot \sin L$

$AB = L$ (постоянная решётки)

$\sin L = \tan L$ при малых углах

$\tan L = \frac{OK}{OA}$ из $\triangle AOK$

В спектре 2-го порядка: $\triangle AOB'$: $AM' = 2\lambda_{кр} = AB' \cdot \sin L$

$$2\lambda_{кр} = \frac{OK \cdot d}{OA \cdot 2}$$

$$AB' = L; \sin L' = \tan L' = \frac{OK'}{OA}$$

$$AB' = d; 2\lambda_{кр} = \frac{OK}{OA} \cdot d$$

Ход работы:

1. На расстоянии 2-4 м. от источника света установить прибор так, чтобы через прицельную щель “С” и дифракционную решетку “А” была видна нить электрической лампы. Наблюдать спектр на шкале ползуна “В”
2. Измерить расстояние АО по основной шкале “А” от дифракционной решётки до ползуна. /АО=500/.
3. Измерить расстояние от прицельной шкалы до крайней границы красного цвета в спектре 1-го порядка ОК, слева и справа, и записать в таблицу среднее значение. Сделать тоже самое для спектра 2-го порядка ОК.
4. Сделать подобные измерения для фиолетового цвета ОФ и ОФ.
5. Измерить расстояние ОА, повторить опыт /ОА=400/.
6. Рассчитать: $\lambda_{кр1} = d \frac{OK}{OA}$; $\lambda_{кр2} = d \frac{OK}{2OA}$; $\lambda_{ф1} = d \frac{OF}{OA}$; $\lambda_{ф2} = d \frac{OF}{2OA}$
7. Найти среднее значение: $\lambda_{ср.зн.} = \frac{\lambda + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}{n}$
8. Вывод:

Цвет	Порядок спектра	Постоян. D	АО mm	ОК mm	$\lambda_{кр} = \frac{d \cdot OK}{n \cdot AO}$	$\lambda_{кр.ср.зн.}$
Кр	1		500			
Кр	2		500			
Кр	1		450			
Кр	2		450			
Цвет	Порядок спектра	Постоян. D	АО mm	ОФ mm	$\lambda_{ф} = \frac{d \cdot OF}{n \cdot AO}$	$\lambda_{ф.ср.зн.}$
Фиолет.	1		500			
Фиолет.	2		500			
Фиолет.	1		450			
Фиолет.	2		450			

Контрольный вопрос:

Перечислите 7 основных цветов в порядке уменьшения длины волны.

**Лабораторная работа №23 по теме:
«Определение коэффициента преломления стекла»**

Цель лабораторной работы:

- Исследовать явление преломления света
- Вычислять показатель преломления

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- Закон отражения и преломления
- От чего зависит показатель преломления

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- вычислять показатель преломления

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме «Определение коэффициента преломления стекла»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Прибор для определения длины световой волны.
- Дифракционная решётка.
- Подставка подъёмного столика.
- Электрическая лампа на штативе.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Преломление света – это изменение направления луча на границе двух сред разной плотности.

Вследствие преломления наблюдается кажущееся изменение формы предметов, их расположения и размеров. В этом нас могут убедить простые наблюдения. Положим на дно пустого непрозрачного стакана монету или другой небольшой предмет. Подвинем стакан так, чтобы центр монеты, край стакана и глаз находились на одной прямой. Не меняя положения головы, будем наливать в стакан воду. По мере повышения уровня воды дно стакана с монетой как бы приподнимается. Монета, которая ранее была видна лишь частично, теперь видна полностью. Установим наклонно карандаш в сосуде с водой. Если посмотреть на сосуд сбоку, то можно заметить, что часть карандаша, находящаяся в воде, кажется сдвинутой в сторону.

Эти явления объясняются изменением направления лучей на границе двух сред - преломлением света.

Закон преломления света определяет взаимное расположение падающего луча, преломлённого и перпендикуляра к поверхности раздела сред, восстановленного в точке падения.

Угол преломления γ - угол между преломлённым и перпендикуляром к границе раздела, восстановленным в точке падения.

Падающий, отражённый и преломлённый лучи нетрудно наблюдать, сделав узкий световой пучок видимым. Ход такого пучка в воздухе можно проследить, если пустить в воздух немного дыма или же поставить экран под небольшим углом к лучу. Преломлённый пучок виден также в подкрашенной флюоресцином воде аквариума.

Снеллиусом экспериментально для преломления света был установлен **закон преломления света**:

луч падающий, луч преломлённый и перпендикуляр, проведённый к границе раздела сред в точке падения луча, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления

есть величина постоянная для данных двух сред: $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = n_{12}$

n_{12} – относительный показатель преломления сред (показатель преломления второй среды относительно первой), $n_{12} = \frac{v_1}{v_2}$ (1) или $n_{12} = \frac{n_2}{n_1}$ (2), $n_1 = \frac{c}{v_1}$, $n_2 = \frac{c}{v_2}$ – абсолютные показатели преломления первой и второй среды (показатели преломления относительно вакуума).

Чем меньше скорость света в среде, тем более оптически плотной её считают. Среду с большим абсолютным показателем преломления называют оптически более плотной. Если свет переходит из оптически менее плотной среды в оптически более плотную (например, из воздуха в воду или стекло), то угол падения больше угла преломления. Наоборот, если свет проходит из воды или из стекла в воздух, то он преломляется от перпендикуляра: угол падения меньше угла преломления.

Абсолютный показатель преломления этой среды n – физическая величина, равная отношению скорости света в вакууме к скорости света в данной среде: $n = \frac{c}{v}$

Физический смысл абсолютного показателя: *абсолютный показатель преломления среды показывает, во сколько раз скорость распространения света в данной среде меньше, чем скорость света в вакууме:* $v = \frac{c}{n}$

Оптически более плотная среда – среда с большим показателем преломления. **Оптически менее плотная среда** – среда с меньшим показателем преломления.

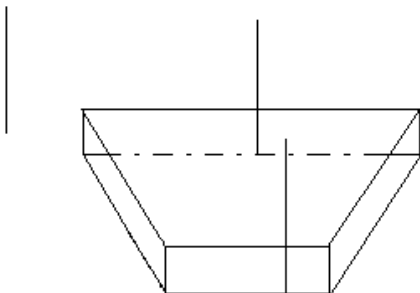
Используя выражение (2) для двух сред с показателями преломления n_1 и n_2 , можно представить закон преломления в следующем виде.

Закон преломления: *Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления равно отношению абсолютных показателей преломления второй среды к первой:* $\frac{\sin \alpha}{\sin \gamma} = \frac{n_2}{n_1}$.

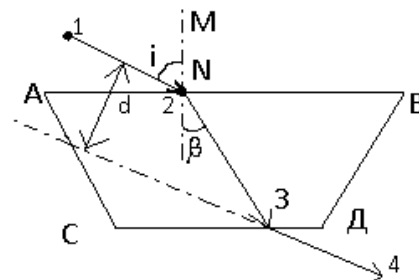
С помощью закона преломления света можно рассчитать ход лучей в различных устройствах, например в треугольной призме, изготовленной из стекла или другого прозрачного материала.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

1.



2.



Коэффициент преломления – это отношение синуса угла падения светового луча к синусу угла преломления луча. Для данных двух сред коэффициент преломления – величина постоянная:

$$n_{1,2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{n_{\text{стекла}}}{n_{\text{воздуха}}} = \frac{\sin i}{\sin \beta}$$

Так как $n_{\text{возд}} = 1$, то $n_{\text{стекл}} = \frac{\sin i}{\sin \beta}$, где

i – угол падения луча на стекло

β – угол преломления при переходе луча из воздуха ($n=1$) в стекло ($n=?$)

Ход работы:

1. Положив стеклянный параллелепипед на бумагу, провести линии АВ, СД.
2. Поставить иголки 1 и 2 на прямой, не перпендикулярной грани стекла (как указано на рисунке). Угол i – угол падения луча взять 60° .
3. С другой стороны параллелепипеда поставить иголку 3 так, чтобы она загрозила собой иголки 1 и 2.

Смотреть нужно сквозь боковую грань стекла. На некотором расстоянии от стекла поставить иголку 4 так, чтобы она загрозила собою 1-ую, 2-ую и 3-ю.

Убрать стеклянную пластинку, точки 1, 2, 3 и 4 соединить прямыми линиями.

В точке 2 восстановить грани стекла перпендикуляр MN. Измерить транспортиром углы i и β и записать в таблицу.

4. Продолжить линию 3, 4 вверх, найти величину смещения (d).
5. Найти синусы углов i и β и рассчитать коэффициент преломления:

$$n_{1,2} = \frac{\sin i}{\sin \beta}$$

6. Угол падения i взять 30° и 45° , повторить опыт. Построение выполнить на другом рисунке.
7. Определить среднее значение “ n ”:

$$n_{\text{ср}} = \frac{n_1 + n_2 + n_3}{3}$$

8. Рассчитать погрешности:

$$\Delta n = |n_{\text{ср}} - n_{\text{табл}}| \quad \delta n = \frac{\Delta n}{n_{\text{табл}}} \cdot 100\%$$

9. Вывод.

№ п.п	i , град	β , град	$\sin i$	$\sin \beta$	$n_{1,2} = \frac{\sin i}{\sin \beta}$	$n_{\text{ср}}$	Δn	δn	d , см
1	60°								
2	30°								
3	45°								

Контрольные вопросы

1. Как зависит величина смещения луча (d) от угла падения?
2. Как зависит величина смещения луча (d) от показателя преломления (n)?
3. Какова причина преломления света?

Лабораторная работа № 24 по теме: «Наблюдение интерференции и дифракции»

Цель работы: экспериментально изучить явления интерференции и дифракции

Цель лабораторной работы:

- Исследовать явление дифракция
- Исследовать явление интерференции

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- Понятия дифракция
- Интерференция

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры практического применения явления интерференции и дифракции

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Наблюдение интерференции и дифракции»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- электрическая лампа с прямой нитью накала (одна на класс),
- две стеклянные пластинки,
- рамка из проволоки,
- стеклянная трубка,
- мыльная вода,
- компакт-диск,
- спиртовка,
- спички,
- лезвие безопасной бритвы,
- капроновая ткань черного цвета,
- пинцет,
- штангенциркуль.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Дифракция света - это явление огибания волнами препятствий, встречающихся на их пути, и проникновения их в область за препятствия, т. е. *отклонение распространения волн от прямолинейного направления у границ преграды*.

Как показывает опыт, свет при определенных условиях может заходить в область геометрической тени. Если на пути параллельного светового пучка расположено круглое препятствие (круглый диск, шарик или круглое отверстие в непрозрачном экране), то на экране, расположенном на достаточно большом расстоянии от препятствия, появляется **дифракционная картина**.

Интерференция света. Использование интерференции в науке и технике.

Одним из основных принципов геометрической оптики является *принцип независимости световых пучков*

Световые пучки, встречаясь, не воздействуют друг на друга.

Попробуем определить область применимости этого принципа, а также выясним, как происходит взаимодействие световых волн, излучаемых различными источниками, за пределами его применимости.

При распространении в изотропной среде нескольких волн каждая из них распространяется так, как будто другие волны отсутствуют, а результирующее смещение частиц среды в любой момент времени равно геометрической сумме смещений, которые получают частицы, участвуя в каждом из слагающих волновых процессов. В этом заключается принцип **суперпозиции (наложения) волн**. Например, если волны распространяются от двух источников, то они, доходя до какой-то точки, вызывают ее колебания независимо друг от друга. **Интерференция света** - частный случай интерференции волн.

Интерференция - это явление, возникающее при наложении двух (или нескольких) световых волн одинакового периода в однородной изотропной среде, в результате чего происходит перераспределение энергии волн в пространстве.

Устойчивая во времени интерференционная картина может наблюдаться только при сложении взаимосвязанных колебаний, называемых *когерентными* волнами.

ПРАКТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

Опыт 1. Окуните проволочную рамку в мыльный раствор и внимательно рассмотрите образовавшуюся мыльную пленку. Зарисуйте в тетради для лабораторных работ увиденную вами интерференционную картину. Обратите внимание, что при освещении пленки белым светом (от окна или лампы) возникают окрашенные полосы.

С помощью стеклянной трубки выдуйте мыльный пузырь и внимательно рассмотрите его. При освещении его белым светом наблюдается образование цветных интерференционных колец. Но мере уменьшения толщины пленки кольца, расширяясь, перемещаются вниз.

Запишите в тетради для лабораторных работ ответы на вопросы:

1. Почему мыльные пузыри имеют радужную окраску?
2. Какую форму имеют радужные полосы?
3. Почему окраска пузыря все время меняется?

Опыт 2. Тщательно протрите две стеклянные пластинки, сложите их вместе и сожмите пальцами. Из-за не идеальности формы соприкасающихся поверхностей между пластинками образуются тончайшие воздушные пустоты. При отражении света от поверхностей пластин, образующих зазор, возникают яркие радужные полосы — кольцеобразные или неправильной формы. При изменении силы, сжимающей пластинки, изменяются расположение и форма полос. Зарисуйте увиденные вами картинки в тетради для лабораторных работ.

Запишите в тетради для лабораторных работ ответы на вопросы:

1. Почему в местах соприкосновения пластин наблюдаются яркие радужные кольцеобразные или неправильной формы полосы?
2. Почему с изменением нажима изменяются форма и расположение интерференционных полос?

Опыт 3. Рассмотрите внимательно под разными углами поверхность компакт-диска (на которую производится запись). Что вы наблюдаете? Объясните наблюдаемые явления. Опишите интерференционную картину.

Опыт 4. Возьмите пинцетом лезвие безопасной бритвы и нагрейте его над пламенем

спиртовки. Зарисуйте наблюдаемую картину в тетради для лабораторных работ.

Запишите в тетради для лабораторных работ ответы на вопросы:

1. Какое явление вы наблюдали?
2. Как его можно объяснить?

Опыт 5. Посмотрите сквозь черную капроновую ткань на нить горячей лампы. Поворачивая ткань вокруг оси, добейтесь четкой дифракционной картины в виде двух скрещенных под прямым углом дифракционных полос. Зарисуйте наблюдаемый дифракционный крест в тетради для лабораторных работ. Объясните наблюдаемые явления.

Запишите в тетради для лабораторных работ выводы.

Укажите, в каких из сделанных вами опытов наблюдалось явление интерференции, а в каких — явление дифракции.

Контрольные вопросы:

1. Что такое интерференция?
2. Что такое дифракция?

Лабораторная работа №25 по теме:

«Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям»

Цель работы: изучить способы наблюдения и регистрации заряженных частиц.

Для формирования умений обучающийся должен знать:

- Понятия радиоактивного распада
- От чего зависит треков заряженных частиц

В результате выполнения работы обучающийся должен уметь:

- делать выводы на основе экспериментальных данных;
- приводить примеры практического применения радиации

Учебно-методическое обеспечение и материально-техническое оснащение лабораторной работы:

- методические указания по выполнению лабораторной работы по теме: «Изучение треков заряженных частиц по готовым фотографиям»
- конспект лекций по дисциплине «Физика»
- Фотографии косых столкновений частиц
- Транспорт
- Линейка
- Тонко отточенный карандаш

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц.

Цель исследований излучения веществ - выяснение природы частиц, излучаемых при радиоактивном распаде, измерение энергии этих частиц и интенсивности излучения (т. е. определение числа частиц, излучаемых радиоактивным веществом за 1 с).

Наиболее распространенными при регистрации ядерных частиц и излучений являются методы, основанные на ионизирующем и фотохимическом действии частиц. К ним относятся химические, калориметрические и фотографические методы. Ионизирующее действие излучения используется в ионизационных камерах, счетчиках Гейгера - Мюллера и сцинтилляционных счетчиках.

Любое устройство, регистрирующее элементарные частицы или движущиеся атомные ядра, подобно заряженному ружью с взведенным курком. Небольшое усилие при нажатии на спусковой крючок ружья вызывает эффект, несравнимый с заточенным усилием, - выстрел.

Регистрирующий прибор - это более или менее сложная макроскопическая система, которая может находиться в неустойчивом состоянии. При небольшом возмущении, вызванном пролетевшей частицей, начинается процесс перехода системы в новое, более устойчивое состояние. Этот процесс и позволяет регистрировать частицу. В настоящее время используется множество различных методов регистрации частиц.

В зависимости от целей эксперимента и условий, в которых он проводится, применяются те или иные регистрирующие устройства, отличающие друг от друга по основным характеристикам.

В результате нецентрального (косого) соударения двух элементарных частиц каждая разлетается по траектории, выходящей из одной точки, поэтому образуется «вилка».

На рисунке 1 показана импульсная диаграмма такого взаимодействия движущейся частицы (масса ее M , скорость движения до и после взаимодействия U и U_1) и неподвижной (масса ее m , скорость

Движения после взаимодействия

Θ -угол рассеяния; ϕ -угол отдачи;

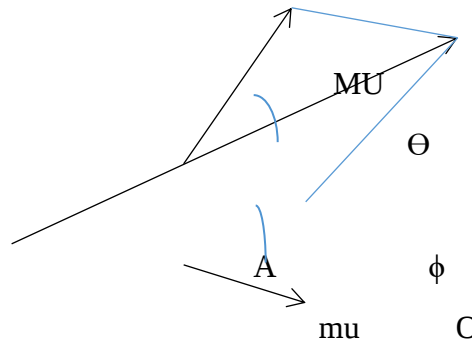
$M\vec{U}$ и $M\vec{U}_1$ -векторы импульсов

налетающей частицы до и после

взаимодействия; $m\vec{u}$ - вектор импульса

неподвижной частицы после

взаимодействия.



Mu

C

Θ

ϕ

mu

O

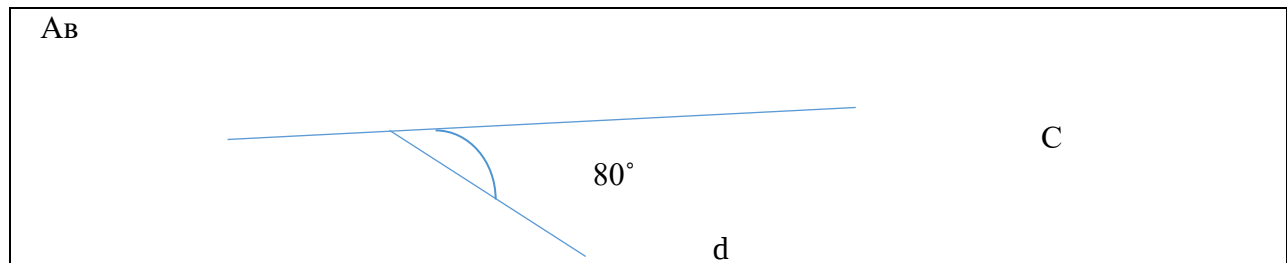
рис.1

Энергия частиц до взаимодействия

$M\vec{U}^2/2$, после взаимодействия

$M\vec{U}_1^2/2$ и $m\vec{u}^2/2$, поэтому в соответствии с законом сохранения энергии запишем уравнение

$$M\vec{U}^2/2 = M\vec{U}_1^2/2 + m\vec{u}^2/2$$



Из $\triangle AOC$ (рис.1), согласно теореме синусов ,запишем

$$\frac{Mu}{\sin \Theta} = \frac{M\vec{U}}{\sin(\Pi-(\Theta+\phi))} ; \frac{M\vec{U}_1}{\sin \phi} = \frac{M\vec{U}}{\sin(\Pi-(\Theta+\phi))} \quad 1);$$

$$\sin \Theta \quad \sin(\Pi-(\Theta+\phi)) \quad \sin \phi \quad \sin(\Pi-(\Theta+\phi))$$

Следовательно, $u = M\vec{U} \sin \Theta / (m \sin (\Pi-(\Theta+\phi)))$; (2)

$$\vec{U}_1 = \vec{U} \sin \phi / \sin(\Theta+\phi)$$

Уравнение (2) подставим в уравнение (1) получим

$$\frac{M\vec{U}^2}{2} = \frac{M\vec{U}^2}{2} \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2(\Theta+\phi)} + \frac{m\vec{u}^2 M^2}{2m^2} \frac{\sin^2 \Theta}{\sin^2(\Theta+\phi)}$$

После сокращения обеих частей последнего уравнения на $M\vec{U}^2/2$ имеем $1 = \frac{\sin^2 \phi}{\sin^2(\Theta+\phi)} + \frac{M \sin^2 \Theta}{\sin^2(\Theta+\phi) m}$

$$\sin^2(\Theta+\phi) \text{ или } \sin^2(\Theta+\phi) - \sin^2 \phi = \frac{M}{m} \sin^2 \Theta \quad (3)$$

m

Преобразуем левую часть уравнения(3),зная, что $\sin^2 \alpha + \sin^2 \beta = \sin(\alpha+\beta) \sin(\alpha-\beta)$;

$$\sin^2(\Theta+\phi) - \sin^2 \phi = \sin(\Theta+2\phi) \times \sin \Theta \quad (3)$$

$$\text{Следовательно } \sin^2(\Theta+\phi) - \sin^2 \phi = \sin^2(\Theta+2\phi) \sin \Theta. \quad (4)$$

Учитывая выражение (4), уравнение(3)запишем так :

$$\sin(\Theta+2\phi) \sin \Theta = M \sin^2 \Theta / m \quad \text{или} \quad M/m = \sin(\Theta+2\phi) / \sin \Theta \quad (5)$$

Исследуя треки заряженных частиц по готовым фотографиям и используя формулу(5),можно решить ряд интересных задач.

ПРАКТИЧТИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО ТЕМЕ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

Ход работы:

1. Используя (рис 2),начертить в тетради трек налетающей частицы и продолжить его
2. Начертить прямолинейные участки треков взаимодействующих частиц, сохранив углы рассеяния Θ и отдачи ϕ . Отметить эти углы.
3. Записать массу m известной частицы в а.е. м. и, используя формулу(5),вычислить массу M рассеянной частицы.
4. Зная M , используя таблицу “Периодическая система элементов”, определить, ядром какого атома является рассеянная частица. Назовите эту частицу.
5. Результаты измерений, вычислить записать в таблицу
6. Вывод:

Угол рассеяния	Угол отдачи	Масса известной частицы	Масса неизвестной частицы	Вид частицы газов

Контрольные вопросы:

1. Назовите формулу кинетической энергии частиц; сформулируйте закон сохранения энергии.
2. Что вам известно о протоне, α -частице.

Литература

Основная

1. Дмитриева, В.Ф. Физика [Текст]: учебник / В.Ф. Дмитриева. – М., 2024
2. Фирсов, А.В. Физика [Текст] : учебник для профессий и специальностей естественнонаучного и технического профилей / А.В. Фирсов.-2024
3. Дмитриева, В.Ф. Задачи по физике [Текст]: учеб.пособие / В.Ф. Дмитриева. – М., 2024
4. Касьянов, В.А. Физика. 10 кл. [Текст]: учебник для общеобразовательных учебных заведений / В.А. Касьянов. – М., 2024
5. Касьянов, В.А. Физика. 11 кл. [Текст]: учебник для общеобразовательных учебных заведений / В.А.Касьянов. – М., 2024

Дополнительная

1. Громов, С.В. Физика, 10—11[Текст]: книга для учителя / С.В. Громов, Н.В. Шаронова. – М., 2024.
2. Кабардин, О.Ф. Экспериментальные задания по физике. 9—11 классы [Текст]: учебное пособие для учащихся общеобразовательных учреждений / О.Ф. Кабардин, В.А. Орлов. – М., 2024.
3. Касьянов, В.А. Методические рекомендации по использованию учебников В.А.Касьянова «Физика. 10 кл.», «Физика. 11 кл.» при изучении физики на базовом и профильном уровне [Текст] / В.А. Касьянов. – М., 2024.
4. Касьянов, В.А. Физика. 10, 11 кл. [Текст]: тематическое и поурочное планирование / В.А. Касьянов. – М., 2022
5. Лабковский, В.Б. 220 задач по физике с решениями [Текст]: книга для учащихся 10—11 кл. общеобразовательных учреждений / В.Б. Лабковский. – М., 2023.
6. Громов, С.В. Физика: Механика. Теория относительности. Электродинамика [Текст]: учебник для 10 кл. общеобразовательных учреждений / С.В. Громов. – М., 2023.
7. Громов, С.В. Физика: Оптика. Тепловые явления. Строение и свойства вещества [Текст]: учебник для 11 кл. общеобразовательных учреждений / С.В. Громов. – М., 2023

Электронные учебники

1. 1С: Репетитор. Физика 10-11класс. Весь школьный курс [Электронный ресурс]. - М., Лицензионная копия от 1С.
2. 1С: Репетитор. Тесты по физике [Электронный ресурс]. - М., Лицензионная копия от 1С.

Интернет- ресурсы

1. Единое окно доступа к образовательным ресурсам [Электронный ресурс] // Физика. – Режим доступа: <http://window.edu.ru>
2. Образовательные ресурсы Интернета школьникам и студентам [Электронный ресурс] // Физика– Режим доступа: <http://www.alleng.ru>