Департамент внутренней и кадровой политики Белгородской области

Областное государственное автономное профессиональное образовательное учреждение

«Белгородский индустриальный колледж»

|  |
| --- |
| Рассмотрено  цикловой комиссией  «Общеобразовательных дисциплин и  социально-экономических дисциплин»  Протокол заседания №\_\_\_\_\_\_\_\_\_  от «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ 20\_\_\_\_ г.  Председатель цикловой комиссии  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ |

Электронное учебно-методическое пособие

для выполнения лабораторных работ

по дисциплине ЕН.03 «Физика»

для обучающихся 2 курса

по специальности СПО технического профиля

22.02.06 «Сварочное производство»

Разработала:

преподаватель физики,

математики Никонова Н.О.

г. Белгород 2020 г.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№** | **Оглавление** | **стр** |
| 1 | Введение | 3 |
| 2 | Правила выполнения лабораторных работ | 5 |
| 3 | Подготовка к проведению и организация лабораторных работ | 6 |
| 4 | **Лабораторная работа № 1** |  |
|  | Измерение удельной теплоты плавления льда | 8 |
| 5 | **Лабораторная работа № 2** |  |
|  | Определение коэффициента линейного расширения твёрдого тела | 15 |
| 6 | **Лабораторная работа № 3** |  |
|  | Определение температурного коэффициента сопротивления меди | 21 |
| 7 | **Лабораторная работа № 4** |  |
|  | Изучение термоэлектричества | 25 |
| 8 | **Лабораторная работа № 5** |  |
|  | Определение заряда электрона | 31 |
| 9 | **Лабораторная работа № 6** |  |
|  | Определение индуктивности магнитного поля постоянного магнита | 36 |
| 10 | **Лабораторная работа № 7** |  |
|  | Изучение устройства и принцип работы трансформатора | 42 |
| 11 | **Лабораторная работа № 8** |  |
|  | Определение главного фокусного расстояния и оптической силы |  |
|  | собирательной линзы | 48 |
| 12 | **Литература** | 54 |

**Введение**

Рабочая программа учебной дисциплины «Физика» для специальности 150451 сварочное производство, является частью рабочей основной профессиональной образовательной программы в соответствии с ФГОС среднего профессионального образования. Данная программа, рассчитанная на 108 учебных часов, предусматривает проведение лабораторных работ в количестве 16 часов. В предлагаемом руководстве дается описание этих работ.

В результате изучения физики и выполнения лабораторных работ студент должен *уметь*:

* находить сходство и различие в тех или иных процессах, явлениях; точно употреблять и интерпретировать научные понятия, символы; давать объяснение явлению или процессу; выдвигать гипотезу на основе фактов, наблюдений и экспериментов; обосновывать свою точку зрения; пользоваться табличными данными; извлекать информацию из различных источников;
* рассчитывать и измерять основные параметры простых электрических и магнитных полей;
* применять формулы при решении физических вычислительных и графических задач;
* при решении качественных задач применять знания физических процессов и технических устройств, являющихся объектом их рассмотрения;
* пользоваться оборудованием, выбирать и использовать измерительные приборы; определять цену деления и предел измерения измерительного прибора; оценивать погрешности измерений; планировать и выполнять экспериментальные исследования для проверки выдвинутых гипотез; делать выводы из результатов эксперимента; оформлять результаты эксперимента в виде таблиц, диаграмм, графиков;
* самостоятельно приобретать, пополнять и применять знания, полученные в результате изучения курса физики;

В результате освоения учебной дисциплины студент должен *знать*:

* основные экспериментальные факты; понятия, методы физической науки;
* законы равновесия и перемещения тела;
* законы молекулярной физики и термодинамики; электричества и магнетизма; геометрической оптики;
* связь физики и техники;
* универсальность важнейших законов сохранения в физике, диалектический характер физических явлений, физических теорий и соотношения роли теории и опыта в развитии физики; роль практики в познании;
* физические основы главных направлений научно- технического прогресса- энергетики, электронно-вычислительной техники, автоматизации и механизации.

Лабораторные работы предназначены для активного и углубленного освоения научно-теоретических основ физики. В план лабораторных работ включены четыре раздела курса физики.

При составлении программ лабораторных работ учитывались умения, приобретённые студентами на начальных этапах изучения физики.

Выполнение лабораторных работ потребуют от студентов проявление наблюдательности и самостоятельности.

Цель настоящего пособия – оказать помощь обучающимся в подготовке и выполнении лабораторных работ.

Каждая работа включает в себя: название темы, цель работы, краткий теоретический материал, описание хода работы, контрольные вопросы.

Лабораторные занятия проводятся после лекций, теоретический материал которой служит основой для выполнения лабораторных работ. Выполнение лабораторных работ способствует систематизации и усвоению полученных знаний.

Каждому студенту заранее должно быть известно, какую работу он будет выполнять, чтобы подготовиться к ней: повторить соответствующий материал по учебнику, ознакомиться с описанием работы.

Перед началом лабораторных работ необходимо повторить со студентами наиболее доступные методы вычисления погрешностей и правила округления чисел при вычислениях.

В ходе выполнения работ необходимо строго соблюдать правила по технике безопасности, все измерения производить с максимальной тщательностью.

Каждый студент ведёт журнал отчёта для лабораторных работ, где осуществляются записи по следующей схеме: дата, наименование и номер работы; перечень оборудования; схема и зарисовка установки; основные расчетные формулы; запись цены деления шкалы измерительного прибора; таблица результатов измерений и вычислений; обработка результатов измерений и определение относительной погрешности.

Каждая лабораторная работа включает: краткие теоретические сведения, перечень необходимого оборудования, порядок проведения работы и вычислений погрешностей, таблицы и графики, контрольные вопросы.

Раздел «Порядок проведения работы» для большей четкости дан в виде отдельных пунктов, в каждом из которых предлагается проделать одну вполне определенную операцию. Рекомендуется, чтобы студенты сначала прочли целиком этот раздел и получили ясное представление о том, что им нужно делать.

После проведения эксперимента в лабораторной работе необходимо правильно сформулировать вывод к лабораторной работе, для этого студенты могут использовать памятку оформления вывода, содержащие вопросы, ответы на которые помогут им написать вывод к лабораторной работе:

* Какая конечная цель лабораторной работы?
* Какие косвенные и прямые измерения вы проводили в данной лабораторной работе?
* Какие закономерности вы обнаружили в процессе работы?

Каждая работа оценивается преподавателем и учитывается при выставлении зачёта.

**Правила выполнения лабораторных работ.**

1. Занятия начинаются не со звонком, а при входе в кабинет.
2. Все личные вещи студентов размещаются в конце кабинета, проходы между столами должны быть свободны.
3. Группы, которые выполняют одну лабораторную работу, размещаются за теми столами, где находится нужное оборудование.
4. Запрещается вынимать лабораторное оборудование без разрешения преподавателя.
5. Запрещается переносить приборы и оборудование с одних столов на другие.
6. Закончив эксперименты, группа приводит в порядок стол с оборудованием и сдаёт оборудование преподавателю, после чего приступает к оформлению отчёта и устной защите.
7. Запрещается бесцельное хождение по кабинету.
8. Запрещается отвлекать других студентов от выполнения работы или мешать им.
9. Студент обязан сделать оформление отчёта о проделанной работе до окончания занятия.
10. При нарушении правил техники безопасности студент отстраняется от выполнения работы.

**Подготовка к проведению и организации лабораторных работ**

Лабораторные работы преследуют цель закрепления теоретических знаний, полученных во время теоретических занятий; они способствуют выработке у студентов навыков и умений самостоятельной работы с измерительными приборами, проведении необходимых расчетов, оперированию необходимыми формулами.

При выполнении лабораторных работ предъявляются следующие требования:

* выполнять работы необходимо по схеме предложенной в предисловии;
* в разделе «Порядок выполнения» записать формулу закона, согласно которой выполняется работа, и получить из нее рабочую формулу для выполнения данной лабораторной работы;
* в таблицу результаты вычислений необходимо записывать аккуратно и соблюдая единицы измерения;
* после таблицы записать вычисления, производимые для нахождения всех требуемых неизвестных;
* вычисления производить с точностью до 2-х значащих цифр после запятой, например число 0,00000034256 необходимо записать как 3,43 \*10-7;
* произвести вычисление относительной погрешности.

Выполнение лабораторных работ связано с измерением физических величин и последующей обработкой результатов. Измерение, при котором данная физическая величина непосредственно сравнивается с соответствующей единицей измерения, называется *прямым измерением*. Измерение, при котором измеряются какие-либо связанные с данной физической величиной другие величины, а числовое значение ее находится по формуле, называется *косвенным измерением.*

Ошибки (погрешности), возникающие при измерениях, объясняются несовершенством методов измерения, погрешностями измерительных приборов, условиями опыта. Для исключения случайных ошибок и повышения степени точности необходимо производить как можно больше опытов по нахождению искомой величины. Истинным значением искомой величины является среднее арифметическое значение этой величины в ваших опытах. Оно может отличаться от табличного значения как объективно (независящие от нас), так и субъективно (зависящие от нас).

*Погрешность измерения – это оценка полученной ошибки при измерении.*

* *Среднее арифметическое* всех измерений   
  

(сложить все измеренные величины и разделить на количество произведённых измерений);

* Абсолютная величина разности между средним значением измеряемой величины и результатом отдельного измерения называется *абсолютной погрешностью*   
  ;

Чтобы найти среднюю абсолютную погрешность, нужно сложить все абсолютные погрешности отдельных измерений и полученный результат разделить на число слагаемых ;

Окончательный ответ записывается в виде:   


* *Относительной погрешностью* называется число, показывающее, какую долю (в процентах) от измеряемой величины составляет абсолютная погрешность  
  
* *Во многих случаях измерение считается удовлетворительным, если его относительная погрешность не превышает 5%.*

Говоря о погрешностях, нельзя не рассмотреть погрешности приборов, с помощью которых производят измерения величин.

**Абсолютные инструментальные погрешности**

**средств измерения**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Средства измерения | Предел  измерения | Цена  деления | Абсолютная  инструментальная  погрешность |
| Линейка ученическая чертёжная | До 50 см | 1 мм | ±1 мм |
| Весы учебные | 200 г | - | ±0,01 г |
| Секундомер | 0-30 мин | 0,2 | ±1 с за 30 мин |
| Штангенциркуль | 150 мм | 0,1мм | ±0,05 мм |
| Микрометр | 25 мм | 0,01мм | ±0,005 мм |
| Термометр лабораторный | 0-1000 С | 1 0С | ±1 0С |
| Амперметр школьный | 2 А | 0,1 А | ±0,05 А |
| Вольтметр школьный | 6 В | 0,2 В | ±0,15 В |

Для определения абсолютной инструментальной погрешности прибора надо знать его класс точности. Класс точности *g* прибора показывает, сколько процентов составляет абсолютная инструментальная погрешность от всей шкалы прибора.

Класс точности указывается на шкале прибора или в его паспорте (знак % при этом не пишется). Существуют следующие классы точности электроизмерительных приборов: 1; 0,2; 0,5; 1; 1,5; 2,5; 4. Зная класс точности прибора () и всю шкалу (Amax), определяют абсолютную погрешность измерения физической величины этим прибором: .

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.**

**Измерение удельной теплоты плавления льда**

***Цель работы*:** измерить удельную теплоту плавления льда.

***Теория:*** Как известно, одно и то же вещество может при определенных условиях находиться в твердом (кристаллическом), жидком и газообразном состояниях или фазах. Переход из одной фазы в другую (фазовый переход) происходит скачком при изменении температуры, давления или под действием каких-либо других внешних факторов (например, магнитных или электрических полей). Эти превращения сопровождаются скачкообразным изменением плотности, теплоемкости, электропроводности и других физических свойств тела и называются фазовыми переходами 1-го рода. К ним относятся пары взаимообратных процессов: 1) плавление и кристаллизация, 2) испарение и конденсация. При плавлении и испарении происходит поглощение, а кристаллизации и конденсации – выделение того же, соответственно, количества тепла.

**Теплота плавления** - это количество теплоты, которое необходимо сообщить веществу в равновесном изобарно-изотермическом процессе, чтобы перевести его из твёрдого (кристаллического) состояния в жидкое. То же количество теплоты выделяется при кристаллизации вещества. Этот фазовый переход (из твердого состояния в жидкое и обратно) происходит для каждого вещества при строго определенной температуре, называемой **температурой плавления (кристаллизации**). Для расчёта *теплоты плавления (кристаллизации)* используют формулу:

*Qпл = λm*, (1)

где λ – удельная теплота плавления льда, равная количеству тепла, которое необходимо для превращения в воду 1 кг льда. Такая же энергия в виде теплоты выделяется при замерзании 1 кг воды *(λ*=334 кДж/кг).

*Теплота испарения ( конденсации) рассчитывается аналогично:*

*Qисп = rm*.

Где *r* – удельная теплота парообразования.

**Обледенение**  в авиации – одно из сложных метеорологических явлений, от которого в значительной степени зависит безопасность полетов. **Обледенением** называется отложение льда на обтекаемых частях самолетов и вертолетов, а также на силовых установках при полете в облаках, тумане и мокром снеге. В результате отложения льда изменяются аэродинамические условия обтекания самолета воздушным потоком. Увеличивается вес самолета, нарушается равновесие аэродинамических сил. Отложение льда на внешних частях воздухозаборников снижает необходимое поступление воздуха в двигатели. Лед, отлагающийся на остеклении кабины экипажа, может исключить возможность визуального наблюдения. Неравномерный срыв кусков льда с обледеневшей части самолета может привести к смещению центра масс отдельных систем, изменению момента инерции механизмов (например, лопастей винта) и их поломке. Поэтому сильное обледенение и сейчас является одним из опасных для полетов метеорологических явлений.

Активные способы борьбы с обледенением по техническим средствам реализации делят на ***термические, химические и механические***.

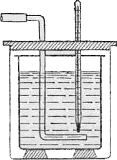
Противообледенительные системы, основанные на ***термическом способе*** удаления льда наиболее распространены. Это способ обеспечивает повышение температуры поверхностей выше 0 С. Широко применяются воздушно-тепловые устройства, обеспечивающие нагрев передних кромок крыльев. Все большее применение находят электротепловые противообледенительные системы, в которых рабочей частью является токопроводящий слой, располагающийся межу двумя изоляционными слоями. Для уменьшения расхода электроэнергии электротепловая система работает импульсами.

**Химический** способ основан на уменьшении силы сцепления льда с поверхностью самолета (защитные покрытия в виде веществ, не смачивающихся водой) или понижении температуры замерзания воды (спирты, смесь спирта с глицерином). Главный недостаток – ограниченность действия по времени, сложность конструкции самой системы и необходимость иметь значительный запас жидкости на борту.

**Механические** способы состоят в механическом удалении льда с помощью периодической подачи сжатого воздуха в смонтированные на носке крыла камеры протекторов. Камеры раздуваются и ломают лед. Недостаток этой системы состоит в нарушении аэродинамических характеристик крыла при вздутии протекторов и слабой эффективности.

**Пассивные формы** борьбы с обледенением предусматривают обход зон возможного обледенения. Для этого до полета экипаж обязан изучить метеорологическую обстановку. Обход облаков, опасных обледенением, осуществляется сверху в зимний, и снизу – в летний период.

**Калориметр**



**Рисунок 1**

Для сравнения теплоемкостей разных тел пользуются калориметром. Калориметр представляет собой металлический сосуд с крышкой, имеющий форму стакана. Сосуд ставят на пробки, помещенные в другой, больший сосуд так, что между обоими сосудами остается слой воздуха (рис. 1). Все эти предосторожности уменьшают отдачу теплоты окружающим телам. Сосуд наполняют известным количеством воды, температура которой до опыта измеряется (пусть она равна t1). Затем берут тело, теплоемкость которого хотят измерить, и нагревают до известной температуры t2 (например, помещают в пары кипящей воды, так что температура t2=100°С). Нагретое тело опускают в воду калориметра, закрывают крышку и, помешивая мешалкой, ждут, пока температура в калориметре установится (это будет, когда вода и тело примут одинаковую температуру).Тогда отмечают эту температуру t. Из результатов опытов можно найти удельную теплоемкость тела с2, пользуясь тем, что уменьшение энергии охлаждающегося тела равно увеличению энергии нагревающейся при этом воды и калориметра, т. е. применяя закон сохранения энергии. При не очень точных измерениях можно считать, что вода калориметра, сам калориметр, мешалка и тело, теплоемкость которого измеряется, за время опыта не успеют отдать заметное количество теплоты окружающим телам.

(При более точных измерениях надо внести соответственные поправки.) Поэтому суммы энергий тела, воды, калориметра и мешалки до и после опыта можно считать одинаковыми. Иначе говоря, энергия тела уменьшается при опыте настолько, насколько увеличивается энергия воды, калориметра и мешалки. Температура тела понижается на t2- t. Так как никакой работы внутри калориметра не производится, то убыль энергии тела равна c2m2(t2- t), где с2 — удельная теплоемкость вещества тела, m2- масса тела. Вода нагревается на t - t1, и приращение ее энергии равно c1m1(t - t1), где с1- удельная теплоемкость воды, m1- масса воды в калориметре. Предположим, что -калориметр и мешалка сделаны из одного материала и общая их масса равна m3, а удельная теплоемкость их материала равна c3. Энергия калориметра и мешалки получит приращение, равное c3m3(t - t1). Энергией, необходимой для нагревания термометра, можно пренебречь, так как она обычно невелика. Приравнивая убыль энергии тела приращению энергии воды, калориметра и мешалки, получим: с2m2(t2-t)= с1m1(t - t1) + с3m3(t - t1).

Это равенство часто называют *уравнением теплового баланса*. Разрешая его относительнос2,находим

  
Таким образом, измерив t, t1, t2 m1, m2 и m3, найдем удельную теплоемкость исследуемого тела с2, если известны удельные теплоемкости воды c1 и материала калориметра с3. Удельная теплоемкость воды с1 может быть принята равной 4,18 кДж/(кг•К). Удельную теплоемкость материала калориметра с3 нужно определить отдельно: например, путем наблюдения теплового баланса при опускании в калориметр тела, сделанного из того же материала, что и стенки калориметра (т. е. сделав с2=с3). Определив раз навсегда удельную теплоемкость материала калориметра с3, мы сможем делать все дальнейшие определения, используя полученное соотношение.

Простые наблюдения и точные измерения, которые производились со специальными приборами, описанными выше, привели к выводу, что *теплоемкость тела, состоящего из однородного материала, пропорциональна его массе.* Поэтому сравнивать между собой надо теплоемкости тел, изготовленных из различных веществ, но имеющих одинаковую массу. Для характеристики тепловых свойств вещества принимают теплоемкость единицы массы этого вещества. Эта характеристика называется *удельной теплоемкостью*. Она равна отношению теплоемкости данного тела к его массе и должна выражаться в джоулях на килограмм-кельвин (Дж/(кг•К)). Согласно определению удельная теплоемкость воды при нагревании от 19,5 до 20,5 °С равна 4,18 кДж/(кг•К). При других температурах удельная теплоемкость воды несколько отличается от этого значения. В дальнейшем мы будем этим пренебрегать и принимать удельную теплоемкость воды равной 4,18 кДж/(кг•К) при любой температуре. Удельная теплоемкость других веществ также слегка зависит от температуры. Однако если температура меняется мало, то эту зависимость можно не учитывать. Поэтому для большинства расчетов будем принимать, что удельная теплоемкость какого-нибудь вещества есть постоянная величина. В таком случае мы можем легко вычислить, какое количество теплоты Q надо передать однородному телу, чтобы повысить его температуру от t1 до t2. Удельную теплоемкость вещества обозначим буквой с. Если масса тела равна m, то теплоемкость тела равна cm. Для повышения температуры от t1 до t надо передать телу количество теплоты в t2- t1 раз больше. И так,

Q= сm (t2 - t1).

Количество теплоты, которое нужно сообщить какому-либо телу, чтобы повысить его температуру на 1 К, называется теплоемкостью этого тела. При остывании на 1 К тело отдает такое же количество теплоты. Для нагревания тела не на 1 К, а, например, на 10 К нужно сообщить телу в 10 раз большее количество теплоты; при остывании его на 10 К тело отдает это же количество теплоты. На основании сказанного выше теплоемкость тела пропорциональна массе тела и зависит от вещества, из которого оно состоит. Согласно определению теплоемкость должна выражаться в джоулях на кельвин (Дж/К).

***Приборы и принадлежности:*** калориметр, мензурка, термометр, весы и разновесы, стеклянный стакан, лёд, сосуд с горячей водой.

***Порядок проведения работы:***

**1.**Налить в калориметр **100 мл** горячей воды.

**1.1**Определить объем воды **V**(м3)с помощью мензурки.

**1.2** Вычислить массу воды **m1**(кг) по формуле:

, где

**1.3**Показания массы воды в (кг) записать в таблицу7.1.

**2.**Измерить начальную температуру горячей воды в калориметре **t 2** в 0С (выразить ее по шкале Кельвина), значение занести в таблицу 7.1.

**3.**Измерить массу кусочка льда, для этого нужно:

**3.1**Уравновесит весы.

**3.2**Определить массу кусочка льда**m2**(кг) путем взвешивания, с точностью до **0,01г**, значение занести в таблицу 7.1.

**4.**Поместитькусочек льда в стеклянный стакан.

**4.1**Опустить термометр в стакан со льдом, а его в калориметр с горячей водой.

**4.2**Наблюдать за изменением температуры воды и за таянием льда.

**4.3**Измерить температуру воды **t 1** (0С) в калориметре в тот момент, когда весь лёд растает.

**4.4**Выразить температуру воды **t 1**(0С) по шкале Кельвина и значение занести в таблицу 7.1.

**5.**Рассчитать количество теплоты, отданное горячей водой в калориметре (своды = 4187 Дж/(кг\*К)) по формуле:

Q1 = сm ( t2 – t1)

**5.1**Зная, что при теплообмене количество теплоты, отданное горячей водой, равно количеству теплоты, необходимому для плавления льда, можно записать:

Q1 = Q2 , где Q2 = m λ

**6.**Рассчитайте удельную теплоту плавления льда по формуле



**6.1** Определить относительную погрешность метода по формуле:****, где значение удельной теплоты плавления льда определенного экспериментально, а λтаб  =334 кДж/кг - табличное значение удельной теплоты плавления льда.

**7.**Результаты измерений и вычислений занести в таблицу:

**Таблица 7.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| m1, кг | t 2, | | m2, кг | t 1, | | Q1= Q2, Дж | λ ,Дж/кг | ,%. |
| 0С | К | 0С | К |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**8.**Сделать вывод о проделанной лабораторной работе.

**9.** Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы****:*

**1.** Что такое фазовые переходы 1 рода?

**2.** Дайте определение понятиям теплоемкости тела и удельной теплоемкости вещества.

**3.** На основании какого закона составляют уравнения теплового баланса?

**4.**Почему при выполнении расчетов в данной работе не учитывалась теплоемкость калориметра?

**5.** В каком случае погрешность измерений в данной работе будет меньше, при быстром выполнении всех операций или при медленном? Почему?

**6.** Что такое обледенение воздушных судов? В чем его опасность для полетов воздушных судов?

**7**. Какие способы борьбы с обледенением вы знаете?

**8.** Обход облаков, при полете в которых велика вероятность обледенения, осуществляется сверху в зимний, и снизу – в летний период. Как вы думаете, почему?

**9.** Два куска из одинакового материала (например, оба железные), но разной массы нагреты до различных температур. Увеличится или уменьшится их общий объем, если горячий кусок передаст некоторое количество теплоты холодному?   
**10.** В латунный стакан массы 163 г, имеющий температуру 17 °С, вливают 100 г воды при 50 °С и 200 г воды при 10 °С. Пренебрегая обменом теплотой с окружающими телами, определите окончательную температуру воды. Предположим, что температуры вливаемых порций воды равны указанным выше, но что имеет место обмен теплотой через стенки сосуда с окружающими предметами. Как повлияет это обстоятельство на окончательную температуру воды в случае, если сперва наливается горячая, а потом холодная вода, и в случае, когда порядок наливания воды обратный?

**11.**Какое количество теплоты нужно взять для того, чтобы расплавить 2 кг олова, взятого при температуре плавления? Удельная теплота плавления олова 58 кДж/кг.

**12.** Сколько энергии необходимо для плавления куска железа массой 4 кг, взятого при температуре плавления? Удельная теплота плавления железа 27 кДж/кг.

**13.** Какое количество теплоты потребуется для плавления куска свинца массой 500 г,

взятого при температуре плавления? Удельная теплота плавления свинца 25 кДж/кг.

**14.** Какое количество теплоты потребуется для плавления 40 т белого чугуна, нагретого до температуры плавления? Удельная теплота плавления белого чугуна 130 кДж/кг.

**15.** Какое количество теплоты необходимо, чтобы расплавить ледяную глыбу массой 12,5 т при температуре плавления? Удельная теплота плавления льда 330 кДж/кг.

**16.**Медный лом массой 40 кг загрузили в плавильную печь. Вскоре его температура стала 1085 °С. Какое количество теплоты понадобится еще, чтобы медь расплавилась?

**17.**Требуется расплавить нагретое до 232 °С оловянное блюдо массой 0,8 кг. Какое количество теплоты понадобится для этого?

**18.**Известно, что на плавление некоторого металла массой 1,7 кг было затрачено 200 кДж количества теплоты. Что это был за металл?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.**

**Определение коэффициента линейного расширения твердого тела.**

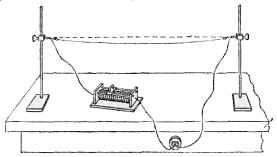
***Цель работы:*** определить коэффициент линейного расширения с помощью эксперимента.

***Теория:*** Линейное тепловое расширение характеризуется температурным коэффициентом линейного расширения . Предположим, что твердое тело при начальной температуре T0 имеет длину L1. При нагревании тела до температуры Т его длина увеличится до L, т.е. на *l* = L – L1. Относительное удлинение тела составит L / L1.

Величина, равная отношению относительного удлинения тела к изменению его температуры на Т = Т – Т1, называется **температурным коэффициентом линейного расширения:**

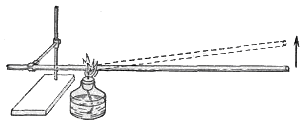
****;

**Особенности теплового расширения:** простые опыты и наблюдения убеждают нас, что при повышении температуры размеры тел немного увеличиваются, а при охлаждении — уменьшаются до прежних размеров. Так, например, сильно разогретый болт не входит в резьбу, в которую он свободно входит, будучи холодным. Когда болт охладится, он снова входит в резьбу. Телеграфные провода в жаркую летнюю погоду провисают заметно больше, чем при нагревании электрическим током проволока удлиняется и провисает; по выключении тока она принимает прежнее положение  
во время зимних морозов. Увеличение провисания, а следовательно, и длины натянутых проволок при нагревании легко воспроизвести на опыте, изображенном на рисунке 1.

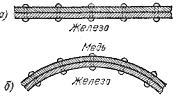


**Рисунок 1**

Нагревая натянутую проволоку электрическим током, мы видим, что она заметно провисает, а по прекращении нагревания снова натягивается.  
При нагревании увеличиваются не только длина тела, но также и другие линейные размеры. Изменение линейных размеров тела при нагревании называют линейным расширением. Если однородное тело (например, стеклянная трубка) нагревается одинаково во всех частях, то оно, расширяясь, сохраняет свою форму. Иное происходит при неравномерном нагревании. Рассмотрим такой опыт. Стеклянная трубка расположена горизонтально, и один ее конец закреплен. Если трубку нагревать снизу, как показано на рисунке 2, то верхняя ее часть остается вследствие плохой теплопроводности стекла более холодной; при этом стеклянная трубка при нагревании ее снизу заметно изгибается вверх изгибается к верху. Легко понять, что нижняя половина изогнутой трубки сжата, так как она не может расширяться в той мере, в какой расширялась бы, если бы не составляла одно целое с верхней половиной. Верхняя половина, наоборот, растянута.Таким образом, при неравномерном нагревании тел в них возникают напряжения, которые могут повести к их разрушению, если напряжения сделаются слишком большими.

  
**Рисунок 2**

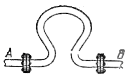
Так, стеклянная посуда в первый момент, когда в нее налита горячая вода, находится в напряженном состоянии и иногда лопается. Это происходит вследствие того, что сперва (прогреваются и расширяются внутренние части, которые и растягивают при этом внешнюю поверхность посуды. Такого напряжения при нагревании можно избежать, если 'взять посуду со столь тонкими стенками, что они быстро прогреваются по всей толщине (химическая посуда).По сходной причине лопается обычная стеклянная посуда, если пытаться греть в ней жидкости на огне или на электрической плитке. Существуют, однако, специальные (сорта стекла (так называемое кварцевое стекло, содержащее до 96 % кварца, SiO2), которые расширяются при нагревании настолько мало, что напряжения при неравномерном нагревании посуды, сделанной из такого стекла, не опасны. В кастрюле из кварцевого стекла можно кипятить воду. Линейное расширение различных материалов при одном и том же повышении температуры различно. Это видно, например, из такого опыта: две разнородные пластинки (например, железная и медная) склепывают между собой в нескольких местах (рисунок 3, а). Если при комнатной температуре пластинки прямые, то при нагревании они искривятся, как изображено на рисунке 3.б. Это показывает, что медь расширяется в большей мере, чем железо. Из этого опыта следует также, что при изменениях температуры тела, состоящего из нескольких различно расширяющихся частей, в нем тоже появляются внутренние напряжения. В опыте, изображенном на рисунке 3, медная пластинка сжата, а железная - растянута. По причине неодинакового расширения железа и эмали возникают напряжения в эмалированной железной посуде; при сильном нагреве эмаль иногда отскакивает. Напряжения, появляющиеся в твердых телах вследствие теплового расширения, могут быть очень большими. Это необходимо принимать во внимание во многих областях техники. Бывали случаи, когда части железных мостов, склепанные днем, охлаждаясь ночью, разрушались, срывая многочисленные заклепки.



**Рисунок3.**

а) Пластинка, склепанная из медной и железной полосок, в колодном состоянии.

б) Та же пластинка в нагретом состоянии (для наглядности изгиб показан преувеличенным)



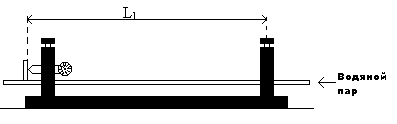
**Рисунок 4.**

Компенсатор на паропроводе дает возможность трубам А и В расширяться (рисунок 4). Во избежание подобных явлений, принимают меры к тому, чтобы части сооружений при изменении температуры расширялись или сжимались свободно. Например, железные паропроводы снабжают пружинящими изгибами в виде петель (компенсаторы, рис. 4).Увеличение линейных размеров сопровождается увеличением объема тел (объемное расширение тел).

***Приборы и принадлежности:*** прибор линейного расширения (трубка); нагреватель (сосуд с кипящей водой и трубкой), масштабная линейка, термометр, индикатор.

***Порядок проведения работы:***

**1.**Собрать установку (Рис.1.1).

 Т2 = 373К

**Рис. 1.1.**

**1.1** Познакомиться с работой индикатора.

**1.2** Измерить начальную длину L1 трубки прибора с точностью до 1 мм.

**1.3** Измерить начальную температуру Т1 с точностью до 1 К, которая равна температуре воздуха в комнате(выразить ее по шкале Кельвина), значение занести в таблицу 5.1.

**2.** Проводим опыт с установкой на рисунке 1.1.

**2.1** Пропустить через трубку пар от нагревателя, дождаться, покаиз нее не пойдет пар, считая, что трубка нагрелась до температуры 373К;

**2.2** Определить по индикатору удлинение трубки, *L* по формуле:

***L* =0,01 n**,

где n - число делений по шкале индикатора; 0,01 мм -цена деления шкалы индикатора.

**2.3** Вычислить коэффициент линейного расширения по формуле:

****,где - это начальная температура трубки (температура в комнате), Т - конечная температура трубки (температура кипящей воды, Т= 373К), L*-* начальная длина трубки, L*-* удлинение трубки.

**2.4** Значения вычисления занести в таблицу 5.1.

**3.** Повторить опыт с трубкой, выполненной из другого вещества, для этого нужно:

**3.1** Использовать порядок выполнения работы пунктов 1.2-2.4.

**4.** Определить относительную погрешность метода для двух твердых тел.

Для этого нужно:

**4.1** Использовав справочный материал из таблицы 4.1 , определить относительную погрешность метода по формуле: ,экспериментально определенный коэффициент линейного расширения, коэффициент линейного расширения,табличное значение коэффициента, наиболее близкое к экспериментальному значению.

**Таблица 4.1.**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Вещество | ,К | Вещество | , К |
| Алюминий, дюралюминий | 2,3 \*10 | Никель | 1,28\* 10 |
| Бетон, цемент | (10 14) \* 10 | Олово | 2,1\* 10 |
| Бронза | 1,8 \*10 | Платина | 9 \* 10 |
| Вольфрам | 4\*10 | Платинит | 9 \* 10 |
| Железо, сталь | 1,2 \* 10 | Свинец | 2,9 \* 10 |
| Золото | 1,4 \* 10 | Стекло | 9 \*10 |
| Инвар | 6 \* 10 | Цинк | 2,9 \* 10 |
| Латунь | 1,9 \*10 | Чугун | 1,0 \* 10 |
| Медь | 1,7\* 10 | Эбонит | 7,0 \*10 |

**5.** Результаты измерений и вычислений занести в таблицу 5.1.

**Таблица 5.1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | L1, мм | L, мм | Т2 – Т1, К | , К-1 | , К-1 | Вещество | ,% |
| 1 |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |  |  |  |

**6.**Сделать вывод проделанной работе.

**7.**Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы****:*

**1.**Каков характер взаимодействия между атомами в твердых телах? Как силы взаимодействия атомов зависят от расстояния между ними?

**2.**Как объяснить тепловое расширение твердых тел?

**3.**Каков физический смысл температурного коэффициента линейного расширения?

**4.** От чего зависит температурный коэффициент линейного расширения?

**5.**Что представляет собой сплав «инвар» и как он используется в приборостроении?

**6.**Почему коэффициент линейного расширения, определенный экспериментально, отличается от табличного значения? Как повысить точность (на Ваш взгляд)?

**7.** При 0°С длины железного и цинкового стержней должны быть равны между собой, а при 100°С должны разниться на 1 мм. Какие длины стержней при 0 °С удовлетворяют этому условию?

**8.** Внутренний диаметр полого медного цилиндра при 20°С равен 100 мм. В каком интервале температур отклонение от этого значения не превышает 50 мкм?

**9.** При помощи штангенциркуля, предназначенного для работы при 20 °С, измерили длину некоторого предмета при - 20 °С. Отсчет дал 19,97 см. Какова длина измеряемого тела?

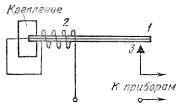
**10.** Как меняется диаметр отверстия в чугунной кухонной печи, когда печь нагревается?

**11.** Когда балалайку выносят из теплого помещения на мороз, ее стальные струны становятся более натянутыми. Какое заключение можно вывести отсюда о различии в расширении стали и дерева?

**12.** В роялях стальные струны натягиваются на железную раму. Меняется ли натяжение струн при настолько медленном изменении температуры, что рама успевает принять ту же температуру, что и струны (железо расширяется почти в той же степени, что и сталь)?

**13.** Для впайки электродов в электрическую лампу употребляют сплав «платинид», расширяющийся при нагревании так же, как стекло. Что может случиться, если впаять в стекло медную проволочку (медь расширяется заметно сильнее стекла)?

**14.** В технике часто пользуются биметаллическими пластинками, состоящими из двух тонких пластинок разных металлов, приваренных друг к другу по всей поверхности соприкосновения. На рисунке 5 показана упрощенная схема термореле' - прибора, автоматически выключающего на небольшой срок электрический ток, если сила тока почему-либо превысит допустимое значение: 1 - биметаллическая пластинка, 2 - небольшой нагревательный элемент, при допустимой силе тока нагревающийся слишком слабо для срабатывания реле, 3 - контакт. Разберитесь в действии термореле. С какой стороны пластинки 1 должен находиться металл, расширяющийся в большей мере?



**Рисунок 5.**

**15.**Правильным ли является утверждение, что во время нагревания тело увеличивает свои размеры, так как размеры его молекул уве­личиваются? Если нет, предложите свой исправленный вариант.

**16.**После того как пар кипящей воды пропустили через латунную трубку, длина трубки увеличилась на 1,62 мм. Чему равен коэффи­циент линейного расширения латуни, если при температуре 15 0Cдлина трубки равна 1 м? Напоминаем, что температура кипящей воды равна 100 °С.

**17.** Платиновый провод длиной 1,5 м находился при температуре 0 °С. Вследствие пропускания электрического тока провод раскалился и удлинился на 15 мм. До какой температуры он был нагрет?

**18.** Медный лист прямоугольной формы, размеры которого при темпе­ратуры 20 0C составляют 60 см х 50 см, нагрели до 600 °С. Как из­менилась площадь листа?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.**

**Определение температурного коэффициента сопротивления меди.**  
  
***Цель работы:*** экспериментально изучить зависимость сопротивления меди от температуры и определить температурный коэффициент сопротивления.

***Теория:*** В металлических проводниках электрическое сопротивление обусловлено столкновением свободных электронов с колеблющимися ионами в узлах кристалли­ческой решетки. По мере повышения температуры размах колебаний ионов увели­чивается, что способствует большему рассеянию электронов, участвующих в упоря­доченном движении. Кроме того с повышением температуры увеличивается ско­рость хаотического (теплового) движения электронов и они испытывают большее число столкновений с ионами кристаллической решетки. Все это приводит к тому, что с повышением температуры сопротивления проводника, а следовательно и удельное сопротивление увеличивается.

У химически чистых металлов с повышением температуры на 10С сопротивление возрастает примерно на 0,004 сопротивления при 00С и выражается линейной зависимостью

, (1)

гдеR0-сопротивление при 0°С;- разность температур (конечной и начальной);- температурный коэффициент сопротивления материала проводника, показывающий, на какую часть начального сопротивления проводника взятого при 00С изменяется сопротивление проводника при его нагревании на 10С или на 1К.

 или, (2)

где 

Опытным путем можно определить ,не пренебрегая к измерению сопротивления R0. Для этого необходимо дважды измерить сопротивление исследуемого материала R1и R1 при разных температурах t1и t2. Зная, что

,

Можно найти соотношение, а затем и.

, (3).

Применяемый прибор для определения термического коэффициента сопротивления меди состоит из катушки 1,намотанной медным изолированным проводом на картонном каркасе 2; концы катушки выведены к зажимам 3,установленным на пластмассовой колодке 4. В этой же колодке закреплена стеклянная пробирка со вставленным в нее каркасом катушки. Сверху в колодке имеется отверстие 5,в которое вставляют термометр для измерения температуры катушки.

Помещая пробирку с катушкой, например, в холодную воду и горячую и измеряя сопротивление катушки при разной температуре, можно вычислить термический коэффициент сопротивления меди.

Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры имеет важное значение для экспериментальной физики и техники. Большинство точных измерений температуры в настоящее время производится с помощью так называемых термометров сопротивления. Они представляют собой проволочные сопротивления, температурная зависимость которых тщательно проградуирована в специальных термостатах. Эти термометры точнее, удобнее в использовании и диапазон их сравнительно шире, чем у ртутных и других жидкостных термометров. Платиновый термометр сопротивления, например, применяется в интервале от -263 до + 1000°С. Точность таких термометров составляет несколько сотых долей градуса.

***Приборы и принадлежности:*** прибор для определения температурного коэффициента сопротивления; омметр; термометр; сосуд с водой; электрическая плитка.



**Рисунок 1.**

***Порядок проведения работы:***

**1.**Сосуд с водой поставить на электроплитку и включить в осветительную сеть.

**1.1**Измерить сопротивление R1медной проволоки при комнатной температуре t1 с помощью омметра.

**2.**Опустить прибор для определения температурного коэффициента сопротивления в стакан с водой, установить в нем термометр.

**2.1**Нагревая воду, измерить сопротивление R с помощью омметра через каждые 10-20 градусов до 100 0 С.

**2.2** Измеренные значения сопротивлений записать в таблицу 5.1.

**3.** Вычислить для каждого измерения температурный коэффициент сопротивления, используя формулу (3)теории к лабораторной работе.

**3.1**Определить среднее значение температурного коэффициента сопротивления меди по формуле:

, где n-число показаний сопротивления, измеренных во время эксперимента.

**4.**Определить относительную погрешность метода по формуле:****, где- температурный коэффициент сопротивления меди, определенный экспериментально и соответствует среднему значению температурного коэффициента сопротивления меди , а =4,3\*10-3 0С-1 - табличное значение температурного коэффициента сопротивления меди.

**5.**Результаты измерений и вычислений занести в таблицу:

**Таблица 5.1.**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | t , 0С | R, Ом | ,0С -1 | ,0С -1 | ,% |
| 1 |  |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| 4 |  |  |  |
| 5 |  |  |  |
| 6 |  |  |  |

**8.**Построить график зависимости сопротивления R (Ом) от температуры t (0С),используя программу Microsoft Excel.

**9.**Сделать вывод о проделанной лабораторной работе.

**10.** Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы****:*

**1.**Объясните наличие электрического сопротивления металлов с классической точки зрения.

**2.** Почему и как сопротивление металлов зависит от температуры?

**3.**Объясните, почему с увеличением температуры увеличивается сопротивление металла?

**4.**В чем состоит отличие электрических свойств полупроводников и металлов?

**5.**Запишите выражение, показывающее зависимость сопротивления металлов от температуры.

**6.**Температурный коэффициент сопротивления меди 0,0042 К-1. Что это означает?

**7.**Используя литературные источники, запишите, какие металлы и сплавы имеют наименьшие температурные коэффициенты. Какова их величина? Какова их стоимость? Объясните стоимостные различия.

**8.**Сопротивление медного проводника при 00С равно 1 Ом. Каким оно будет при 1000С?

**9.**Для каких целей используют материалы, имеющие малые температурные коэффициенты сопротивления?

**10.** Сопротивление стального и вольфрамового проводников при 00С одинаковы. Будут ли одинаковы при 2000С? ТКС стали 0,006 К-1, вольфрама 0,005 К-1.

**11.**Предположим, что вы измеряете сопротивление двух проводников, соединенных параллельно (последовательно) и имеющих разные температурные коэффициенты сопротивления. В каком случае (при последовательном или параллельном соединении) точность измерения будет больше? И для какого проводника?

**12.**Сопротивление стального и вольфрамового проводников при 500Содинаковы. Каким они будут при 100С ?

Какие металлы можно использовать для измерения температуры? С меньшим или большим температурным коэффициентом сопротивления?

**13.**Сопротивление алюминиевого и нихромового проводников при 200С одинаковы. Будут ли одинаковы при 800С? ТКС алюминия 0,004 К-1, нихрома 1,0001 К-1.

**14.**Каков физический смысл нелинейной зависимости сопротивления металлов при высоких (более 100 °С) температурах?

**15.**Сопротивление алюминиевого и нихромового проводников при 600С одинаковы. Каким они будут при 300С?

**16.**Как зависит точность измерения коэффициента температурного сопротивления металлов от скорости нагрева?

**17.**Сопротивление константанового проводника при 1000С равно 1,002 Ом. Каким оно будет при 00С?

**18.**Чем объясняется явление сверхпроводимости? Назвать несколько примеров использование сверхпроводимости.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 4.**

**Изучение термоэлектричества**

***Цель работы:*** экспериментально изучить термоэлектрические явления и провести градуировку термопары.

***Теория:*** Если температура контактов различных металлов не одинакова, то в цепи возникает электрический ток, называемый *термоэлектрическим.* Явление возникновения термоэлектрического тока (явление Зеебека), а так же явление Пельтье и Томсона, называется *термоэлектрическими явлениями*.

Явление Зеебека (немецкий физик) 1821г. - возникновение термоэлектрического тока (или термо-Э.Д.С.) в замкнутой цепи последовательно соединенных разнородных проводников, контакты между которыми имеют различную температуру.

В замкнутой цепи термо Э.Д.С. ~ разности температур.

 (1)

Объяснение возникновения термо-Э.Д.С.: Термо-Э.Д.С. зависит от температуры, отсюда следует, если температура кристаллов различна, то разными будут и внутренние контактные разности потенциалов. Таким образом, сумма скачков потенциалов отлична от нуля и, отсюда следует, возникает в цепи термо-Э.Д.С. Диффузия электронов при градиенте температуры в цепи также приводит к появлению термо-Э.Д.С.

Явление Зеебека используется для измерения температур *- термопары* - представляют собой два разнородных металла, контакты которых находятся при разных температурах.

Постоянная зависит только от рода металлов, из которых состоит термопара, и называется постоянной термопары. Из формулы (1) следует, что:

, (2)

то есть постоянная термопары численно равна термоЭ.Д.С., возникающей в данной термопаре при разности температур спаев в 1 градус.

Постоянную термопары можно определить следующим образом: пусть сопротивлении е термопары с включенным в цепь гальванометром равно R0. Создадим разность температур спаев (Т1-Т2) и заметим показание гальванометра I1, соответствующее данной разности температур. Цена деления гальванометра С. По закону Ома: , откуда

 (3)

Включим последовательно с гальванометром сопротивление R и произведем измерение при той же разности температур(Т1-Т2).Показание гальванометра обозначим I2.По закону Ома:

 

Подставив (3) в (4),получим:

 (5)

Откуда:

 (6)

Подставив (6) в (1),получим:

 (7)

*Явление Пельтье* (французский ~ физик) 1834г.(обратное к явлению Зеебека), при прохождении тока через контакт двух разнородных металлов в зависимости от его напряжения кроме джоулева тепла (нагревания проводников) выделяется (при одном направлении тока) или поглощается (при другом направлении тока) дополнительная теплота.

QПельтьеI; QПельтье 0 при I и Qл 0 при I.

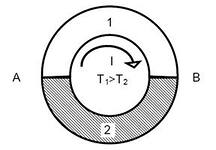
[](http://images.yandex.ru/yandsearch?text=%D1%8F%D0%B2%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D0%B5%20%D0%B7%D0%B5%D0%B5%D0%B1%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20%D0%BF%D0%B5%D0%BB%D1%8C%D1%82%D1%8C%D0%B5&noreask=1&img_url=http://kliot.ru/sites/default/files/zeebec.png&pos=2&rpt=simage&lr=213)

Рисунок 1.

Объяснение *явления Пельтье:*

Электроны по разную сторону спая обладают различной средней энергией. Если электроны, движущиеся по часовой стрелке(рис.1), пройдут спай *В* и попадут в область с меньшей энергией, то избыток своей энергии они отдадут кристаллической решетке и спай *В* будет нагреваться. В спае *А* электроны переходят в область с большей энергией, забирают часть энергии у кристаллической решетки для выравнивания своей температуры с температурой кристаллической решетки. Таким образом спай *А* будет охлаждаться.

Явление Пельтье используется в термоэлектрических полупроводниковых холодильниках.

*Явление Томсона* (1856). При прохождении тока по неравномерно нагретому проводнику должно происходить дополнительное выделение (или поглощение) теплоты аналогичной теплоте Пельтье.

Объяснение явления Томсона:

Так как в нагретой части проводника электроны имеют большую среднюю энергию, чем в менее нагретой, то двигаясь в направлении убывания температуры, они отдают часть своей энергии решетке, в результате чего происходит выделение теплоты Томсона. При движении электронов в обратном направлении происходит поглощение энергии (теплоты) Томсона.

***Полупроводниковые холодильники Пельтье.*** Работа современных высокопроизводительных электронных компонентов, составляющих основу компьютеров, сопровождается значительным тепловыделением, особенно при эксплуатации их в форсированных режимах разгона (overclocking). Эффективная работа таких компонентов требует адекватных средств охлаждения, обеспечивающих необходимые температурные режимы их работы. Как правило, такими средствами поддержки оптимальных температурных режимов являются кулеры, основой которых являются традиционные радиаторы и вентиляторы.

Надежность и производительность таких средств непрерывно повышаются за счет совершенствования их конструкции, использования новейших технологий и применения в их составе разнообразных датчиков и средств контроля. Это позволяет интегрировать подобные средства в состав компьютерных систем, обеспечивая диагностику и управление их работой с целью достижения наибольшей эффективности при обеспечении оптимальных температурных режимов эксплуатации компьютерных элементов, что повышает надежность и удлиняет сроки их безаварийной работы.

Параметры традиционных кулеров непрерывно улучшаются, тем не менее, в последнее время на компьютерном рынке появились и вскоре стали популярными такие специфические средства охлаждения электронных элементов как полупроводниковые холодильники Пельтье (хотя часто применяется слово кулер, но правильным термином в случае элементов Пельтье является именно холодильник).

Холодильники Пельтье, содержащие специальные полупроводниковые термоэлектрические модули, работа которых основана на эффекте Пельтье, открытом еще в 1834 г., являются чрезвычайно перспективными устройствами охлаждения. Подобные средства уже много лет успешно применяются в различных областях науки и техники.

В шестидесятых и семидесятых годах отечественной промышленностью предпринимались неоднократные попытки выпуска бытовых малогабаритных холодильников, работа которых была основана на эффекте Пельтье. Однако несовершенство существовавших технологий, низкие значения коэффициента полезного действия и высокие цены не позволили в те времена подобным устройствам покинуть научно-исследовательские лаборатории и испытательные стенды.

Но эффект Пельтье и термоэлектрические модули не остались уделом только ученых. В процессе совершенствования технологий многие негативные явления удалось существенно ослабить. В результате этих усилий были созданы высокоэффективные и надежные полупроводниковые модули.

В последние годы данные модули, работа которых основана на эффекте Пельтье, стали активно использовать для охлаждения разнообразных электронных компонентов компьютеров. Их, в частности, стали применять для охлаждения современных мощных процессоров, работа которых сопровождается высоким уровнем тепловыделения.

Благодаря своим уникальным тепловым и эксплуатационным свойствам устройства, созданные на основе термоэлектрических модулей — модулей Пельтье, позволяют достичь необходимого уровня охлаждения компьютерных элементов без особых технических трудностей и финансовых затрат. Как кулеры электронных компонентов, данные средства поддержки необходимых температурных режимов их эксплуатации являются чрезвычайно перспективными. Они компактны, удобны, надежны и обладают очень высокой эффективностью работы.

Особенно большой интерес полупроводниковые холодильники представляют в качестве средств, обеспечивающих интенсивное охлаждение в компьютерных системах, элементы которых, установлены и эксплуатируются в жестких форсированных режимах. Использование таких режимов — разгона (overclocking) часто обеспечивает значительный прирост производительности применяемых электронных компонентов, а, следовательно, как правило, и всей системы компьютера. Однако работа компьютерных компонентов в подобных режимах отличается значительным тепловыделением и нередко находится на пределе возможностей компьютерных архитектур, а также существующих и используемых микроэлектронных технологий. Такими компьютерными компонентами, работа которых сопровождается высоким тепловыделением, являются не только высокопроизводительные процессоры, но и элементы современных высокопроизводительных видеоадаптеров, а в некоторых случаях и микросхемы модулей памяти. Подобные мощные элементы требуют для своей корректной работы интенсивного охлаждения даже в штатных режимах и тем более в режимах разгона.

***Приборы и принадлежности:***

***Порядок выполнения работы:*** цифровой мультиметр; два одинаковых термоэлемента (термопара); соединительные провода; два термометра (от 00 С до 1000С); электрическая плитка; химический стакан; калориметр.

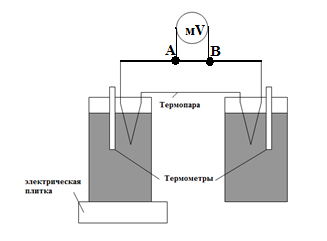
****

Рисунок 2

***Порядок проведения работы:***

**1.** Собрать установку по схеме, показанной на рисунке 2.

**2.** Подключить мультиметр к клеммам **А** и **Б.**

**2.1**При выключенной электрической плитке измерить начальную (комнатную) температуру холодного и горячего спаев в t10С.

**2.2** Измерить значение Э.Д.С. при одинаковой температуре холодного и горячего спаев().

**3.** Включить электрическую плитку.

**3.1** При нагревании воды, а вместе с ней спая одной термопары, измерить через каждые 50С величину создаваемой Э.Д.С.(). Выполнить 6-8 замеров.

**4.**Результаты измерений занести в таблицу 4.1:

**Таблица 4.1.**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| t , 0С |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  | | | | | | | |

**5.**По полученным данным построить график зависимости Э.Д.С.от температуры t (0С), используя программу Microsoft Excel.

**6.**По построенному графику определить постоянную термопары, которая характеризует чувствительность термопары, т.е. на сколько мВ изменяется ЭДС термопары при изменении температуры на 10С, используя формулу 

**7.** Сделать вывод о проделанной лабораторной работе.

**8.** Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы****:*

**1.**Чем обусловлены термоэлектрические эффекты?

**2.** В чем состоит явление Зеебека, Пельтье, Томсона?

**3.** Объясните причины возникновения эффекта Зеебека, эффекта Пельтье и эффекта Томсона.

**4.** Как увеличить выход электронов их металла?

**5.** От чего зависит работа выхода электронов из металла?

**6.** Какие причины возникновения термоЭ.Д.С. вы знаете?

**7.** Как устроена термопара.

**8.** Какие существуют способы включения термопары.

**9.** Какая величина называется постоянной термо-Э.Д.С. термопары? От чего она зависит?

**10.**Как измерить температуру термопары, зная ее градуировку.

**11.** Применение термоэлектрических эффектов.

**12.**Объяснить физическую картину возникновения контактной разности потенциалов.

**13.**Работа выхода электрона из цинка равна 4,0 эВ. Определить величину потенциального барьера.

**14.**Работа выхода электрона из алюминия равна 3,7 эВ. Определить величину потенциального барьера.

**15.**Определить термо-Э.Д.С. никель-платиновой термопары при нагревании ее от 390 до 1300 К, если удельная термо-Э.Д.С. равна 1,1\* 10-5В/К.

**16.**Определить термо-Э.Д.С. железо-константановой термопары при нагревании ее от 290 до 1500 К, если удельная термо-Э.Д.С. равна 5,3\* 10-5В/К.

**17.**На сколько градусов была нагрета серебряно-платиновая термопара, если возникла термо-Э.Д.С. 0,006.Удельная термо-Э.Д.С. равна 1,2\* 10-5В/К.

**18.**Какова удельная термо-ЭДС платино-платинородиевой термопары, если при нагревании ее на 1500 К возникла термо-Э.Д.С. 9,6\*10-3В/К.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 5.**

**Определение заряда электрона**

***Цель работы:*** определить величину заряда электрона, используя закон Фарадея для электролиза.

***Теория:*** В отсутствие внешнего электрического поля ионы противоположных знаков и нераспавшиеся молекулы, составляющие раствор, находятся в состоянии хаотического движения. Если в растворе создать электрическое поле, движение ионов станет упорядоченным. Электрическое поле в электролите можно создать опустив в него электроды - проводники, соединенные с источником тока.

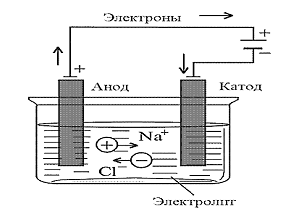


Рисунок 1

Под действием электрического поля катионы движутся к отрицательному электроду К(катоду), а анионы - к положительному электроду А (аноду). Следует отметить, что скорость движений ионов невелика (например, при Е=102 В/м скорость ионов водорода  3,3 ·10-5 м/с). В электролите возникает направленное движение электрических зарядов, т.е. возникает электрический ток. Суммарная сила тока равна отношению заряда (обоих знаков), проходящего через данное сечение раствора, к времени. Плотность электрического тока в электролите определяется согласно закону Ома:

, (1)

где ρ - удельное сопротивление электролита. Сопротивление электролитов, так же как и сопротивление проводников, может быть вычислено по формуле:

 (2)

Удельное сопротивление электролита при повышении температуры уменьшается, а удельная проводимость увеличивается.

Прохождение электрического тока через электролит сопровождается явлением электролиза – выделением на электродах веществ, входящих в состав электролита. Ток в электролитах связан с переносом вещества, поэтому электролиты в отличие от металлов называют проводниками второго рода.

Химические действия электрического тока впервые были открытых 1800 г., но только в 1833 г. М. Фарадеем были установлены законы электролиза.

*Первый закон Фарадея*: масса m вещества, выделяющегося на электроде, пропорциональна электрическому заряду Q, прошедшему через электролит:

 или  (3)

где I = Q/t - сила постоянного тока, протекающего через раствор за время t.

Коэффициент пропорциональности k называют электрохимическим эквивалентом вещества. Он равен отношению массы вещества, выделившегося на электроде при электролизе, к заряду, прошедшему через электролит.

Физический смысл первого закона Фарадея можно понять зная механизм ионной проводимости и электролиза. Чем больше количество электричества пройдет через электролит, тем большее число ионов подойдет к электродам. Положительные ионы при соприкосновении с катодом получают недостающие электроны и осаждаются на катоде в виде нейтральных атомов. Отрицательные ионы при соприкосновении с анодом отдают лишние электроны и осаждаются на аноде. Каждый осаждающийся на электроде ион переносит с собой некоторый электрический заряд. Следовательно, полный заряд, переносимый всеми ионами, строго пропорционален полному количеству ионов, осевших на электродах, т.е. массе выделяющегося вещества.

*Второй закон Фарадея*: электрохимический эквивалент вещества прямо пропорционален отношению атомной (молекулярной) массы А к валентности n:

 (4)

Отношение атомной (молекулярной) массы к валентности называют химическим эквивалентом. Электрохимические эквиваленты веществ пропорциональны их химическим эквивалентам.

Физический смысл постоянной Фарадея F можно выяснить, если в (3) подставить выражение k, определяемое из (4):

 (5)

Выражение (3) называют объединенным законом электролиза Фарадея: постоянная Фарадея (F = 9,648 · 104 Кл / моль) характеризует электрический заряд, который нужно пропустить через раствор электролита, чтобы выделить на электроде массу любого вещества, численно равную химическому эквиваленту.

Определить величину заряда электрона можно с помощью эксперимента, используя закон Фарадея для электролиза. Электролитом служит раствор сульфата меди( CuSO4),а в качестве электродов используют медные пластины.

Заряд электрона может быть определён по формуле

 (6) ,

полученной из закона Фарадея для электролиза. Здесь m – масса выделившейся на катоде меди, М – малярная масса меди, n – валентность меди, N - число Авогадро, I – сила тока, t – время прохождения тока через электролит.

***Приборы и принадлежности:*** источник питания ЛИП, электролитическая ванна с раствором медного купороса, 2 медных электрода, амперметр постоянного тока, реостат, рубильник, провода, весы, разновесы до 0,01 г, секундомер, электрическая плитка.

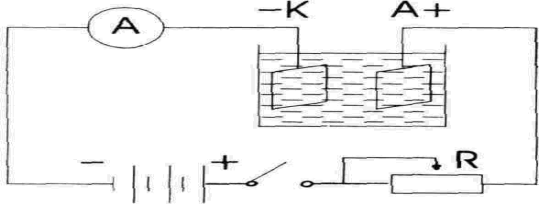
***Порядок выполнения работы:***

**1.** Уравновесить весы.

**1.1** Взвесить катод (в цепи он должен быть отрицательным электродом) и определить массу(m1) с точностью до 10 мг.

**2.** Работа с электрической цепью.

**2.1** Собрать цепь, как показано на схеме (рисунок 1.1).



**Рисунок 1.1**

**2.2** Поместить катод в электролитическую ванну, замкнуть цепь и с помощью реостата R установить силу тока около 0,5А.И одновременно пустить в ход секундомер.

**2.3** Во время опыта, который длится 20 минут, необходимо следить за тем, чтобы сила тока была неизменной (0,5 А).

**2.4** По окончании опыта разомкнуть ключ, извлечь катод из ванны, просушить над электрической плиткой.

**3.** Повторно взвесив, определить массу выделившейся на катоде меди (m2).

**3.1**Определить молярную массу(М) и валентность(n) меди (Cu2). Записать полученные данные в таблицу 5.1.

**3.2**Определить величину заряда электрона, используя формулу (6) в теории к лабораторной работе.

**4.**Определить относительную погрешность метода по формуле:****, где- величина заряда электрона, определенного экспериментально, а - табличное значение величина заряда электрона.

**5.** Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 5.1:

**Таблица 5.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п\п | m1, кг | m2, кг | (m2m1), кг | I, А | t, с | М,кг/моль | n | еэкс, Кл | ,% |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**6.** Сделать вывод о проделанной работе.

**7.** Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы:***

**1.**Что такое электролиз, катод, анод?

**2.** Какие процессы происходят на катоде и аноде?

**3.** Чем отличается расплав от раствора?

**4.** Перечислите правила электролиза в растворах на катоде и аноде?

**5.**Почему молекулы соли, кислоты и щёлочи в воде распадаются на ионы?

**6.**Почему с повышением температуры сопротивление электролита уменьшается?

**7.**При каких условиях концентрация электролита в процессе электролиза остаётся постоянной? меняется?

**8.** Могут ли при диссоциации образоваться ионы одного какого-нибудь знака? Почему? (нет, потому что диссоциирующая молекула состоит из ионов разных знаков).

**9.** Почему нельзя прикасаться к неизолированным электрическим проводам голыми руками? (Влага на руках всегда содержит раствор различных солей и является электролитом. Поэтому она создает хороший контакт между проводами и кожей).

**10.** В раствор медного купороса опущены 2 угольных стержня, на одном из которых отлагается медь. Почему наиболее толстый слой меди получается на той части его поверхности, которая обращена к другому углу? (Здесь наибольшая плотность тока).

**11.**Почему электролиты являются проводниками второго рода? Ответ обоснуйте.

Дайте сравнительную характеристику проводимости металлов и жидкостей.

**12.**Опредилите электрохимический эквивалент свинца, если за 5 часов электролиза при силе тока в5А на катоде выделилось 96,66г серебра (k=1,118 \* 10 - 6 кг/Кл)

**13.** 2. Амперметр, включенный последовательно с электролитической ванной, показывает ток 1,5А. Какую поправку надо внести в показания амперметра, если за время 10 мин. На катоде выделилась масса меди 0,316 г?   
**14.** Для серебрения ложек через раствор соли серебра в течение времени 5 мин пропускали ток 1,8А. Катодом служили 12 ложек, каждая ложка имеет площадь поверхности 50 см2. Какой толщины слой серебра отложится на ложках?  
**15.**Найти массу выделившейся меди, если для ее получения электрическим способом затрачено 5кВт\*ч электроэнергии. Электролиз проводится при напряжении 10В. КПД установки 75%.

**16.** Какой заряд проходит через раствор медного купороса за время 10 мин, если ток за это время равномерно возрастает от 0 до 4 А. Какая масса меди выделится, при этом на катоде?

**17.** При рафинировании меди с помощью электролиза к последовательно включенным электролитическим ваннам, имеющим общее сопротивление 0,5 Ом, подведено напряжение 10В. найдите массу чистой меди, выделившейся на катодах ванны за время 10 ч. ЭДС равно 6В.

**18.** При электролитическом способе получения алюминия на единицу массы расходуется50 кВт\*ч/кг электроэнергии. Электролиз проводится при напряжении 16,2 В.Каким будет расход электроэнергии на единицу массы при напряжении 8,1 В?

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 6.**

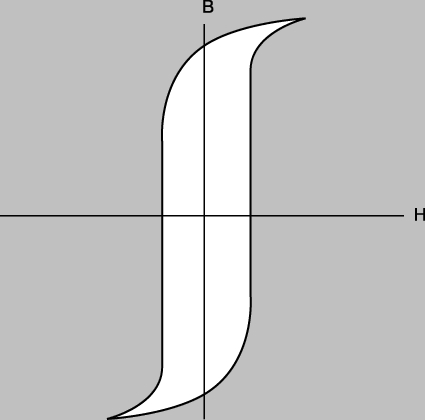
**Определение индуктивности магнитного поля постоянного магнита**

***Цель работы:*** оценить значение индукции магнитного поля у полюса постоянного магнита; исследовать характер убывания индукции магнитного поля при удалении от магнита.

***Теория:* Магнитные полюса и магнитное поле.** Магнитные свойства стержневого магнита наиболее заметны вблизи его концов. Если такой магнит подвесить за среднюю часть так, чтобы он мог свободно поворачиваться в горизонтальной плоскости, то он займет положение, примерно соответствующее направлению с севера на юг. Конец стержня, указывающий на север, называют северным полюсом, а противоположный конец - южным полюсом. Разноименные полюса двух магнитов притягиваются друг к другу, а одноименные взаимно отталкиваются. Если к одному из полюсов магнита приблизить брусок ненамагниченного железа, то последний временно намагнитится. При этом ближний к полюсу магнита полюс намагниченного бруска будет противоположным по наименованию, а дальний - одноименным. Притяжением между полюсом магнита и индуцированным им в бруске противоположным полюсом и объясняется действие магнита. Некоторые материалы (например, сталь) сами становятся слабыми постоянными магнитами после того, как побывают около постоянного магнита или электромагнита. Стальной стержень можно намагнитить, просто проведя по его торцу концом стержневого постоянного магнита. Итак, магнит притягивает другие магниты и предметы из магнитных материалов, не находясь в соприкосновении с ними. Такое действие на расстоянии объясняется существованием в пространстве вокруг магнита магнитного поля. Некоторое представление об интенсивности и направлении этого магнитного поля можно получить, насыпав на лист картона или стекла, положенный на магнит, железные опилки. Опилки выстроятся цепочками в направлении поля, а густота линий из опилок будет соответствовать интенсивности этого поля. (Гуще всего они у концов магнита, где интенсивность магнитного поля наибольшая.) М. Фарадей (1791-1867) ввел для магнитов понятие замкнутых линий индукции. Линии индукции выходят в окружающее пространство из магнита у его северного полюса, входят в магнит у южного полюса и проходят внутри материала магнита от южного полюса обратно к северному, образуя замкнутую петлю. Полное число линий индукции, выходящих из магнита, называется магнитным потоком. Плотность магнитного потока, или магнитная индукция (В), равна числу линий индукции, проходящих по нормали через элементарную площадку единичной величины. Магнитной индукцией определяется сила, с которой магнитное поле действует на находящийся в нем проводник с током. Если проводник, по которому проходит ток I, расположен перпендикулярно линиям индукции, то по закону Ампера сила F, действующая на проводник, перпендикулярна и полю, и проводнику и пропорциональна магнитной индукции, силе тока и длине проводника. Таким образом, для магнитной индукции B можно написать выражение:,где F - сила в ньютонах, I - ток в амперах, l - длина в метрах. Единицей измерения магнитной индукции является тесла(Тл).

**Гальванометр.** Гальванометр - чувствительный прибор для измерения слабых токов. В гальванометре используется вращающий момент, возникающий при взаимодействии подковообразного постоянного магнита с небольшой токонесущей катушкой (слабым электромагнитом), подвешенной в зазоре между полюсами магнита. Вращающий момент, а следовательно, и отклонение катушки пропорциональны току и полной магнитной индукции в воздушном зазоре, так что шкала прибора при небольших отклонениях катушки почти линейна. Намагничивающая сила и напряженность магнитного поля. Далее следует ввести еще одну величину, характеризующую магнитное действие электрического тока. Предположим, что ток проходит по проводу длинной катушки, внутри которой расположен намагничиваемый материал. Намагничивающей силой называется произведение электрического тока в катушке на число ее витков (эта сила измеряется в амперах, так как число витков - величина безразмерная). Напряженность магнитного поля Н равна намагничивающей силе, приходящейся на единицу длины катушки. Таким образом, величина Н измеряется в амперах на метр; ею определяется намагниченность, приобретаемая материалом внутри катушки. В вакууме магнитная индукция B пропорциональна напряженности магнитного поля Н:,где  - магнитная постоянная, имеющая универсальное значение . Во многих материалах величина B приблизительно пропорциональна Н.

**Расчет магнитных свойств.** Магнитная индукция поля Земли составляет 0,5\*10 -4 Тл, тогда как поле между полюсами сильного электромагнита - порядка 2 Тл и более. Магнитное поле, создаваемое какой-либо конфигурацией токов, можно вычислить, пользуясь формулой Био - Савара - Лапласа для магнитной индукции поля, создаваемого элементом тока. Расчет поля, создаваемого контурами разной формы и цилиндрическими катушками, во многих случаях весьма сложен. Ниже приводятся формулы для ряда простых случаев. Магнитная индукция (в теслах) поля, создаваемого длинным прямым проводом с током I (ампер), на расстоянии r (метров) от провода равна.Индукция в центре кругового витка радиуса R с током I равна (в тех же единицах):. Плотно намотанная катушка провода без железного сердечника называется соленоидом. Магнитная индукция, создаваемая длинным соленоидом c числом витков N в точке, достаточно удаленной от его концов, равна: . Здесь величина NI/L есть число ампер (ампер-витков) на единицу длины соленоида. Во всех случаях магнитное поле тока направлено перпендикулярно этому току, а сила, действующая на ток в магнитном поле, перпендикулярна и току, и магнитному полю. Поле намагниченного железного стержня сходно с внешним полем длинного соленоида с числом ампер-витков на единицу длины, соответствующим току в атомах на поверхности намагниченного стержня, поскольку токи внутри стержня взаимно. По имени Ампера такой поверхностный ток называется амперовским. Напряженность магнитного поля Ha, создаваемая амперовским током, равна магнитному моменту единицы объема стержня M. Если в соленоид вставлен железный стержень, то кроме того, что ток соленоида создает магнитное поле H, упорядочение атомных диполей в намагниченном материале стержня создает намагниченность M. В этом случае полный магнитный поток определяется суммой реального и амперовского токов, так что B = (H + Ha), или B = (H + M). Отношение M/H называется магнитной восприимчивостью и обозначается греческой буквой c; c - безразмерная величина, характеризующая способность материала намагничиваться в магнитном поле. Величина B/H, характеризующая магнитные свойства  
материала, называется магнитной проницаемостью и обозначается через , причем, где  - абсолютная, а  - относительная проницаемости,  В ферромагнитных веществах величина c может иметь очень большие значения -до 10 4-10 6. Величина c у парамагнитных материалов немного больше нуля, а у диамагнитных - немного меньше. Лишь в вакууме и в очень слабых полях величины c и  постоянны и не зависят от внешнего поля. Зависимость индукции B от H обычно нелинейна, а ее графики, кривые намагничивания, для разных материалов и даже при разных температурах могут существенно различаться. Примеры таких кривых приведены на рисунке 1.а для магнитно-твердого ферромагнитного материала: в точке 2 достигается магнитное насыщение, отрезок 1-3 определяет остаточную магнитную индукцию, а отрезок 1-4 - коэрцитивную силу, характеризующую способность образца противостоять размагничиванию; на рисунке 1.б для магнитно-мягкого материала (например, железа): поскольку площадь петли пропорциональна потерям энергии, такие материалы слабо сопротивляются размагничиванию и характеризуются малыми потерями энергии.

****

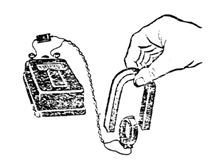
**а) б)**

**Рисунок 1.**Петля гистерезиса.

**Индуктивность магнитного поля постоянного магнита.** Приближённое значение индукции поля у полюса постоянного магнита можно найти, считая поле однородным (рис.2). В этом случае магнитный поток Ф связан с модулем В индукции магнитного поля с площадью поперечного сечения магнита соотношением:

Ф=ВS.

Для измерения магнитного потока Ф можно воспользоваться явлением электромагнитной индукции.



**Рисунок 2**

При быстром удалении контура из магнитного поля, пронизывающий его магнитный поток изменяется от величины Ф до 0; Э.Д.С. индукции, возникающая в этом контуре, определяется выражением:

 (1)

При удалении катушки, содержащей N витков из магнитного поля, ЭДС индукции в ней будет в N раз больше, чем в одиночном контуре:

 (2)

Если концы катушки замкнуты на гальванометр, то при удалении катушки из магнитного поля постоянного магнита в цепи протекает индукционный ток I. Разделив обе части уравнения (2) на полное сопротивление цепи R, получим:

, или 

откуда  (3)

Последние выражения показывают, что индукция магнитного поля В прямо пропорциональна количеству электричества Δq, протекающего через катушку при удалении её из магнитного поля, прямопропорциональна полному сопротивлениюR цепи и обратно пропорциональна площади поперечного сечения катушки и числу витков N в ней. Следовательно, для определения индукции однородного магнитного поля В необходимо измерить количества электричества Δq, протекающее в катушке при быстром удалении её(выдергивании) из исследуемой области магнитного поля. Это можно сделать с помощью гальванометра, шкала которого заранее проградуирована в кулонах.

Для обеспечения баллистического режима работы гальванометра в электрическую цепь последовательно с катушкой надо включить резистор сопротивлением 1 кОм.

***Приборы и принадлежности :***магнит дугообразный, катушка-моток, микроамперметр М2003, масштабная линейка, резистор1кОм, соединительные провода.

***Порядок выполнения работы:***

**1.**Работа с катушкой-мотком.

**1.1** Измерить диаметр Dкатушки с помощью измерительной линейки по формуле:

**1.2**Сосчитать число витков N катушки, вычислить площадь S поперечного сечения катушки, используя формулу:

**2.**Собрать цепь по рисунку 2 теории. Ввести катушку в магнитное поле постоянного магнита, расположив ее плоскость перпендикулярно линиям индукции.

**2.1**Быстро удалить магнит и заметить по шкале число делений n, на которое отклоняется стрелка гальванометра.

**2.2**Повторить опыт пять раз, определить среднее значение отбросаnср, используя формулу:



**2.3** Определить заряд Δq, протекающий в цепи катушки (время прохождения заряда 1 секунда):



**3.** За полное сопротивление цепиR можно принять сопротивление включенного в цепь резистора, поскольку сопротивления катушки и гальванометра по сравнению с сопротивлением резистора малы и ими можно пренебречь.

**4.**Используя найденные значения, вычислить индукцию В магнитного поля постоянного магнита, используя формулу (3) теории к лабораторной работе.

**5.**Результаты измерений и вычислений записать в таблицу 5.1:

**Таблица 5.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| D,м | N, вит. | S, м2 | n | | | | | | R, Ом | Δq, Кл | В, Тл |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | ср |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

**6.** Сделать вывод о проделанной работе.

**7.** Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы:***

**1.**Что такое магнитное поле (МП)?

**2.**Назовите источники МП.

**3.**Дать характеристику магнитного поля постоянного магнита.

**4.**Чем и почему отличаются петли гистерезиса мягкого и жесткого ферромагнетиков?

**5.** В чем принцип работы гальванометра?

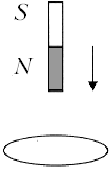
**6.** Что необходимо для получения индукционного тока?

**7.** От чего зависит величина индукционного тока?

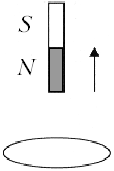
**8.**Что такое соленоид и для чего он используется?

**9.**Чему равно магнитное поле в центре соленоида?

**10.**Магнит вдвигается в кольцо северным полюсом. Каково направление индукционного тока в кольце? Ответ поясните рисунком.



**11.** Магнит выдвигается из кольца южным полюсом. Каково направление индукционного тока в кольце? Ответ поясните рисунком.



**12.** За 0,5 мс магнитный поток, пронизывающий контур, равномерно уменьшается с 5 до 2,5 мВб. Найдите ЭДС индукции, возникающей в контуре.

**13.**Чему равно значение ЭДС индукции, возникающей в контуре, при равномерном изменении магнитного потока, пронизывающего контур, от 10 мВб до нуля за 1 мс?

**14.**В катушке, содержащей 500 витков провода, магнитный поток равномерно убывает от 20 до 5 мВб за 5 мс. Какова величина ЭДС индукции в катушке? Постройте график зависимости ЭДС индукции от времени в интервале от 0 до 5 мс.

**15.** В катушке, содержащей 300 витков проволоки, в течении 6 мс происходит равномерное изменение магнитного потока. На какую величину и как изменился (увеличился или уменьшился) магнитный поток, пронизывающий катушку, если в ней возникла ЭДС индукции, равная 2 В? Постройте график изменения магнитного потока от времени в интервале от 0 до 6 мс.

**16.** С какой скоростью надо перемещать проводник длиной 1,4 м под углом 45° к линиям магнитной индукции в однородном магнитном поле индукцией 0,2 Тл для возбуждения в нём ЭДС индукции 0,5 В?

**17.**Проводник длиной 2 м движется под углом 30° к линиям индукции однородного магнитного поля со скоростью 4 м/с. На концах проводника возникает разность потенциалов 40 мВ. Какова величина индукции магнитного поля?

**18.** Назовите свойства вихревого электрического поля, отличающие его от электростатического поля.

**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 7.**

**Изучение устройства и принципа работы трансформатора**

***Цель работы*:** ознакомление с устройством и принципом работы универсального трансформатора

***Теория: Назначение трансформатора.*** Трансформатором называется статический электромагнитный аппарат, преобразующий переменный ток одного напряжения в переменный ток другого напряжения той же частоты. Трансформаторы позволяют значительно повысить напряжение, вырабатываемое источниками переменного тока, установленными на электрических станциях, и осуществить передачу электроэнергии на дальние расстояния при высоких напряжениях (110, 220, 500, 750 и 1150 кВ). Благодаря этому сильно уменьшаются потери энергии в проводах и обеспечивается возможность значительного уменьшения площади сечения проводов линий электропередачи. В местах потребления электроэнергии высокое напряжение, подаваемое от высоковольтных линий электропередачи, снова понижается трансформаторами до сравнительно небольших значений (127, 220, 380 и 660 В), при которых работают электрические потребители, установленные на фабриках, заводах, в депо и жилых домах. На э. п. с. переменного тока трансформаторы применяют для уменьшения напряжения, подаваемого из контактной сети к тяговым двигателям и вспомогательным цепям.

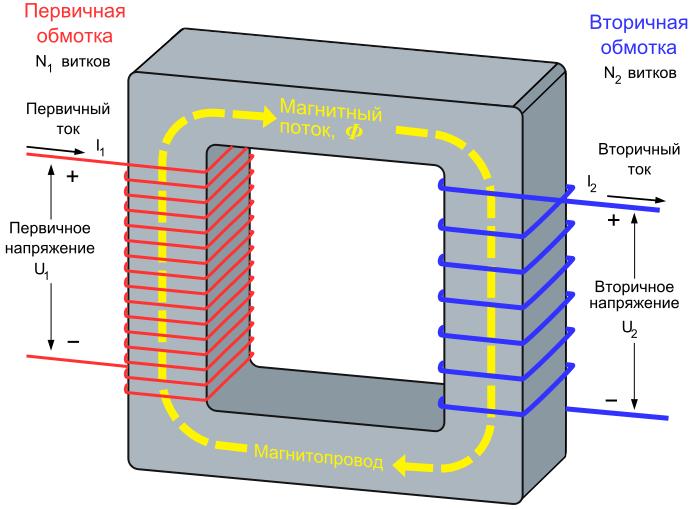
Кроме трансформаторов, применяемых в системах передачи и распределения электроэнергии, промышленностью выпускаются трансформаторы: тяговые (для э. п. с), для выпрямительных установок, лабораторные с регулированием напряжения, для питания радиоаппаратуры и др. Все эти трансформаторы называют силовыми.

Трансформаторы используют также для включения электроизмерительных приборов в цепи высокого напряжения (их называют измерительными), для электросварки и других целей. Трансформаторы бывают однофазные и трехфазные, двух- и многообмоточные.

**Принцип действия трансформатора.** Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. Простейший трансформатор состоит из стального магнитопровода (рис. 1) и двух расположенных на нем обмоток.

Обмотки выполнены из изолированного провода и электрически не связаны. К одной из обмоток подается электрическая энергия от источника переменного тока. Эту обмотку называют *первичной.* К другой обмотке, называемой *вторичной*, подключают потребители (непосредственно или через выпрямитель).

При подключении трансформатора к источнику переменного тока (электрической сети) в витках его первичной обмотки протекает переменный ток i1, образуя переменный магнитный поток Ф.Этот поток проходит по магнитопроводу трансформатора и, пронизывая витки первичной и вторичной обмоток, индуцирует в них переменные Э. Д. С. ( и ). Если к вторичной обмотке присоединен какой-либо приемник, то под действием Э. Д. С. () по ее цепи проходит ток i2.



**Рисунок 1.** *Схема включения однофазного трансформатора*

Э. Д. С., индуцированная в каждом витке первичной и вторичной обмоток трансформатора, согласно закону электромагнитной индукции зависит от магнитного потока, пронизывающего виток, и скорости его изменения. Магнитный поток каждого трансформатора является определенной величиной, зависящей от напряжения и частоты изменения переменного тока в источнике, к которому подключен трансформатор. Постоянна также и скорость изменения магнитного потока, она определяется частотой изменения переменного тока. Следовательно, в каждом витке первичной и вторичной обмоток индуцируется одинаковая Э. Д. С. В результате этого *отношение действующих значений*  *и* *, индуцированных в первичной и вторичной обмотках трансформатора, будет равно отношению чисел витков*N1 и N2 этих обмоток, т. е. (1)

Отношение Э. Д. С. обмотки высшего напряжения к Э. Д. С. обмотки низшего напряжения (или отношение чисел их витков) называется *коэффициентом трансформации*,

 (2)

Коэффициент трансформации всегда больше единицы. Если пренебречь падениями напряжения в первичной и вторичной обмотках трансформатора (в трансформаторах средней и большой мощности они не превышают обычно 2—5 % номинальных значений напряжений U1 и U2), то можно считать, что *отношение напряжения U1 первичной обмотки к напряжению U2 вторичной обмотки приблизительно равно отношению чисел их витков*, т. е.

 (3)

Таким образом, подбирая требуемое соотношение между числами витков первичной и вторичной обмоток, можно увеличивать или уменьшать напряжение на приемнике, подключенном к вторичной обмотке. Если необходимо на вторичной обмотке получить напряжение большее, чем подается на первичную, то применяют повышающие трансформаторы, у которых число витков во вторичной обмотке больше, чем в первичной.

В понижающих трансформаторах, наоборот, число витков вторичной обмотки меньше, чем в первичной.

*Трансформатор не может осуществить преобразование напряжения постоянного тока.* При подключении его первичной обмотки к сети постоянного тока в трансформаторе создается постоянный по величине и направлению магнитный поток, который не может индуцировать Э. Д. С. в первичной и вторичной обмотках. Поэтому не будет происходить передачи электрической энергии из первичной обмотки во вторичную.

При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока через эту обмотку проходит некоторый ток, называемый *током холостого хода.* При включении нагрузки по вторичной обмотке трансформатора начинает проходить ток, при этом увеличивается и ток, проходящий по первичной обмотке. Чем больше нагрузка трансформатора, т. е. электрическая мощность и ток i2, отдаваемые его вторичной обмоткой подключенным к ней приемникам, тем больше электрическая мощность и ток i1, поступающие из сети в первичную обмотку.

Ввиду того что потери мощности в трансформаторе обычно малы, можно приближенно принять, что мощности в первичной и вторичной обмотках одинаковы. В этом случае можно считать, что токи в обмотках трансформатора приблизительно обратно пропорциональны напряжениям:

 (4),

или что токи в обмотках трансформатора обратно пропорциональны числам витков первичной и вторичной обмоток: (5).

Это означает, что в повышающем трансформаторе ток во вторичной обмотке меньше, чем в первичной (во столько раз, во сколько напряжение U2 больше напряжения U1), а в понижающем ток во вторичной обмотке больше, чем в первичной. Поэтому в трансформаторах обмотки высшего напряжения выполняются из более тонких проводов, чем обмотки низшего напряжения.

КПД трансформатора составляет обычно 96-99%, так как обмотки трансформатора пронизываются почти одинаковым потоком. Потери в трансформаторах де6лят на электрические (в проводах обмоток) и магнитные (в сердечнике трансформатора). Первые уменьшают применением провода с малым удельным сопротивлением, вторые обусловлены существованием вихревых токов, которые называются «токами Фуко», они нагревают сердечник трансформатора и изменяют его коэффициент трансформации, кроме того возможно возгорание из-за сильного нагрева. Избавляются от вихревых токов набором сердечника трансформатора из множества тонких изолированных друг от друга пластин, а для уменьшения потерь на нагревание сердечника при его перемагничивании, сердечники изготовляют. Из специальных сортов стали, в которых эти потери малы.

***Приборы и принадлежности:*** универсальный трансформатор с инструкцией, ЛАТР, вольтметрыV1(0-300V) и V2(0-15V),катушка электросварочного аппарата, соединительные провода.

***Порядок проведения работы:***

**1.**Изучить устройства трансформатора.

**1.1**Собратьпонижающий трансформатор. В качестве первичной обмотки использовать катушку, рассчитанной на напряжение **220В** и **127В**,а вторичной обмотки- катушку, рассчитанной на напряжение**6 В** и **6 В**.

**1.2** При сборке трансформатора следует обратить особое внимание на то, чтобы ярмо было обращено шлифованной стороной к сердечнику и точно совпало с его концами. Необходимо обеспечить плотное прижатие ярма к сердечнику, для чего следует сильно завернуть винты прижима и закрепить их контргайками.

**1.3**Записать в отчет названия основных частей универсального трансформатора.

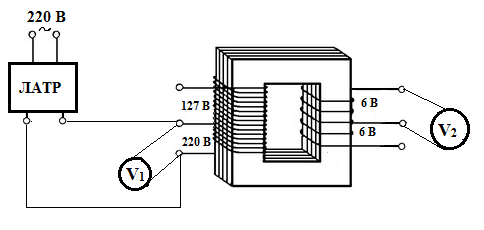
**1.4**Начертитьусловное обозначение трансформатора в электрических схемах.

**2.**Работа с трансформатором.

**Внимание! Работу выполнять при тщательном наблюдении и контроле преподавателя!**

**Напряжение на первичной обмотке не должно превышать 220 В.**

**2.1**Собрать электрическую схему, как показано на рисунке 1.2



**Рисунок 1.2**

**2.2** Установить движок ЛАТРа в нулевое положение и подключить к сети переменного тока.

**2.3** Подать на первичную обмотку трансформатора напряжение **100В**, контролируя его вольтметром **V1**.

**2.4** Измерить напряжение на выходе вторичной обмотке, с помощью вольтметра **V2**.

**2.5** Увеличивая напряжение на первичной обмотке, через каждые **20В** измерять соответствующее напряжение на вторичной обмотке (выполнить 6 замеров).

**2.6** Полученные данные занести в таблицу 2.1

**Таблица 2.1**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| U1, В | 100 | 120 | 140 | 160 | 180 | 200 |
| U2, В |  |  |  |  |  |  |
| k |  |  |  |  |  |  |
| Kср |  | | | | | |

**3.** Определение коэффициента трансформации.

**3.1**Для каждого измеренного значения вычислить коэффициент трансформации, используя формулу:

**3.2** Определить среднее значение коэффициента трансформации по формуле:



**3.3** Рассчитать число витков вторичной обмотки, если первичная обмотка содержит**660** витков.

**4.** Знакомство с моделью сварочного аппарата.

**4.1** Изучить и собрать модель сварочного аппарата, руководствуясь инструкцией к универсальному трансформатору.

**4.2**Объяснить, почему электросварочная катушка изготавливается из проводника с большим диаметром.

**4.3** Рассчитать коэффициент трансформации для модели электросварочного аппарата.

**5.**Сделать вывод о проделанной лабораторной работе.

**6.** Ответить на контрольные вопросы.

***Контрольные вопросы:***

**1.**Дать описание устройства трансформатора и принципа его работы.

**2.**Какой трансформатор называют повышающим, а какой понижающим?

**3.**Почему при преобразовании электрической энергии в трансформаторе частота преобразуемого переменного тока не меняется?

**4.**С какой целью для передачи электрической энергии используют трансформатор?

**5.** Почему мощность, потребляемая oт вторичной обмотки, меньше мощности, подводимой к первичной обмотке?

**6.** С какой целью магнитопровод набирается из тонких изолированных друг от друга пластин, электротехнической стали? Каков КПД современных трансформаторов?

**7.**Кто является изобретателем трансформатора? Кем впервые были решены задачи передачи электроэнергии без больших потерь?

**8.**Каковы основные правила техники безопасности, которые не­обходимо соблюдать при эксплуатации трансформаторов?

**9.**Какие основные неисправности наблюдаются при эксплуата­ции трансформаторов?

**10.**Сила тока в первичной обмотке трансформатора равна 0,5 А, напряжение на концах её 220 В. Сила тока во вторичной обмотке 11 А, напряжение на концах 9,5 В. Найдите КПД трансформатора.

**11.** Понижающий трансформатор с коэффициентом трансформации 10 включён в сеть напряжением 220 В. Определите напряжение на концах вторичной обмотки, если её сопротивление 0,2 Ом, а сила тока в ней 10 А. Потерями энергии в первичной катушке пренебречь.

**12.** Понижающий трансформатор со 110 витками во вторичной обмотке понижает напряжение от 22 000 В до 110 В. Сколько витков в его первичной обмотке?

**13.** Двухпроводная линия длиной 1000 м выполнена из медного провода сечением 17 мм2. Приёмники энергии потребляют мощность 2,2 кВт при напряжении 220 В. Определите потери мощности в проводах линии и подводимое к линии напряжение.

**14.** Вторичная обмотка трансформатора, имеющая 100 витков, пронизывается магнитным потоком, изменяющимся со временем по закону Ф = 0,01cos314*t*. Напишите формулу, выражающую зависимость ЭДС вторичной обмотки от времени. Каково максимальное значение ЭДС самоиндукции в первичной обмотке, если в первичной обмотке 1000 витков?

**15.**Трансформатор повышает напряжение с 220 В до 3000 В. Во вторичной обмотке протекает ток 0,1 А. Определить силу тока в первичной обмотке, если к.п.д. трансформатора составляет 96%.

**16.**Определить сопротивление вторичной обмотки трансформатора, если при включении первичной обмотки в сеть с напряжением 220 В во вторичной обмотке идет ток 5 А, а напряжение на ее концах составляет 12 В. Коэффициент трансформации равен 0,10. Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь.

**17.** Определить сопротивление вторичной обмотки трансформатора с коэффициентом трансформации 10, если при включении первичной обмотки в сеть с напряжением 24 В во вторичной обмотке идет ток 2 А, а напряжение на ее концах составляет 200 В. Потерями энергии в первичной обмотке пренебречь.

**18.**Определить к.п.д. трансформатора, если он повышает напряжение со 110 до 500 В. В первичной обмотке протекает ток 2,4 А, а во вторичной - 0,5 А.

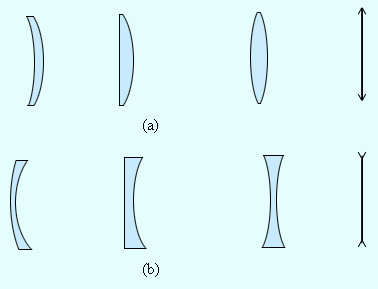
**ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 8.**

**Определение главного фокусного расстояния  
и оптической силы линзы.**

***Цель работы*:** определить главное фокусное расстояние и оптическую силу линзы с помощью опыта.

***Теория:*** *Линзой* называется прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Если толщина самой линзы мала по сравнению с радиусами кривизны сферических поверхностей, то линзу называют тонкой. Линзы входят в состав практически всех оптических приборов.

Линзы бывают собирающими и рассеивающими. Собирающая линза в середине толще, чем у краев, рассеивающая линза, наоборот, в средней части тоньше (рисунок 1).



**Рисунок 1.***Собирающие (a) и рассеивающие (b) линзы и их условные обозначения*

Главное фокусное расстояние и оптическую силу линзы можно определить опытным путем.Формула тонкой линзы имеет вид:

****или**** (1),

где d – расстояние от линзы до объекта, f – расстояние от линзы до изображения, F – фокусное расстояние линзы.

Главным фокусным расстоянием линзы называется расстояние от оптического центра линзы до ее главного фокуса. Оптическая сила линзы **D** есть величина, обратная фокусному расстоянию:

**** (2)

Оптическая сила характеризует преломляющую способность линзы и выражается в диоптриях. За 1 дптр принята оптическая сила линзы, фокусное расстояние которой равно 1м. Оптическая сила вогнутых линз отрицательна.

Оптическая сила D линзы зависит как от радиусов кривизны R1 и R2 ее сферических поверхностей, так и от показателя преломления n материала, из которого изготовлена линза. В курсах оптики доказывается следующая формула:

|  |
| --- |
|  |

 (3)

Радиус кривизны выпуклой поверхности считается положительным, вогнутой – отрицательным. Эта формула используется при изготовлении линз с заданной оптической силой.

Построение изображения в собирающей линзе (рисунок 2):

*а) точечный источник света, находящийся на главной оптической оси;*

*б) предмет находится за двойным фокусом линзы (d>2F);*

*в) предмет находится между двойным фокусом и фокусом линзы (2F>d>F);*

*г) предмет находится на фокусном расстоянии от линзы (d = F);*

*д) предмет находится между главным фокусом и линзой (d<F).*

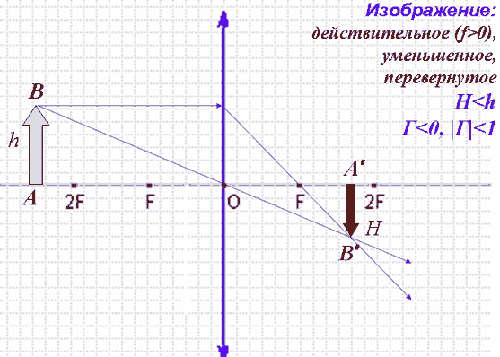
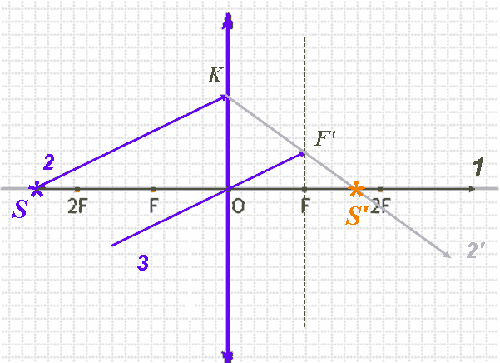


Рисунок 2.а Рисунок 2.б

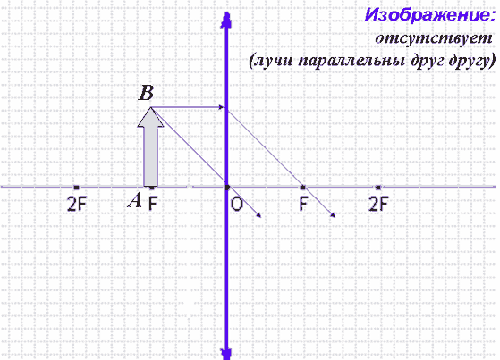
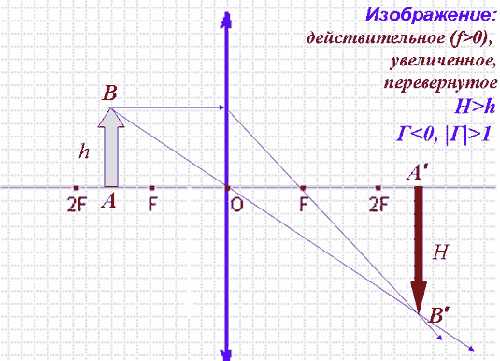


Рисунок 2.в Рисунок 2.г

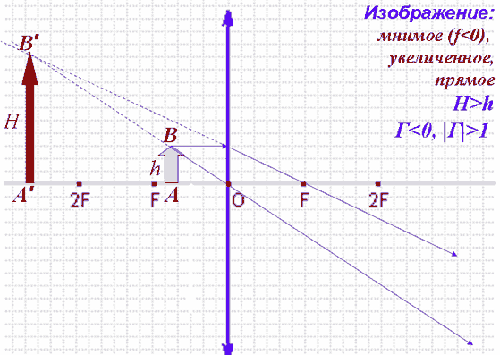


Рисунок 2.д

В зависимости от положения предмета по отношению к линзе изменяются линейные размеры изображения. *Линейным увеличением линзы* **Γ** называют отношение линейных размеров изображения H и предмета h. Величине H, как и в случае сферического зеркала, удобно приписывать знаки плюс или минус в зависимости от того, является изображение прямым или перевернутым. Величина h всегда считается положительной. Поэтому для прямых изображений Γ > 0, для перевернутых Γ < 0. Линейное увеличение тонкой линзы вычисляется по формуле:

 (4)

***Приборы и принадлежности:***собирающая линза; электрическая лампочка на подставке с колпачком; источник электрической энергии для питания электрической лампочки;ключ замыкания тока;масштабная линейка; экран; соединительные провода.



Рисунок 3.

***Порядок проведения работы:***

**1.**Собрать электрическую цепь, подключив лампочку к источнику тока через выключатель. **Лампочку включать только на время проведения эксперимента!**

**1.1** Установить источник света, линзу, масштабную линейку и экран так, как показано на рисунке 2.

**1.2**Плавно передвигая линзу, получить на экране четкое изображение буквы **Г**: а) увеличенное; б) уменьшенное, в) равное.

**2.** Во всех трех случаях измерить расстояния от источника света до линзы **d** и от экрана до линзы **f** с точностью до 1 мм.

**2.1.**Измеренные значения d и f выразить в метрах и занести в таблицу 6.1.

**3.**Производя подстановку измеренных величин в формулу тонкой линзы (1), определить главное фокусное расстояние **F**, а затем и оптическую силу линзы **D**.

**3.1** Результат вычислений записать в таблицу 6.1.

**4.** Вычислить среднее значение оптической силы линзы с помощью формулы: и записать в таблицу 6.1.

**5.**Определить относительную погрешность метода по формуле:****, гдеDэкс- значение оптической силы линзы определенного экспериментально, а Dлинзы- оптическая сила собирающей линзы, используемой во время эксперимента.

**6.**Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу:

**8.**Сделать вывод о проделанной лабораторной работе.

**9.** Ответить на контрольные вопросы.

**Таблица 6.1**

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| №  п/п | Изображение | ***d***, м | ***f***, м | ***F***,м | **D**, м | **Dср**, м | , % |
| 1 | Увеличенное |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Уменьшенное |  |  |  |  |  |
| 3 | Равное |  |  |  |  |  |

***Контрольные вопросы****:*

**1.** Изменится ли изображение предмета на экране, если половину линзы закрыть светонепроницаемой бумагой? Если да, то как?

**2.** Определить главное фокусное расстояние линз, оптическая сила которых равна 13,3 и 16,6 дптр.

**3.** Где относительно линзы следует поместить предмет, чтобы получилось мнимое изображение?

**4.** Определить фокусное расстояние линзы, если радиусы кривизны ее поверхностей равны 4 см и 6 см, а коэффициент преломления материала линзы - 1,5.

**5.**Вычислить оптическую силу линзы, если коэффициент преломления стекла равен 1,5.а радиусы кривизны обеих поверхностей линзы одинаковы и равны 10 см.

**6.** Предмет удален от оптического центра собирающей линзы на 40 см. На экране получилось действительное, равное изображение предмета. Чему равны главное фокусное расстояние и оптическая сила линзы?

**7.**Построить изображения в собирающей линзе для следующих случаев:

*а) предмет находится между двойным фокусом и фокусом линзы (2F>d>F);*

*б)предмет находится на фокусном расстоянии от линзы (d = F);*

*в) предмет находится между главным фокусом и линзой (d<F);*

*г)предмет находится за двойным фокусом линзы (d>2F);*

*д)точечный источник света, находящийся на главной оптической оси.*

**8.**На каком расстоянии от собирающей линзы с фокусным расстоянием 20 м получится изображение предмета, если сам предмет находится от линзы на расстоянии 15 м?

**9.**Перед двояковыпуклой линзой на расстоянии (-0,6) м находится предмет высотой 2 м. Расстояние от изображения до линзы 0,3 м. Определить линейное увеличение линзы.

**10**.Найти оптическую силу линзы, фокусное расстояние которой равно (0,5) м?

**11.**Найти оптическую силу линзы, фокусное расстояние которой равно (2) дптр, на расстоянии 30 см находится предмет высотой 15 см. Определить, на каком расстоянии от линзы находится изображение.

**12.**Перед собирающей линзой на расстоянии 30 см находится предмет высотой 20 см, изображение предметы находится на расстоянии (-0,75)м. **13.**Определите линейное увеличение линзы.

Определите, на каком расстоянии находится предмет от собирающей линзы с фокусным расстоянием (2,5) м, если расстояние до изображения 0,5 м. **14.**Оптическая сила линзы равна (0,625) дптр. Каково фокусное расстояние линзы?

**15.**Предмет высотой 4 м находится на расстоянии 2 м от линзы. Расстояние от изображения предмета до линзы (1,6) м. Найти высоту изображения предмета.

**16.**Предмет находится на расстоянии d=(3,2) м от собирающей линзы. **17.**Определите фокусное расстояние линзы, если изображение меньше предмета в 4 раза.

**18.**Изображение сантиметрового деления шкалы, расположенной перед линзой на расстоянии (0,64) м, имеет на экране длину 3,1 см. Каково фокусное расстояние линзы?

**ЛИТЕРАТУРА**

**Основные источники:**

1. Физика для профессий и специальностей технического и естественно - научного профилей: учебник для образоват. учреждений нач. и сред. Проф. образования / А.В. Фирсов; под ред. Т.И. Трофимовой. -3-е изд., стер.- М.:Издательский центр «Академия», 2012. – 432с.
2. Физика. Сборник задач: учебное пособие для ссузов/ Т.И. Трофимова, А.В. Фирсов. – М.: Дрофа,2008. – 398, [ 2] с. : ил.

**Дополнительные источники:**

1. Теория и методика обучения физике в школе: частные вопросы. Учебное пособие для студентов пед.вузов/С.Е.Каменский – М:Изд.центр«Академия»2008 г.
2. Теория и методика обучения физике в школе: общие вопросы. Учебное пособие для студентов пед.вузов/С.Е.Каменский – М:Изд.центр«Академия»2008 г.
3. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах. 3-е изд., испр.-М: Издательский центр «Академия», 2009г.
4. Федеральный компонент государственного стандарта общего образования / Министерство образования РФ. – М., 2004.

**Интернет – ресурсы:**

1. «Вопросы Интернет-образования» center.fio.ru/vio
2. Журнал «Компьютерные инструменты в образовании» ipo.spb.ru/journal.
3. Методические аспекты преподавания физики с использованием компьютерного курса «Открытая физика 1.0» [www.college.ru/booklet/1st.html](http://www.college.ru/booklet/1st.html)
4. Виртуальный практикум по курсу физики для студентов технических Вузов. Автор Тихомиров Ю. В. доцент МГТУГА. Практикум разработан с использованием компакт дисков ООО «ФИЗИКОН». [www.college.ru/teacher/virt\_practice.html](http://www.college.ru/teacher/virt_practice.html)
5. "Открытая Физика" <http://www.physics.ru/>
6. "Физика.ru" <http://www.fisika.ru/index.htm>
7. "Активная физика" и "Оптическая скамья" http://www.cacedu.unibel.by/partner/bspu/optic/index.htm
8. "Живая Физика" [www.int-edu.ru/soft/fiz.html](http://www.int-edu.ru/soft/fiz.html)
9. Учебные компьютерные программы. НПП «БитПро» bitpro.ru.