

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ИНКЛЮЗИВНОГО
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ГУМАНИТАРНО-ЭКОНОМИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
ВОЛГОГРАДСКИЙ ФИЛИАЛ

СОГЛАСОВАНО

Заместитель директора

по учебно-методической работе

 О.И. Казакова

« 31 » августа 2021 г.



**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**

по дисциплине

ЕН.03в Физика

для специальности

10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных
систем

Волгоград, 2021 г.

ОДОБРЕНО
предметно-цикловой комиссией
Информационной безопасности
и информатики

протокол № 1
от « 31 » августа 2021 г.

Разработана на основе Федерального
государственного образовательного стандарта
(утв. приказом Министерства образования и
науки РФ 09.12.2016 г. № 1553) по
специальности среднего профессионального
образования 10.02.05 Обеспечение
информационной безопасности
автоматизированных систем
Профессионального стандарта 06.033
Специалист по защите информации в
автоматизированных системах

председатель предметно-цикловой комиссии
Ер / О.В. Ермакова

составитель (автор):

Александрова Екатерина Павловна, преподаватель первой квалификационной категории ВФ МГГЭУ

рецензент (ы):

Курушина Марина Анатольевна, преподаватель высшей квалификационной категории ВФ МГГЭУ

Тимошина Оксана Викторовна, преподаватель высшей квалификационной категории ГБПОУ ВЭТК

**Комитет образования, науки и молодежной политики
Волгоградской области
Совет РУМО профессиональных образовательных организаций
Волгоградской области**

400107 г. Волгоград, проспект маршала Г.К. Жукова, 83. Телефон 36-63-14

РЕШЕНИЕ Совета РУМО

Методические указания для выполнения практических работ по учебной дисциплине «Физика», автор - составитель Е.П. Александрова, ФГБОУ инклюзивного высшего образования «Московский государственный гуманитарно-экономический университет», Волгоградский филиал, соответствует требованиям РУМО в системе СПО Волгоградской области в части комплексного учебно-методического обеспечения и рекомендовано Советом РУМО в качестве учебного издания для использования в учебном процессе профессиональных образовательных организаций, реализующих программы среднего профессионального образования.

Эксперт
РУМО профессиональных
образовательных организаций СПО
Волгоградской области, к.ю.н.



Скробов А. А.

Основание: протокол № 7 от 16.06.2022 г.

Содержание

Пояснительная записка	5
Практические работы	10
Вводная практическая работа.....	10
Практическая работа № 1. «Определение основных характеристик электрического поля»	19
Практическая работа № 2. «Движение заряженной частицы в электрическом поле».	28
Практическая работа № 3. «Последовательное и параллельное соединение потребителей электрического тока».	31
Практическая работа № 4. «Электрический ток в различных средах»	35
Практическая работа № 5. «Движение заряженной частицы в магнитном поле»	39
Практическая работа № 6. «Электромагнитная индукция».	42
Практическая работа № 7. «Определение параметров электромагнитных колебаний».	45
Практическая работа № 8. «Волновая оптика».	48
Итоговая практическая работа.	59
Практическая подготовка	68
Практическая подготовка № 1. «Механические колебания и волны».	68
Практическая подготовка № 2. «Расчет электрической цепи»	76
Практическая подготовка № 3. «Магнитное поле и его характеристики».	79
Практическая подготовка № 4. «Электромагнитные колебания и волны».	83
Практическая подготовка № 5. «Кванты света».....	88
Информационное обеспечение обучения.....	91

Пояснительная записка

Данные методические указания разработаны на основании рабочей программы учебной дисциплины ЕН.03в Физика, которая составлена в соответствии с ФГОС (утв. приказом Министерства образования и науки РФ 09.12.2016 г. № 1553) по специальности среднего профессионального образования 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем, и предназначены для студентов 2 курса (база 9 классов) и 1 курса (база 11 классов) очной формы обучения, обучающихся по этой специальности.

Данные методические указания для выполнения практических работ по учебной дисциплине могут быть использованы в дополнительном профессиональном образовании, подготовке и переподготовке специалистов среднего профессионального образования в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности. Они позволяют обеспечить обучающихся знаниями, умениями, профессиональными компетенциями, необходимые для изучения специальных дисциплин, профессиональных модулей, освоения основных видов профессиональной деятельности.

Учебная дисциплина ЕН.03в Физика входит в математический и общий естественнонаучный учебный цикл, добавлена из вариативной части с целью расширения и углубления знаний. Изучение дисциплины основывается на учебном материале ряда общеобразовательных и общетехнических дисциплин, прежде всего, математики и общеобразовательной физики, и является в свою очередь теоретической базой для изучения предметов профессионального учебного цикла.

Программа учебной дисциплины ЕН.03в Физика направлена на достижение следующей **цели**: формирование у студентов естественно-научного мировоззрения, общих интеллектуальных умений, позволяющих решать конкретные физические задачи и проблемы профессиональной сферы с привлечением соответствующего математического аппарата.

Программа учебной дисциплины ЕН.03в Физика направлена на формирование общих компетенций:

ОК 01. Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности, применительно к различным контекстам.

ОК 02. Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности.

ОК 03. Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие.

ОК 04. Работать в коллективе и команде, эффективно взаимодействовать с коллегами, руководством, клиентами.

ОК 05. Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке с учетом особенностей социального и культурного контекста.

ОК 06. Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей.

ОК 09. Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности.

ОК 10. Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках.

и профессиональных компетенций:

ПК 3.2. Осуществлять эксплуатацию технических средств защиты информации в соответствии с требованиями эксплуатационной документации.

ПК 3.3. Осуществлять измерение параметров побочных электромагнитных излучений и наводок, создаваемых техническими средствами обработки информации ограниченного доступа.

Укрупненные требования к знаниям и умениям студентов, приступающих к изучению дисциплины ЕН.03в Физика и выполнению практических работ:

по дисциплине общеобразовательная математика:

уметь:

- применять формулы вычисления простого и сложного процентов, методы линейной алгебры, математического анализа, теории вероятности и математической статистики для решения задач;

- применять основные методы на отыскание производной сложной функции, производных второго и высших порядков;
- применять основные методы интегрирования при решении задач;
- применять основные численные методы решения прикладных задач.

знать:

- основные численные методы решения прикладных задач, основные математические методы решения прикладных задач в области профессиональной деятельности;
- основные понятия и методы математического анализа.

по дисциплине общеобразовательная физика:

- владение основополагающими физическими понятиями, закономерностями, законами и теориями; уверенное использование физической терминологии и символики;
- владение основными методами научного познания, используемыми в физике: наблюдением, описанием, измерением, экспериментом;
- умения обрабатывать результаты измерений, обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;
- сформированность умения решать физические задачи;
- сформированность умения применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе, профессиональной сфере и для принятия практических решений в повседневной жизни;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

уметь:

- использовать достижения современной физической науки и физических технологий для повышения собственного интеллектуального развития в выбранной профессиональной деятельности;
- самостоятельно добывать новые для себя физические знания, используя для этого доступные источники информации;
- выстраивать конструктивные взаимоотношения в команде по решению общих задач;
- управлять своей познавательной деятельностью, проводить самооценку уровня собственного интеллектуального развития;
- использовать различные виды познавательной деятельности для решения физических задач, основные методы познания для изучения различных сторон окружающей действительности;
- использовать основные интеллектуальные операции: постановки задачи, формулирования гипотез, анализа и синтеза, сравнения, обобщения, систематизации, выявления причинно-следственных связей, поиска аналогов, формулирования выводов для изучения различных сторон физических объектов, явлений и процессов, с которыми возникает необходимость сталкиваться в профессиональной сфере;
- генерировать идеи и определять средства, необходимые для их реализации;
- использовать различные источники для получения физической информации, оценивать ее достоверность;
- анализировать и представлять информацию в различных видах;
- обнаруживать зависимость между физическими величинами, объяснять полученные результаты и делать выводы;
- решать физические задачи;
- применять полученные знания для объяснения условий протекания физических явлений в природе, профессиональной сфере и для принятия практических решений в повседневной жизни.

знать:

- физическую сущность наблюдаемых в окружающем мире явлений, роль физики в формировании кругозора и функциональной грамотности человека для решения практических и профессиональных задач;
- основополагающие физические понятия, закономерности, законы и теории, физическую терминологию и символику;
- основные методы научного познания, используемые в физике.

Практические работы по физике.

Практические занятия по физике направлены на формирование у обучающихся учебных практических умений, к которым относится умение решать задачи по физике. Решение задач по физике – необходимый элемент учебной работы. Задачи дают материал для упражнений, требующих применения физических закономерностей к явлениям, протекающим в тех или иных конкретных условиях. В связи с этим они имеют большое значение для конкретизации знаний учащихся, для привития или умения видеть различные конкретные проявления общих законов. Решение задач способствует более глубокому и прочному усвоению физических законов, развитию логического мышления, сообразительности, инициативы, воли к настойчивости в достижении поставленной цели, вызывает интерес к физике, помогает в приобретении навыков самостоятельной работы и служит незаменимым средством для развития самостоятельности суждения.

Виды задач и способы их решения.

Задачи по физике разнообразны по содержанию, и по дидактическим целям. Их можно классифицировать по различным признакам. По способу выражения условия физические задачи делятся на четыре основных вида:

- текстовые;
- экспериментальные;
- графические;
- задачи-рисунки.

Каждый из них, в свою очередь, разделяется на количественные (или расчетные) и качественные (или задачи вопросы).

В соответствии с учебным планом на изучение учебной дисциплины ЕН.03в Физика отводится 68 часов, в том числе: 20 часов – на практические занятия., 10 часов – на занятия по практической подготовке.

Выполнение студентами практических работ направлено на обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам учебной дисциплины; формирование общих и профессиональных компетенций по специальности 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем.

Целью практических работ является развитие у студентов мышления, выражающегося в умении использовать законы и закономерности для полного объяснения наблюдаемых явлений, а также для разрешения некоторых практических вопросов бытового и профессионального характера, самостоятельности, умений применять теоретический материал для решения задач различных типов в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности.

Тематика и содержание практических занятий по учебной дисциплине ЕН.03в Физика, в том числе и занятий по практической подготовке, направлено на реализацию требований ФГОС по специальности СПО 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем.

Практические занятия и занятия по практической подготовке проводятся в кабинете физики.

Практические занятия и занятия по практической подготовке включают следующие структурные элементы:

- инструктаж, проводимый преподавателем,
- самостоятельная деятельность студентов,
- анализ и оценка выполненных работ.

Форма проведения практических занятий и занятий по практической подготовке – практические работы по решению задач по темам дисциплины.

Методические указания для студентов по выполнению практических работ.

Процесс решения физической задачи складывается из последовательности следующих действий:

- изучить условия и требования задачи;
- кратко записать условие и требование задачи;
- перевести при необходимости значения физических величин в единицы СИ;
- выполнить при необходимости чертёж или рисунок. Указать на нём количественные характеристики объектов, процессов;
- выбрать систему отсчёта и указать её на чертеже;
- отнести задачу к определённой физической теории;

- выявить законы (правила, принципы), которым подчиняются описанные в задаче явления (процессы, свойства) и записать их математические выражения;
- проверить разрешимость полученной системы уравнений для нахождения неизвестного и при необходимости дополнить её недостающими уравнениями;
- решить систему уравнений в общем виде относительно неизвестного;
- подставить значения величин в полученное в общем виде решение и произвести вычисления;
- выяснить правдоподобность ответа (по физическому и здравому смыслу, по соответствию задачной ситуации, проверкой по очевидным и частным случаям).

Требования к студентам при подготовке и выполнении практических работ.

Выполнению практических работ предшествует домашняя подготовка с использованием соответствующей литературы (учебники, лекции, методические пособия и указания и др.) и проверка знаний студентов как критерий их теоретической готовности к выполнению задания.

Приступая к выполнению практической работы, студенты должны внимательно прочитать цель и задачи занятия, ознакомиться с краткими теоретическими и учебно-методическими материалами по теме практической работы, ответить (при необходимости) на вопросы для закрепления теоретического материала.

Все задания к практической работе должны выполняться в соответствии с инструкцией, строго в срок, установленный преподавателем, полученные результаты должны быть проанализированы и оформлены в виде отчета по практической работе. Если отчет по практической работе сдается позже срока, то за работу снижается балл. Отчет по практической работе должен быть выполнен по приведенному алгоритму.

Отчеты по практическим работам оформляются в письменном виде аккуратно (в тетради для практических работ) и должны включать в себя следующие пункты:

- название практической работы;
- цель практической работы;
- выполненные задания своего варианта, с краткой записью условия задач, с полным выводом используемых формул, с подстановкой и расчетом численных значений физических величин, с указанием ответов;
- ответы на вопросы для самопроверки.

Форма контроля выполнения практических работ.

Контроль и оценка результатов выполнения студентами практических работ направлены на проверку усвоения всех элементов содержания курса физики, освоение умений, навыков, развития общих и профессиональных компетенций, определённых программой учебной дисциплины.

Оценки за выполнение заданий на практических занятиях выставляются по пятибалльной системе и учитываются как показатели текущей успеваемости студентов.

Критерии оценивания обучаемых при проведении практических работ.

Оценка «отлично» ставится:

- работа выполнена полностью;
- сделан перевод единиц всех физических величин в систему единиц «СИ», все необходимые данные занесены в условие, правильно выполнены чертежи, схемы, графики, рисунки, сопутствующие решению задач, сделана проверка на размерность;
- правильно проведены математические расчеты и дан полный ответ;
- на качественные и теоретические вопросы дан полный, исчерпывающий ответ литературным языком в определенной логической последовательности, студент приводит новые примеры, устанавливает связь между изучаемым и ранее изученным материалом по курсу физики, а также с материалом, усвоенным при изучении других предметов, умеет применить знания в новой ситуации;
- студент обнаруживает верное понимание физической сущности рассматриваемых явлений и закономерностей, законов и теорий, дает точное определение и истолкование основных понятий, законов, теорий, а также правильное определение физических величин, их единиц и способов измерения.

Оценка «хорошо» ставится:

- работа выполнена полностью или не менее чем на 80 % от объема задания, но в ней имеются недочеты и несущественные ошибки;

- ответ на качественные и теоретические вопросы удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, но содержит неточности в изложении фактов, определений, понятий, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач;
- студент испытывает трудности в применении знаний в новой ситуации, не в достаточной мере использует связи с ранее изученным материалом и с материалом, усвоенным при изучении других предметов.

Оценка «удовлетворительно» ставится:

- работа выполнена в основном верно (объем выполненной части составляет не менее 2/3 от общего объема), но допущены существенные неточности;
- студент обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий и закономерностей;
- умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется при решении качественных задач и сложных количественных задач, требующих преобразования формул.

Оценка «неудовлетворительно» ставится:

- работа в основном не выполнена (объем выполненной части менее 2/3 от общего объема задания);
- студент показывает незнание основных понятий, непонимание изученных закономерностей и взаимосвязей, не умеет решать количественные и качественные задачи.

Перечень ошибок при выполнении практических работ.

Грубые ошибки:

1. Незнание определений основных понятий, законов, правил, основных положений теории, формул, общепринятых символов обозначения физических величин, единиц их измерения.
2. Неумение выделить в ответе главное.
3. Неумение применять знания для решения задач и объяснения физических явлений; неправильно сформулированные вопросы задачи или неверные объяснения хода ее решения; незнание приемов решения задач, аналогичных ранее решенным в кабинете, ошибки, показывающие неправильное понимание условия задачи или неправильное истолкование решения.
4. Неумение читать и строить графики.

Негрубые ошибки:

1. Неточности формулировок, определений, понятий, законов, теорий, вызванные неполнотой охвата основных признаков определяемого понятия, ошибки, вызванные несоблюдением условий проведения опыта или измерений.
2. Ошибки в условных обозначениях, неточности чертежей, графиков, схем.
3. Пропуск или неточное написание наименований единиц физических величин.
4. Нерациональный выбор хода решения.

Недочеты

1. Нерациональные записи при вычислениях, нерациональные приемы вычисления, преобразований и решений задач.
2. Арифметические ошибки в вычислениях, если эти ошибки грубо не искажают реальность полученного результата.
3. Отдельные погрешности в формулировке вопроса или ответа.
4. Небрежное выполнение записей, чертежей, схем, графиков.
5. Орфографические и пунктуационные ошибки.

Порядок выполнения пропущенных работ.

Наличие положительной оценки по практическим работам необходимо для получения допуска к дифференцированному зачету по дисциплине ЕН.03в Физика. Допуск к дифференцированному зачету получают студенты, выполнившие от 70 % до 100 % объема практических работ. Поэтому, в случае отсутствия на занятии по любой причине или получения неудовлетворительной оценки за практическую работу, студент должен выполнить работу или передать ее на консультации, согласно графику консультаций преподавателя.

Практические работы
Вводная практическая работа

Цель работы: проверить знания, умения и навыки студентов по основным темам общеобразовательного курса физики, выявить пробелы в усвоении базового уровня образования по физике.

Оборудование и материалы: лист бумаги, ручка, карандаш, калькулятор.

Методические указания к выполнению теста.

Для проведения входного контроля предлагаются тесты (в 4-х вариантах), состоящие из 15 заданий с единственным правильным ответом. Тестирование направлено на проверку знаний основных физических понятий и явлений, физических величин и единиц их измерения, формулировок физических законов, уравнений и формул для вычисления физических величин. Тестирование рассчитано на 60 минут.

Порядок выполнения входного тестирования:

1. Внимательно прочитайте вопрос и предлагаемые варианты ответа к нему.
2. Если необходимо, выполните расчет по вопросу.
3. Выберите один правильный ответ из предложенных вариантов.
4. Запишите свой ответ в форму.

Форма для записи теста

ФИО _____ Группа _____ Номер варианта _____

№ вопроса	Ответ
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	

Вариант 1

1. Уравнение гармонических колебаний имеет вид $x = 5\cos 2\pi t$ (м). Определите скорость колеблющейся точки (м/с) в момент времени, равный 0,5с от начала колебаний.
 - а. 5;
 - б. 10π ;
 - в. 10;
 - г. 0.
2. Укажите все верные утверждения.

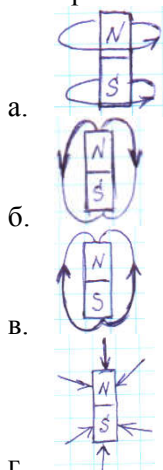
Частота колебаний измеряется в:

 - 1) секундах;
 - 2) герцах;
 - 3) радианах в секунду.

Циклическая частота измеряется в:

 - 4) секундах;
 - 5) герцах;
 - 6) радианах в секунду.
 - а. 3 и 5;
 - б. 3 и 4;
 - в. 2 и 6;

- г. 1 и 5.
3. Тело совершает колебания в соответствии с уравнением $x = A\cos(2\pi \cdot t + \varphi_0)$. Что в этом выражении является фазой колебаний?
- A ;
 - φ_0 ;
 - $2\pi \cdot t$;
 - $(2\pi \cdot t + \varphi_0)$.
4. Укажите правильную запись в СИ уравнения гармонических колебаний, амплитуда которых равна 5 см, период – 0,5 с, а начальная фаза равна нулю. Тело начинает колебания из крайнего положения.
- $x = 5\cos 0,5\pi t$;
 - $x = 0,05\cos 4\pi t$;
 - $x = 0,05\sin 4\pi t$;
 - $x = 5\sin 0,5\pi t$.
5. Укажите, что определяет закон Кулона?
- силу взаимодействия;
 - работу;
 - мощность;
 - силу отталкивания.
6. Укажите, что нужно для того, чтобы создать электрический ток в проводнике?
- создать в нем электрическое поле;
 - создать в нем электрические заряды;
 - разделить в нем электрические заряды;
 - создать в нём положительные ионы.
7. Укажите, какие частицы создают электрический ток в металлах?
- свободные электроны;
 - положительные ионы;
 - отрицательные ионы;
 - молекулы.
8. Подберите наиболее правильное продолжение фразы: «Магнитное поле оказывает силовое действие ...»
- только на покоящиеся электрические заряды;
 - только на движущиеся электрические заряды;
 - как на движущиеся, так и на покоящиеся заряды;
 - только на магнитные заряды.
9. Как расположены линии магнитной индукции вокруг постоянного магнита?



- г.
10. С какой скоростью распространяются электромагнитные волны?
- 300000 м/с;
 - 300000 км/с;
 - 314 м/с;
 - 3,14 км/ч.
11. Чему равна частота (Гц) электромагнитной волны длиной 300 см в вакууме?
- 10^9 ;

- б. $1,5 \cdot 10^9$;
 - в. $3 \cdot 10^9$;
 - г. 10^8 .
12. Луч света, падая на поверхность воды, преломляется. Преломление светового луча объясняется тем, что:
- а. скорость света в воде меньше его скорости в воздухе;
 - б. скорость света в воде больше его скорости в воздухе;
 - в. фотоны светового пучка притягиваются молекулами воды;
 - г. фотоны светового пучка отталкиваются молекулами воды.
13. Что называется дисперсией?
- а. огибание светом препятствий;
 - б. сложение двух световых волн;
 - в. зависимость показателя преломления от длины световой волны;
 - г. выделение одной волны из пучка света.
14. Какие явления доказывают, что свет – это поток частиц?
- а. поляризация;
 - б. дисперсия;
 - в. фотоэффект;
 - г. дифракция.
15. Укажите верное утверждение. Электроны, двигаясь в атоме по стационарным орбитам...
- а. излучают свет и теряют энергию;
 - б. излучают свет, но не теряют энергию;
 - в. не излучают свет, но теряют энергию;
 - г. не излучают свет и не теряют энергию.

Вариант 2

1. Амплитуду гармонических колебаний некоторого тела уменьшили в 2 раза. Как изменился период его колебаний?
- а. уменьшился в 4 раза;
 - б. уменьшился в 2 раза;
 - в. уменьшился в $\sqrt{2}$ раз;
 - г. не изменился.
2. Какие из перечисленных ниже волн являются поперечными?
- 1) волны на поверхности воды;
 - 2) радиоволны;
 - 3) световые волны;
 - 4) звуковые волны в газах;
 - 5) ультразвуковые волны в жидкостях;
- а. 3, 5;
 - б. 1, 2, 3;
 - в. 2, 4;
 - г. 1, 3, 5.
3. Какие из следующих величин в процессе гармонических колебаний остаются неизменными:
- 1) скорость;
 - 2) частота;
 - 3) фаза;
 - 4) период;
 - 5) потенциальная энергия;
 - 6) полная энергия.
- а. 4, 5 и 6;
 - б. 1, 3 и 5;
 - в. 2, 4 и 6;
 - г. 1, 2 и 3.
4. Укажите все верные утверждения. Кинетическая энергия гармонически колеблющегося тела...
- 1) также совершает гармонические колебания;
 - 2) колебаний не совершает;
 - 3) частота колебаний кинетической энергии равна частоте колебаний тела;
 - 4) частота колебаний кинетической энергии равна удвоенной частоте колебаний тела.

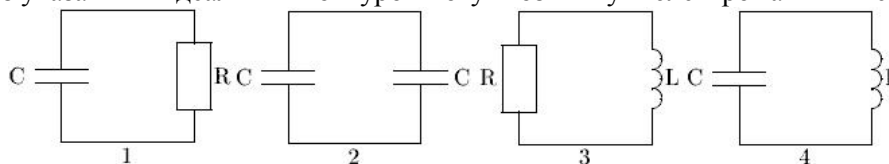
- а. 2 и 3;
 б. 1 и 4;
 в. 2 и 4;
 г. 1 и 3.
5. Укажите, какая из приведённых ниже формул является определением напряжённости электрического поля?
 а. $E=F/g$;
 б. $U=I \cdot R$;
 в. $F=K \cdot X$;
 г. $I=U/R$.
6. Укажите обозначение физической величины – сопротивления?
 а. P;
 б. R;
 в. T;
 г. U.
7. Укажите, что собой представляет электрический ток в вакууме?
 а. движение протонов;
 б. движение ионов;
 в. движение электронов;
 г. движение протонов и ионов.
8. Выберите наиболее правильное продолжение фразы: «Магнитное поле создается ...»:
 а. атомами железа;
 б. электрическими зарядами;
 в. магнитными зарядами;
 г. движущимися электрическими зарядами.
9. Явление получения электрического тока с помощью магнитного поля называется...
 а. магнитной индукцией;
 б. электрической индукцией;
 в. электромагнитной индукцией;
 г. индукцией.
10. Какая из приведенных ниже формул определяет формулу Томсона?
 а. $T = \frac{L \cdot I^2}{2}$;
 б. $T = \sqrt{\frac{L}{C}}$;
 в. $T = \sqrt{C \cdot L}$;
 г. $T = 2\pi\sqrt{L \cdot C}$.
11. Сопоставьте скорости распространения в вакууме длинных ($\lambda \sim 1000$ м), средних ($\lambda \sim 100$ м), коротких ($\lambda \sim 10$ м) и ультракоротких ($\lambda \sim 1$ м) радиоволн.
 а. $v_1 < v_2 < v_3 < v_4$;
 б. $v_1 > v_2 > v_3 > v_4$;
 в. $v_1 = v_2 = v_3 = v_4$;
 г. $v_1 = v_2 < v_3 = v_4$.
12. За какое время свет пройдет расстояние от Земли до Луны, равное 400000 км?
 а. 0 сек;
 б. 1,3 сек;
 в. 1200 сек;
 г. 8,3 мин.
13. Какие из перечисленных излучений обладают способностью к дифракции:
 1) видимый свет;
 2) инфракрасное излучение;
 3) рентгеновские лучи;
 4) радиоволны?

- а. 1 и 3;
 - б. 1 и 4;
 - в. 1 и 2;
 - г. все.
14. Кто открыл явление фотоэффекта:
- а. М. Планк;
 - б. А. Эйнштейн;
 - в. П. Лебедев;
 - г. А. Столетов.
15. В соответствии с теорией Бора атомы излучают свет...
- а. при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую;
 - б. при равномерном движении электрона по круговым стационарным орбитам;
 - в. при неравномерном движении электрона по эллиптическим стационарным орбитам;
 - г. при колебательном движении электрона в границах атома.

Вариант 3

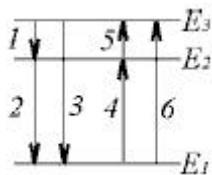
1. Какие из следующих величин при колебательном движении меняются периодически:
- 1) координата;
 - 2) циклическая частота;
 - 3) ускорение;
 - 4) амплитуда;
 - 5) сила;
 - 6) полная энергия?
- а. 1, 3, 5;
 - б. 4, 5, 6;
 - в. 2, 4, 6;
 - г. 1, 2, 3.
2. Укажите, какие из перечисленных ниже волн являются продольными:
- 1) звуковые волны в газах;
 - 2) ультразвуковые волны в жидкостях;
 - 3) волны на поверхности воды;
 - 4) радиоволны;
 - 5) световые волны в прозрачных кристаллах?
- а. 2, 3;
 - б. 1, 2;
 - в. 2, 4;
 - г. 3, 4.
3. Укажите все верные утверждения:
- 1) Механические колебания могут быть свободными и вынужденными. Свободные колебания могут происходить ...
 - 2) только в колебательной системе;
 - 3) не только в колебательной системе.
 - Вынужденные колебания могут происходить ...
 - 4) только в колебательной системе;
 - 5) не только в колебательной системе;
 - 6) не могут происходить в колебательной системе.
- а. 1, 3 и 6;
 - б. 1, 2 и 5;
 - в. 1, 3 и 4;
 - г. 2 и 4.
4. Укажите все верные утверждения. Ускорение гармонически колеблющегося тела...
- 1) также совершает гармонические колебания;
 - 2) колебаний не совершает;
 - 3) колеблется в противофазе со смещением;
 - 4) опережает колебания смещения на $\pi/2$;
 - 5) опережает колебания скорости на $\pi/2$;
 - 6) отстаёт от колебаний скорости на $\pi/2$.
- а. 2, 4 и 5;

- б. 2, 4 и 6;
 в. 1, 4 и 6;
 г. 1, 3 и 5.
5. Укажите, какой знак имеет заряд электрона?
 а. положительный;
 б. отрицательный;
 в. нейтральный;
 г. нет правильного ответа.
6. Укажите, какая физическая величина одинакова для всех проводников, соединённых параллельно?
 а. сила тока;
 б. напряжение;
 в. сопротивление;
 г. мощность.
7. Укажите, какими носителями электрического заряда может создаваться ток в чистых полупроводниках?
 а. протонами;
 б. ионами;
 в. электронами и ионами;
 г. электронами и «дырками».
8. Чем объясняется взаимодействие двух параллельных проводников с постоянным током?
 а. взаимодействием электрических зарядов;
 б. действием электрического поля одного проводника с током на ток в другом проводнике;
 в. действием магнитного поля одного проводника с током на ток в другом проводнике;
 г. действием электрического поля одного проводника на заряды в другом проводнике.
9. Какая сила действует на заряженную частицу, движущуюся в магнитном поле:
 а. сила Ампера;
 б. сила Архимеда;
 в. сила Кулона;
 г. сила Лоренца.
10. В каком из указанных идеальных контуров могут возникнуть электромагнитные колебания?



- а. 1;
 б. 2;
 в. 3;
 г. 4.
11. Как изменится длина волны электромагнитного излучения, испускаемого открытым колебательным контуром, если емкость конденсатора увеличить в 5 раз, а индуктивность катушки уменьшить в 5 раз?
 а. увеличится в 5 раз;
 б. не изменится;
 в. уменьшится в 5 раз;
 г. уменьшится в $\sqrt{5}$ раз.
12. Световой луч переходит из воды ($n = 1,5$) в воздух. Какое из приведенных соотношений имеет место для угла преломления β , если угол падения равен α ?
 а. $\beta < \alpha$;
 б. $\beta > \alpha$;
 в. $\beta = \alpha$;
 г. $\beta \gg \alpha$.
13. Какие из перечисленных ниже явлений впервые получили объяснение на основе волновой теории света:
 1) интерференция;
 2) дифракция;

- 3) дисперсия;
 4) фотоэффект;
 5) поляризация?
- а. 1, 2, 3, 5;
 б. 2, 3;
 в. 1, 2;
 г. 3, 4.
14. Что такое фотон? Это ...
- а. нейтральная частица, способная перемещаться в пустоте со скоростью от 200 до 300 тысяч км/с;
 б. частица, обладающая массой электрона, но имеющая заряд противоположного знака;
 в. квант электромагнитного излучения;
 г. "дырка" в твердом теле.
15. На рисунке приведена условная схема энергетических уровней некоторого атома и несколько квантовых переходов между ними. Какой стрелкой обозначен переход с испусканием фотона с наименьшей длиной волны?



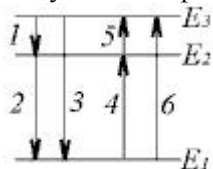
- а. 5;
 б. 1;
 в. 3;
 г. 6.

Вариант 4

1. Циклическая частота численно равна ...
- а. числу колебаний за π секунд;
 б. времени одного колебания;
 в. числу колебаний за 1 секунду;
 г. числу колебаний за 2π секунд.
2. Какие из перечисленных ниже волн не являются поперечными?
- а. звуковые волны в жидкостях;
 б. волны на поверхности воды;
 в. инфракрасное излучение;
 г. радиоволны.
3. Рыбак заметил, что расстояние между гребнями волн, образованных проплывшей лодкой, равно 6 м, а скорость их перемещения 2 м/с. Каков период колебаний поплавок его удочки на этих волнах (с)?
- а. 3;
 б. 2;
 в. 1;
 г. 4.
4. Укажите все верные утверждения. Скорость гармонически колеблющегося тела ...
- 1) также совершает гармонические колебания;
 2) колебаний не совершает;
 3) опережает колебания смещения по фазе на $\pi/2$;
 4) колеблется в одинаковых фазах с колебаниями смещения;
 5) отстаёт по фазе от колебаний смещения на $\pi/2$;
 6) частота колебаний скорости равна частоте колебаний тела;
 7) частота колебаний скорости равна удвоенной частоте колебаний тела.
- а. 3, 5 и 7;
 б. 1, 2 и 4;
 в. 1, 3 и 6;
 г. 2, 4 и 7.
5. Укажите, что является энергетической характеристикой электрического поля?

- а. напряженность;
 - б. потенциал;
 - в. работа;
 - г. мощность.
6. Укажите, какая физическая величина одинакова для всех проводников при последовательном соединении?
- а. напряжение;
 - б. сила тока;
 - в. сопротивление;
 - г. работа электрического тока.
7. Для чего в полупроводники вводят примесь?
- а. для увеличения числа носителей зарядов одного или другого типа;
 - б. для увеличения сопротивления;
 - в. для увеличения пробивного напряжения;
 - г. для увеличения механической прочности.
8. Какое из приведенных ниже выражений характеризует силу действия магнитного поля на проводник с током?
- а. $BIl \sin\alpha$;
 - б. $Bqv \sin\alpha$;
 - в. $BS \cos\alpha$;
 - г. $Blv \sin\alpha$.
9. При вдвигании в катушку постоянного магнита в ней возникает электрический ток. Как называется это явление?
- а. электрическая индукция;
 - б. магнитная индукция;
 - в. самоиндукция;
 - г. электромагнитная индукция.
10. Направление распространения электромагнитных волн определяется следующим образом:
- а. если буравчик вращается от В к Е, то поступательное движение буравчика покажет направление распространения волны;
 - б. по правилу левой руки;
 - в. если буравчик вращается от Е по часовой стрелке, то поступательное движение буравчика покажет направление распространения волны;
 - г. если буравчик вращается от Е к В, то поступательное движение буравчика покажет направление распространения волны.
11. Чему равна длина электромагнитной волны в вакууме (мм), если период электромагнитных колебаний в ней равен $3 \cdot 10^{-12}$ с?
- а. 0,3;
 - б. 0,9;
 - в. 3;
 - г. 9.
12. За какое время свет пройдет расстояние от Земли до Солнца, равное 150 млн. км?
- а. $1,3 \cdot 10^{-3}$ сек;
 - б. 0,5 сек;
 - в. 1200 сек;
 - г. 8,3 мин.
13. Какими из следующих оптических приборов белый свет можно разложить в спектр:
- 1) вогнутым зеркалом;
 - 2) прозрачной треугольной призмой;
 - 3) дифракционной решеткой;
 - 4) прозрачной плоскопараллельной пластинкой?
- а. 2 и 4;
 - б. 2 и 3;
 - в. 1 и 3;
 - г. 1 и 4.
14. Какое из перечисленных ниже оптических явлений получило объяснение на основе квантовой теории света?

- а. дифракция;
 - б. дисперсия;
 - в. фотоэффект;
 - г. интерференция;
15. На рисунке приведена условная схема энергетических уровней некоторого атома и несколько квантовых переходов между ними. Какой стрелкой обозначен переход с испусканием фотона с наибольшей длиной волны?



- д. 1;
- е. 5;
- ж. 3;
- з. 6.

Критерии оценивания теста.

Количество правильных ответов	<9	9-11	12-13	14-15
Оценка	"2"	"3"	"4"	"5"

Рекомендуемая литература к вводной практической работе.

При подготовке к входному тестированию необходимо повторить темы по общеобразовательному курсу физики: механические колебания и волны, электродинамика, квантовая физика. Для этого необходимо использовать конспекты лекций за первый курс или учебную литературу:

1. Васильев, А. А. Физика : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. А. Васильев, В. Е. Федоров, Л. Д. Храмов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 211 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05702-7. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472106> (дата обращения: 28.08.2021).
2. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 254 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09159-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471223> (дата обращения: 28.08.2021).
3. Калашников, Н. П. Физика в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. П. Калашников, С. Е. Муравьев. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 244 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09161-8. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471915> (дата обращения: 28.08.2021).
4. Мякишев, Г. Я. Физика. 10 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый и углублённый уровни/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский; под ред. Н. А. Парфентьевой. - 7-е изд. - М.: Просвещение, 2020. - 432 с.: ил. - (Классический курс).
5. Мякишев, Г. Я. Физика. 11 класс: учебник для общеобразовательных организаций: базовый и углублённый уровни/ Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, В. М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. - 8-е изд. - М.: Просвещение, 2020. - 432 с.: ил. - (Классический курс).

Практическая работа № 1. «Определение основных характеристик электрического поля»

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Электрическое поле»;
- научиться применять формулы напряжённости электрического поля, закона Кулона, закона сохранения электрического заряда, принцип суперпозиции полей и энергии заряженного конденсатора и электрического поля при решении задач.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Задачи по электростатике удобно разделить на две группы. К первой группе можно отнести задачи на расчёт силовых и энергетических характеристик электростатического поля, ко второй – все задачи на равновесие либо движение заряженных тел (частиц) в электростатическом поле.

Задачи первой группы связаны с представлениями о существовании электростатического поля вокруг неподвижных заряженных тел и сводятся к нахождению основных характеристик поля. При их решении необходимо придерживаться следующего алгоритма:

- 1) сделать рисунок, изобразив линии напряжённости электростатического поля и заряженные тела, помещённые в это поле;
- 2) при нахождении напряжённости поля в некоторой точке следует помнить, что это векторная величина и направлена по касательной к линии напряжённости. Если поле образовано точечным зарядом, то она направлена вдоль прямой, соединяющей заряд и точку, в которой определяют \vec{E} , от заряда, если $q > 0$, и к заряду, если $q < 0$;
- 3) если поле создано системой точечных зарядов, то напряжённость поля рассчитывают согласно принципу суперпозиции: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n$, не забывая, что это геометрическая сумма. Следует правильно определить направление \vec{E} : для положительного точечного заряда вектор \vec{E} направлен по радиальной линии от заряда, для отрицательного – к заряду;
- 4) если при взаимодействии заряженных тел происходит перераспределение зарядов, то запишите закон сохранения зарядов.

Краткие теоретические сведения

Закон сохранения заряда в замкнутой системе

$$\sum_i Q_i = \text{const.}$$

Закон Кулона

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1||Q_2|}{r^2} \quad (\text{в вакууме}), \quad F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|Q_1||Q_2|}{\epsilon r^2} \quad (\text{в среде})$$

[F – сила взаимодействия двух точечных зарядов Q_1 и Q_2 ; r – расстояние между зарядами; $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная; ϵ – диэлектрическая проницаемость среды].

Напряжённость электростатического поля

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{Q_0}$$

[\vec{F} – сила, действующая на точечный положительный заряд Q_0 , помещённый в данную точку поля].

Напряжённость электростатического поля точечного заряда Q на расстоянии r от заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2}.$$

Поток вектора напряженности электростатического поля

$$d\Phi_E = \vec{E} d\vec{S} = E_n dS \text{ (сквозь площадку } dS),$$

$$\Phi_E = \int_S \vec{E} d\vec{S} = \int_S E_n dS \text{ (сквозь поверхность } S),$$

$$\Phi_E = \oint_C \vec{E} d\vec{S} = \oint_C E_n d\vec{S} \text{ (сквозь замкнутую поверхность } S)$$

[$d\vec{S} = dS \cdot$ — вектор, модуль которого равен dS , а направление совпадает с нормалью к площадке; E_n — проекция вектора на нормаль к площадке dS].

Принцип суперпозиции электростатических полей

$$\vec{E} = \sum_{i=1}^n \vec{E}_i$$

[E_i — напряженность поля, создаваемого зарядом Q_i].

Плотность зарядов (линейная, поверхностная, объемная)

$$\tau = \frac{dQ}{dl}, \quad \sigma = \frac{dQ}{dS}, \quad \rho = \frac{dQ}{dV}.$$

Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме:

• в случае дискретного распределения зарядов

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_{i=1}^n Q_i;$$

• в случае непрерывного распределения зарядов

$$\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \oint_S E_n dS = \frac{1}{\epsilon_0} \int_V \rho dV$$

[$\sum_{i=1}^n Q_i$ — алгебраическая сумма зарядов, заключенных внутри замкнутой поверхности S ; n — число зарядов; ρ — объемная плотность зарядов].

Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной бесконечной плоскостью,

$$E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$$

[σ — поверхностная плотность заряда].

Напряженность поля, создаваемого двумя бесконечными параллельными разноименно заряженными плоскостями,

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

[σ — поверхностная плотность заряда].

Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженной сферической поверхностью радиусом R с общим зарядом Q на расстоянии r от центра сферы,

$$E = 0 \quad \text{при } r < R \text{ (внутри сферы)}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне сферы).}$$

Напряженность поля, создаваемого объемно заряженным шаром радиусом R с общим зарядом Q на расстоянии r от центра шара,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3} r \quad \text{при } r \leq R \text{ (внутри шара),}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне шара).}$$

Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженным бесконечным цилиндром радиусом R на расстоянии r от оси цилиндра,

$$E = 0 \quad \text{при } r < R \text{ (внутри цилиндра),}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{r} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне цилиндра)}$$

[τ — линейная плотность заряда].

Циркуляция вектора напряженности электростатического поля вдоль замкнутого контура

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне сферы).}$$

Напряженность поля, создаваемого объемно заряженным шаром радиусом R с общим зарядом Q на расстоянии r от центра шара,

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3} r \quad \text{при } r \leq R \text{ (внутри шара),}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне шара).}$$

Напряженность поля, создаваемого равномерно заряженным бесконечным цилиндром радиусом R на расстоянии r от оси цилиндра,

$$E = 0 \quad \text{при } r < R \text{ (внутри цилиндра),}$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{\tau}{r} \quad \text{при } r \geq R \text{ (вне цилиндра)}$$

[τ — линейная плотность заряда].

Циркуляция вектора напряженности электростатического поля вдоль замкнутого контура

$$\oint_L \vec{E} d\vec{l} = \oint_L E_l dl = 0$$

[E_l — проекция вектора на направление элементарного перемещения d . Интегрирование производится по любому замкнутому пути L].

Потенциальная энергия заряда Q_0 в поле заряда Q на расстоянии r от него

$$U = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{QQ_0}{r}.$$

Потенциал электростатического поля

$$\varphi = \frac{U}{Q_0}, \quad \varphi = \frac{A_\infty}{Q_0}$$

[Q_0 — точечный положительный заряд, помещенный в данную точку поля; U — потенциальная энергия заряда Q_0 ; A_∞ — работа перемещения заряда Q_0 из данной точки поля за его пределы].

Потенциал электростатического поля точечного заряда на расстоянии r от заряда

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r}.$$

Связь между напряженностью и потенциалом электростатического поля

$$\vec{E} = -\text{grad}\varphi, \quad \vec{E} = -\left(\frac{\partial\varphi}{\partial x}\vec{i} + \frac{\partial\varphi}{\partial y}\vec{j} + \frac{\partial\varphi}{\partial z}\vec{k}\right)$$

[$\vec{j}, \vec{y}, \vec{k}$ — единичные векторы координатных осей. Знак минус определяется тем, что вектор поля направлен в сторону убывания потенциала].

В случае поля, обладающего центральной или осевой симметрией,

$$E = -\frac{d\varphi}{dr}$$

Работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда Q_0 из точки 1 в точку 2

$$A_{12} = Q_0(\varphi_1 - \varphi_2), \quad A_{12} = Q_0 \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = Q_0 \int_1^2 E_l dl$$

[E_l — проекция вектора на направление элементарного перемещения d].

Разность потенциалов между двумя точками 1 и 2 в электростатическом поле

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{12}}{Q_0} = \int_1^2 \vec{E} d\vec{l} = \int_1^2 E_l dl$$

[A_{12} — работа, совершаемая силами электростатического поля при перемещении заряда Q_0 из точки 1 в точку 2; E_l — проекция вектора на направление элементарного перемещения d ; интегрирование производится вдоль любой линии, соединяющей начальную и конечную точки, так как работа сил электростатического поля не зависит от траектории перемещения].

Разность потенциалов между точками, находящимися на расстоянии x_1 и x_2 от равномерно заряженной бесконечной плоскости,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{x_1}^{x_2} E dx = \int_{x_1}^{x_2} \frac{\sigma}{2\epsilon_0} dx = \frac{\sigma}{2\epsilon_0} (x_2 - x_1)$$

[σ — поверхностная плотность заряда].

Разность потенциалов между бесконечными разноименно заряженными плоскостями, расстояние между которыми равно d ,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_0^d E dx = \int_0^d \frac{\sigma}{\epsilon_0} dx = \frac{\sigma}{\epsilon_0} d.$$

Разность потенциалов между двумя точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра равномерно заряженной сферической поверхности (объемно заряженного шара) радиусом R с общим зарядом Q , причем $r_1 > R$, $r_2 > R$, $r_2 > r_1$,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dx = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{r^2} dr = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$$

Разность потенциалов между двумя точками, лежащими на расстояниях r_1 и r_2 от центра объемно заряженного шара радиуса R с общим зарядом Q , причем $r_1 < R$, $r_2 < R$, $r_2 > r_1$,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr = \int_{r_1}^{r_2} \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q}{R^3} dr = \frac{Q}{8\pi\epsilon_0 R^3} (r_2^2 - r_1^2).$$

Разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстояниях r_1 и r_2 от оси равномерно заряженного с линейной плотностью τ бесконечного цилиндра радиусом R , причем $r_1 > R$, $r_2 > R$, $r_2 > r_1$,

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \int_{r_1}^{r_2} E dr = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \int_{r_1}^{r_2} \frac{dr}{r} = \frac{\tau}{2\pi\epsilon_0} \ln \frac{r_2}{r_1}.$$

Поляризованность диэлектрика

$$\vec{P} = \frac{\sum_i \vec{p}_i}{V}$$

[V — объем диэлектрика; \vec{p}_i — дипольный момент i -й молекулы].

Связь между поляризованностью диэлектрика и напряженностью электростатического поля

$$\vec{P} = \chi \epsilon_0 \vec{E}$$

[χ — диэлектрическая восприимчивость вещества; ϵ_0 — электрическая постоянная].

Связь диэлектрической проницаемости ϵ с диэлектрической восприимчивостью χ

$$\epsilon = 1 + \chi$$

Связь между напряженностью E поля в диэлектрике и напряженностью E_0 внешнего поля

$$E = E_0 - \frac{P}{\epsilon_0}, \quad E = \frac{E_0}{\epsilon}$$

[P — поляризованность, ϵ — диэлектрическая проницаемость].

Связь между векторами электрического смещения D , напряженности электростатического поля E и поляризованности P

$$D = \epsilon_0 E + P, \quad E = \frac{D}{\epsilon_0} - \frac{P}{\epsilon_0}$$

Теорема Гаусса для электростатического поля в диэлектрике

$$\oint_S \vec{D} d\vec{S} = \oint_S D_n dS = \sum_{i=1}^n Q_i$$

[$\sum_{i=1}^n Q_i$ — алгебраическая сумма заключенных внутри замкнутой

поверхности S свободных электрических зарядов; D_n — проекция вектора D на нормаль \vec{n} к площадке dS ; $d\vec{S} = dS \vec{n}$ — вектор, модуль которого равен dS , а направление совпадает с нормалью \vec{n} к площадке].

Условия на границе раздела диэлектрических сред (проницаемость которых ϵ_1 и ϵ_2) при отсутствии на границе свободных зарядов:

$$E_{1\tau} = E_{2\tau}, \quad D_{1n} = D_{2n}, \quad \frac{D_{1\tau}}{D_{2\tau}} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}, \quad \frac{E_{1n}}{E_{2n}} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}$$

[E_τ , D_τ и E_n , D_n — тангенциальные и нормальные составляющие векторов E и D соответственно].

Напряженность электростатического поля у поверхности проводника

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

[σ — поверхностная плотность зарядов, ϵ — диэлектрическая проницаемость среды, окружающей проводник].

Электроемкость уединенного проводника

$$C = \frac{Q}{\varphi}$$

[Q — заряд, сообщенный проводнику; φ — потенциал проводника].

Электроемкость шара радиусом R

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon R$$

Электроемкость конденсатора

$$C = \frac{Q}{\varphi_1 - \varphi_2}$$

[Q — заряд, накопленный в конденсаторе; $(\varphi_1 - \varphi_2)$ — разность потенциалов между его пластинами].

Электроемкость плоского конденсатора

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

[S — площадь каждой пластины конденсатора; d — расстояние между пластинами].

Электроемкость сферического конденсатора

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{r_1 r_2}{r_2 - r_1}$$

[r_1 и r_2 — радиусы концентрических сфер].

Электроемкость цилиндрического конденсатора

$$C = \frac{2\pi\epsilon_0\epsilon l}{\ln(r_2 / r_1)}$$

[l — длина пластин конденсатора; r_1 и r_2 — радиусы полых коаксиальных цилиндров].

Энергия уединенного заряженного проводника

$$W = \frac{C\varphi^2}{2} = \frac{Q\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

[C , Q , φ — электроемкость, заряд и потенциал проводника соответственно].

Энергия заряженного конденсатора

$$W = \frac{C(\Delta\varphi)^2}{2} = \frac{Q\Delta\varphi}{2} = \frac{Q^2}{2C}$$

[Q — заряд конденсатора, C — его электроемкость; $\Delta\varphi$ — разность потенциалов между пластинами].

Сила притяжения между двумя разноименно заряженными обкладками конденсатора

$$|F| = \frac{Q^2}{2\epsilon_0\epsilon S} = \frac{\sigma^2 S}{2\epsilon_0\epsilon} = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2 S}{2}$$

[Q — заряд конденсатора; σ — поверхностная плотность заряда; S — площадь пластины конденсатора; E — напряженность электростатического поля; ϵ_0 — электрическая постоянная; ϵ — диэлектрическая проницаемость].

Энергия электростатического поля плоского конденсатора

$$W = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2} Sd = \frac{\epsilon_0\epsilon S U^2}{2d} = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2} V$$

[S — площадь одной пластины; U — разность потенциалов между пластинами; $V = Sd$ — объем конденсатора].

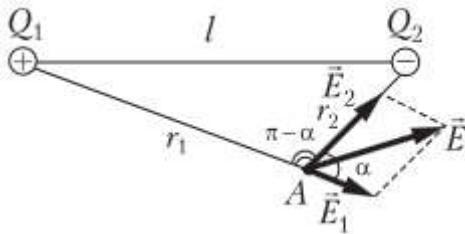
Объемная плотность энергии электростатического поля

$$w = \frac{\epsilon_0\epsilon E^2}{2} = \frac{ED}{2}$$

[E — напряженность электростатического поля; D — электрическое смещение].

Примеры решения задач.

Задача 1. Расстояние l между двумя точечными зарядами $Q_1 = 2$ нКл и $Q_2 = -3$ нКл, расположенными в вакууме, равно 20 см (см. рисунок). Определить: 1) напряженность E ; 2) потенциал φ поля, создаваемого этими зарядами в точке, удаленной от первого заряда на расстояние $r_1 = 15$ см и от второго заряда на расстояние $r_2 = 10$ см.



Дано:

$$l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$Q_1 = 2 \text{ нКл} = 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$Q_2 = -3 \text{ нКл} = -3 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$r_1 = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$r_2 = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

1) E – ?
2) φ – ?

Решение:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2,$$

$$E_1 = \frac{|Q_1|}{4\pi\epsilon_0 r_1^2}, \quad E_2 = \frac{|Q_2|}{4\pi\epsilon_0 r_2^2},$$

$$E = \sqrt{E_1^2 + E_2^2 + 2E_1 E_2 \cos \alpha},$$

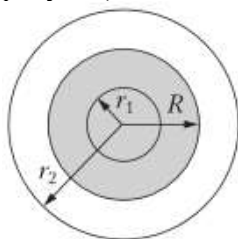
$$\cos \alpha = \frac{l^2 - r_1^2 - r_2^2}{2r_1 r_2} = 0,25,$$

$$E = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sqrt{\frac{Q_1^2}{r_1^4} + \frac{2|Q_1||Q_2|}{r_1^2 r_2^2} \cos \alpha + \frac{Q_2^2}{r_2^4}},$$

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2, \quad \varphi_1 = \frac{Q_1}{4\pi\epsilon_0 r_1}, \quad \varphi_2 = \frac{Q_2}{4\pi\epsilon_0 r_2}, \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{Q_1}{r_1} + \frac{Q_2}{r_2} \right)$$

Ответ: 1) $E = 3 \text{ кВ/м}$; 2) $\varphi = -150 \text{ В}$.

Задача 2. Свободные заряды равномерно распределены с объемной плотностью $\rho = 5 \text{ нКл/м}^3$ по шару радиусом $R = 10 \text{ см}$ из однородного изотропного диэлектрика с проницаемостью $\epsilon = 5$. Определить напряженности электрического поля на расстояниях $r_1 = 5 \text{ см}$ и $r_2 = 15 \text{ см}$ от центра шара (см. рисунок).



Дано:

$$\rho = 5 \text{ нКл/м}^3 = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл/м}^3$$

$$R = 10 \text{ см} = 0,1 \text{ м}$$

$$\epsilon = 5$$

$$r_1 = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$$

$$r_2 = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

E_1 – ?
 E_2 – ?

Решение:

$$\oint_S D_n dS = \int_V \rho dV,$$

$$\boxed{r_1 < R} \quad D_1 \cdot 4\pi r_1^2 = \frac{4}{3}\pi r_1^3 \rho, \quad D_1 = \frac{\rho r_1}{3},$$

$$D_1 = \epsilon_0 \epsilon E_1, \quad E_1 = \frac{\rho r_1}{3\epsilon \epsilon_0},$$

$$\boxed{r_2 > R} \quad D_2 \cdot 4\pi r_2^2 = \frac{4}{3}\pi R^3 \rho, \quad D_2 = \frac{\rho R^3}{3r_2^2},$$

$$D_2 = \epsilon_0 \epsilon E_2, \quad E_2 = \frac{\rho R^3}{3\epsilon \epsilon_0 r_2^2}.$$

Ответ: $E_1 = 1,88 \text{ В/м}$; $E_2 = 8,37 \text{ В/м}$.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Два заряженных шарика, подвешенных на нитях одинаковой длины, опускаются в керосин плотностью $\rho_k = 0,8 \text{ г/см}^3$. Чему должна быть равна плотность ρ материала шариков, чтобы угол расхождения нитей в воздухе и в керосине был одинаковым? Диэлектрическая проницаемость керосина $\epsilon = 2$.

2. Электростатическое поле создается шаром радиусом $R = 10 \text{ см}$, равномерно заряженным с объемной плотностью $\rho = 20 \text{ нКл/м}^3$. Определить разность потенциалов между точками, находящимися внутри шара на расстояниях $r_1 = 2 \text{ см}$ и $r_2 = 8 \text{ см}$ от его центра.

Вариант 2.

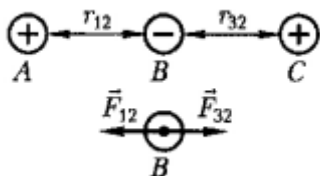
1. Определить напряженность электростатического поля в точке А, расположенной вдоль прямой, соединяющей заряды $Q_1 = 10$ нКл и $Q_2 = -8$ нКл и находящиеся на расстоянии $r = 8$ см от отрицательного заряда. Расстояние между зарядами $l = 20$ см.
2. К пластинам плоского воздушного конденсатора приложена разность потенциалов $U_1 = 500$ В. Площадь пластин $S = 200$ см², расстояние между ними $d = 1,5$ мм. После отключения конденсатора от источника напряжения в пространство между пластинами внесли парафин ($\epsilon = 2$). Определить разность потенциалов U_2 между пластинами после внесения диэлектрика. Определить также емкости конденсатора C_1 и C_2 до и после внесения диэлектрика.

Вариант 3.

1. С какой силой F_1 взаимодействуют два одинаковых маленьких шарика в вакууме, если один шарик имеет заряд $+6 \cdot 10^{-9}$ Кл, а второй имеет заряд $-3 \cdot 10^{-9}$ Кл? Расстояние между шариками 0,05 м. С какой силой F_2 будут взаимодействовать эти шарика, если их привести в соприкосновение, а затем удалить на прежнее расстояние?
2. Электростатическое поле создается сферой радиусом $R = 5$ см, равномерно заряженной с поверхностной плотностью $\sigma = 1$ нКл/м². Определить разность потенциалов между двумя точками, находящимися на расстояниях $r_1 = 10$ см и $r_2 = 15$ см от центра сферы.

Вариант 4.

1. Шарик А с зарядом $+10^{-8}$ Кл притягивает к себе с некоторой силой шарик В, находящийся на расстоянии $5 \cdot 10^{-2}$ м (см. рисунок). Этому притяжению противодействуют, поднося к шарика В с противоположной стороны шарик С с зарядом $+5 \cdot 10^{-8}$ Кл. На каком расстоянии r_{23} от шарика В нужно держать шарик С, чтобы шарик В остался в равновесии?



2. Пространство между пластинами плоского конденсатора заполнено стеклом ($\epsilon = 7$). Расстояние между пластинами $d = 5$ мм, разность потенциалов $U = 1$ кВ. Определить: 1) напряженность поля в стекле; 2) поверхностную плотность заряда на пластинах конденсатора; 3) поверхностную плотность связанных зарядов на стекле.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое электрический заряд?
2. Дайте определения точечного заряда и пробного точечного заряда.
3. Что такое электрическое поле? Электростатическое поле?
4. Какая физическая величина называется силовой характеристикой электрического поля?
5. Как направлены линии напряженности электростатического поля на точечном положительном заряде? На точечном отрицательном заряде?
6. Какие виды плотности заряда различают? Запишите их формулы.
7. Что такое потенциал электростатического поля?
8. Дайте определение эквипотенциальной поверхности.
9. Перечислите типы диэлектриков.
10. Что понимается под процессом поляризации диэлектрика?
11. Что характеризует физическая величина: диэлектрическая проницаемость?
12. Как рассчитывается емкость уединенного проводника?
13. Что такое конденсатор? Виды конденсаторов?
14. Сформулируйте закон сохранения зарядов.
15. Запишите формулу закона Кулона.
16. Сформулируйте принцип суперпозиции электростатических полей?
17. Запишите формулу для расчета энергии заряженного конденсатора.
18. Что помогает рассчитать теорема Гаусса? Запишите формулу этой теоремы.

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-

- 534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.1.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), темы 6.1-6.3.

Практическая работа № 2. «Движение заряженной частицы в электрическом поле».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Электрическое поле»;
- научиться применять формулы: закона Кулона, работы электростатического поля, совершаемой по перемещению заряда при решении задач;
- использовать законы сохранения энергии и импульса для определения характеристик движения заряженных частиц.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации к решению задач.

Внимательно прочитайте условия задачи. Сделайте сокращенную запись данных и искомого физических величин, предварительно представив их в системе СИ.

Задачи рекомендуется решать по следующему алгоритму:

1. Внимательно прочитать условие задачи.
2. Выполнить рисунок, на котором обозначить все заряды системы и расставить векторы сил, действующих на точечный заряд, помещенный в электрическое поле.
3. Записать уравнение равновесия или основное уравнение динамики материальной точки; если необходимо – применить закон сохранения энергии и импульса.
4. Выразить силы электрического взаимодействия через заряды и подставить выражение в исходное уравнение.
5. Если при взаимодействии заряженных тел происходит перераспределение зарядов, к составленному уравнению добавить уравнение закона сохранения зарядов.
6. Если заряд находится в равновесии, то все силы, приложенные к нему, должны быть скомпенсированы, поэтому можно выбрать направление, на которое спроектировать эти силы и их алгебраическую сумму приравнять нулю.
7. Далее, как обычно, надо записать вспомогательные формулы и полученную систему уравнений решить относительно неизвестной величины.
8. Если в задаче не указывается среда, в которой взаимодействуют заряды, то подразумевается, что взаимодействие происходит в вакууме ($\epsilon=1$) или в воздухе, относительная диэлектрическая проницаемость ϵ которого близка к единице.
9. Подставьте в полученную формулу численные значения физических величин и проведите вычисления. Обратите внимание на точность численного ответа, которая не может быть больше точности исходных величин.

Краткие теоретические сведения.

1. На заряд Q , помещенный в электростатическое поле напряженностью \vec{E} действует кулоновская сила, равная $\vec{F} = Q\vec{E}$. Если напряженность поля известна, то записав второй закон Ньютона для этой частицы $\frac{d(m\vec{v})}{dt} = Q\vec{E}$ и решив его, можно полностью описать поведение частицы в этом поле.

2. Работа, совершаемая электрическим полем при перемещении точечного заряда Q из одной точки поля, имеющей потенциал φ_1 , в другую, имеющую потенциал φ_2 ,

$$A = Q(\varphi_1 - \varphi_2), \text{ или } A = Q \int_L \vec{E}_1 d\vec{l},$$

где E_1 – проекция вектора напряженности \vec{E} на направление перемещения; $d\vec{l}$ – перемещение.

В случае однородного поля последняя формула принимает вид

$$A = QEl \cos \alpha,$$

где l – перемещение; α – угол между направлениями вектора \vec{E} и перемещения \vec{l} .

Используя законы сохранения энергии и импульса, можно также определить характеристики движения частицы:

- если частица при движении в электрическом поле изменяет скорость, то $dA = dE_k$, силами поля совершается работа, которая равна убыли потенциальной энергии частицы в этом поле, тогда $dA = -dW$.
- если происходит явление подобное удару, то нужно применить закон сохранения импульса.

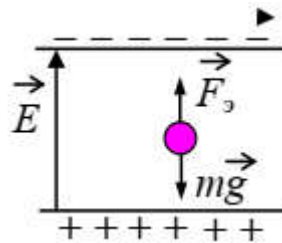
Примеры решения задач.

Задача. В плоском, горизонтально расположенном конденсаторе заряженная капля ртути находится в равновесии при напряженности электрического поля $E = 60$ кВ/м. Заряд капли $Q = 1$ нКл. Найти радиус капли ($\rho_{\text{ртути}} = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³).

Дано:
 $E = 60$ кВ/м
 $Q = 1$ нКл
 $\rho_{\text{ртути}} = 13,6 \cdot 10^3$ кг/м³

СИ
 $6 \cdot 10^3$ В/м

Решение:



На каплю действуют электрическая сила F_e и сила тяжести mg . Так как капля находится в равновесии, то согласно второму закону Ньютона

$$F_e + mg = 0, \\ F_e = mg. \quad (1)$$

Электрическая сила равна $F_e = QE$, масса капли $m = \rho_{\text{ртути}} V$, объем капли

$V = \frac{4}{3} \pi r^3$. Подставляя все выражения в (1) получим

$$QE = \frac{4}{3} \pi r^3 \rho_{\text{ртути}} g \quad \Rightarrow \quad r = \sqrt[3]{\frac{3QE}{4\pi \rho_{\text{ртути}} g}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot 10^{-9} \cdot 60 \cdot 10^3}{4 \cdot 3,14 \cdot 13,6 \cdot 10^3 \cdot 9,8}} = 0,48 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 0,48 \text{ мм}.$$

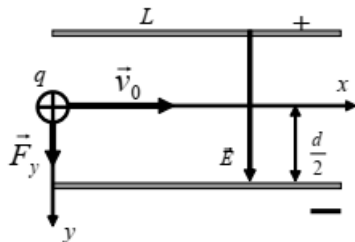
Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. До какого расстояния r могут сблизиться два электрона, если они движутся навстречу друг другу с относительной скоростью $v_0 = 10^6$ м/с?
2. Электростатическое поле создается положительно заряженной бесконечной нитью с постоянной линейной плотностью $\tau = 1$ нКл/см. Какую скорость приобретает электрон, приблизившись под действием поля к нити вдоль линии напряженности с расстояния $r_1 = 1,5$ см до $r_2 = 1$ см?

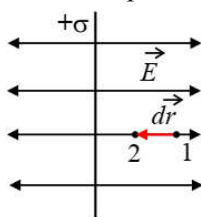
Вариант 2.

1. На расстоянии $r_1 = 4$ см от бесконечно длинной заряженной нити находится точечный заряд $q = 0,66$ нКл. Под действием поля заряд приближается к нити до расстояния $r_2 = 2$ см, при этом совершается работа $A = 50$ эрг. Найти линейную плотность заряда на нити.
2. Протон массой $1,67 \cdot 10^{-27}$ кг и зарядом $1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл, движущийся горизонтально со скоростью v_0 влетает в середину плоского горизонтального конденсатора параллельно его пластинам длиной L . Расстояние между пластинами равно d . К пластинам прикладывается разность потенциалов, меняющаяся со временем по закону $\Delta\phi = at^2$, где $a = \text{const}$. Какой должна быть величина a , чтобы протон не вылетел из конденсатора?

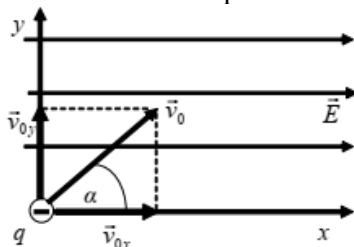


Вариант 3.

1. Электрическое поле создано бесконечной плоскостью, заряженной с поверхностной плотностью заряда $\sigma = 10 \text{ нКл/м}^2$. Какую работу надо совершить для того, чтобы перенести электрон вдоль линии напряженности с расстояния $r_1 = 2 \text{ см}$ до расстояния $r_2 = 1 \text{ см}$.



2. Электрон массой $9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$ и зарядом $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$ с начальной скоростью 10^7 м/с влетает в однородное электрическое поле с напряженностью 10^3 В/м под углом 60° к силовым линиям поля. В какой момент времени скорость электрона будет минимальной?



Вариант 4.

1. Электрическое поле создано длинным цилиндром радиусом $R = 1 \text{ см}$, равномерно заряженным с линейной плотностью $\tau = -20 \text{ нКл/м}$. Определить работу поля по перемещению заряда электрона между двумя точками 1 и 2, находящимися на расстояниях $a_1 = 0,5 \text{ см}$ и $a_2 = 2 \text{ см}$ от поверхности цилиндра в средней его части. Какую скорость будет иметь электрон, если скорость электрона в точке 1 равна нулю?

2. Определить линейную плотность бесконечно длинной заряженной нити, если работа сил поля по перемещению заряда $Q = 1 \text{ нКл}$ с расстояния $r_1 = 5 \text{ см}$ до $r_2 = 2 \text{ см}$ в направлении, перпендикулярном нити, равно 50 мкДж .

Вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте теорему Гаусса для электростатического поля, запишите формулу.
2. Чему равна работа электростатических сил на замкнутой траектории?
3. Как работа консервативной силы сказывается на энергии тела?
4. Каков физический смысл потенциала данной точки поля?
5. Имеется утверждение: силовые линии электростатического поля перпендикулярны эквипотенциальной поверхности. Всегда ли это так? Ведь и силовые линии, и эквипотенциальные поверхности могут иметь самые разные формы.
6. Почему объем проводника можно назвать эквипотенциальной областью?
7. Если заряженный проводник имеет неправильную форму, то где больше напряженность поля – у острия или у закругленного участка? Почему? Применение?
8. Как связана напряженность поля вблизи проводника с поверхностной плотностью его заряда?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), темы 4.1 и 4.5.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), темы 6.1-6.3.

Практическая работа № 3. «Последовательное и параллельное соединение потребителей электрического тока».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Законы постоянного тока»;
- научиться применять формулы для последовательного и параллельного соединения потребителей электрического тока при решении задач.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации к решению задач.

Внимательно прочитайте условия задачи. Сделайте сокращенную запись данных и искомым физических величин, предварительно представив их в системе СИ.

Задачи рекомендуется решать по следующему алгоритму:

1. Начертить схему и указать на ней все элементы цепи: источники тока, резисторы и др.
2. Установить предварительно, о какой цепи говорится в условии задачи: замкнутой или о каком-либо участке цепи;
3. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие параллельно;
4. На каждом участке цепи определить направления токов и записать для каждой точки разветвления (если они есть), уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи;
5. Используя закон Ома, установить связь между токами, напряжениями;
6. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

Краткие теоретические сведения.

Сила тока I — отношение количества электричества ΔQ , проходящего через поперечное сечение проводника, ко времени Δt :

$$I = \Delta Q / \Delta t.$$

Сила тока в проводнике определяется по закону Ома для участка цепи:

$$I = (\varphi_1 - \varphi_2) / R,$$

где $(\varphi_1 - \varphi_2)$ — разность потенциалов на концах участка; R — сопротивление участка. Для однородного участка $\varphi_1 - \varphi_2 = U$, где U — напряжение.

Сопротивление проводника

$$R = \rho l / S,$$

где ρ — удельное сопротивление материала проводника; l — длина проводника; S — его поперечное сечение.

Параметр ρ зависит от температуры по закону

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t),$$

где ρ_0 — удельное сопротивление при температуре $t = 0$ °C, α — температурный коэффициент сопротивления.

Закон Ома для замкнутой цепи имеет вид

$$I = \mathcal{E} / (R + r),$$

где \mathcal{E} — электродвижущая сила (ЭДС) источника; R — сопротивление внешней цепи; r — сопротивление внутренней цепи.

Общее сопротивление R последовательно соединенных сопротивлений R_1, R_2, \dots, R_n равно сумме сопротивлений:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

Общее сопротивление параллельно соединенных сопротивлений R_1, R_2, \dots, R_n

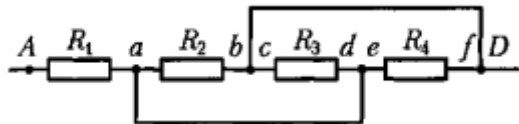
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Количество теплоты, выделяющейся на участке цепи с сопротивлением R , по которому идет ток I в течение времени t , определяется соотношением

$$Q = I^2 R t.$$

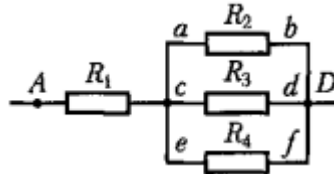
Примеры решения задач.

Задача 1. Найти сопротивление между точками А и D, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$ (см. рис.)



Дано:
 $R_1 = R_2 = R_3 = R_4$
 $R_{AD} = ?$

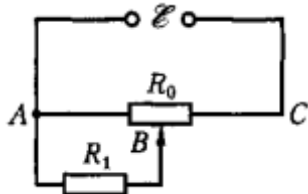
Решение:
 Заменим схему, представленную в условии, на эквивалентную схему:



Три резистора соединены параллельно, а четвертый присоединен к ним последовательно. Поэтому $R_{AD} = R_1 + R'$, где $R' = R_1/3$. Таким образом, $R_{AD} = R_1 + R_1/3 = 4/3 R_1$.

Ответ: $R_{AD} = 4/3 R_1$.

Задача 2. В цепи (см. рис.) ЭДС источника $\varepsilon = 110$ В, сопротивление реостата, используемого в качестве делителя напряжения, $R_0 = 3 \cdot 10^3$ Ом, сопротивление нагрузки $R_1 = 10^4$ Ом. Определить напряжение U , подаваемое на нагрузку, если движок реостата находится посередине.



Дано:
 $R_1 = 10^4$ Ом
 $R_0 = 3 \cdot 10^3$ Ом
 $\varepsilon = 110$ В
 $R'_0 = R_0/2$

Решение:
 Сопротивление R' участка АВ в соответствии с формулой для нахождения сопротивления при параллельном соединении потребителей электрического тока равно:

$$R' = \frac{(R_0/2)R_1}{R_0/2 + R_1} = \frac{R_0 R_1}{2R_1 + R_0}$$

Полное сопротивление цепи, т.е. сопротивление участков АВ и ВС

$$R = R' + R_0/2 = \frac{R_0 R_1}{2R_1 + R_0} + R_0/2 = \frac{4R_1 R_0 + R_0^2}{2(2R_1 + R_0)}$$

В соответствии с законом Ома:

$$I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{2\varepsilon(2R_1 + R_0)}{4R_1 R_0 + R_0^2}$$

$$U = IR' = \frac{2\varepsilon(2R_1 + R_0)}{4R_1 R_0 + R_0^2} \cdot \frac{R_0 R_1}{2R_1 + R_0} = \frac{2\varepsilon R_1}{4R_1 + R_0}$$

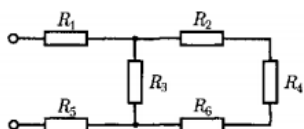
$$U = \frac{2 \cdot 110 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4 + 3 \cdot 10^3} = \frac{2200}{43} \text{ В} \approx 51,2 \text{ В}$$

Ответ: $U \approx 51,2$ В

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

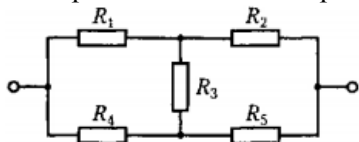
1. Определите общее сопротивление цепи, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_5 = R_6 = 1$ Ом, $R_4 = 8$ Ом.



2. Каким должно быть сопротивление дополнительного резистора, чтобы в сеть напряжением 220 В можно было включить елочную гирлянду, которая должна работать нормально через трансформатор при напряжении 120 В и токе 4 А.

Вариант 2.

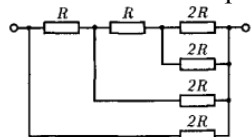
1. Определите общее сопротивление цепи, если $R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R_5 = R$.



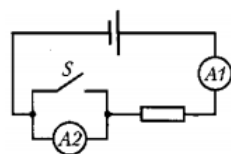
2. Аккумуляторная батарея напряжением 12 В подключена для зарядки к сети с напряжением 15 В. Каким сопротивлением должен обладать дополнительный резистор, включенный в цепь, чтобы сила зарядного тока не превышала 1 А? Внутреннее сопротивление батареи 2 Ом.

Вариант 3.

1. Вычислите сопротивление контура.



2. Как изменятся показания амперметров А1 и А2, если в схеме, показанной на рисунке, разомкнуть ключ S?

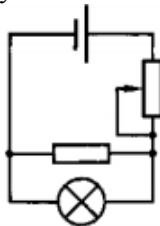


Вариант 4.

1. Какие сопротивления можно получить с помощью трех резисторов сопротивлением по 2 Ом каждый?
2. За время 40 с в цепи, состоящей из трех одинаковых проводников, соединенных параллельно, выделилось некоторое количество теплоты. За какое время выделиться то же количество теплоты, если проводники соединить последовательно?

Вопросы для самопроверки:

1. При построении электрических цепей применяют несколько потребителей. Какие типы соединения проводников вы знаете?
2. Как образуется последовательное соединение проводников?
3. Какая особенность последовательного соединения?
4. Как образуется параллельное соединение проводников?
5. Почему амперметр нельзя подключать параллельно потребителю энергии?
6. Почему общее сопротивление участка цепи при параллельном соединении проводников меньше сопротивления отдельных проводников?
7. Куда надо передвинуть ползунок реостата в цепи, представленной на рисунке, чтобы увеличить накал спирали лампы?



- 8.
9. Какая из ламп – в 100 и 60 Вт – светит ярче при их: а) параллельном; б) последовательном соединении?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.

2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.2.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.6.

Практическая работа № 4. «Электрический ток в различных средах»

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Электрический ток в различных средах»;
- закрепить практические навыки применения формул для нахождения электропроводности различных веществ, плотности тока, удельной проводимости, плотности и подвижности носителей зарядов в различных средах при решении задач.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

По данной теме в основном рассматриваются задачи, связанные с электропроводностью различных веществ, плотностью тока, удельной проводимостью, плотности и подвижности носителей зарядов в различных средах.

Сила постоянного тока на различных участках неразветвленной цепи в любой среде одинакова. Это следствие закона сохранения электрического заряда. В частности, сила тока в электролите равна силе тока в подводящих проводах, несмотря на то, что в электролите ток складывается из двух токов, соответствующих движению отрицательных и положительных ионов. Каждый отрицательный ион, подходя к аноду, отдает ему свой заряд в виде избыточных электронов, которые движутся затем вдоль проводов. Одновременно, положительные ионы, отходя от анода, оставляют около него нескомпенсированные отрицательные ионы, которые также отдадут аноду свои избыточные электроны. Аналогичные явления происходят около катода. В результате заряд, переносимый за единицу времени через поперечное сечение подводящих проводов электронами, оказывается равным суммарному заряду, переносимому через поперечное сечение электролита положительными и отрицательными ионами.

В задачах на ток в газах встречаются два случая: ток в отсутствие насыщения и ток насыщения. В первом случае к газу применим закон Ома. Во втором случае закон Ома неприменим: при увеличении напряжения на электродах сила тока в газе остается постоянной. Кроме того, при постоянной напряженности E поля в газоразрядном промежутке плотность тока будет в соответствии с формулой $j = q\Delta n l$ изменяться при изменении длины этого промежутка, что противоречит закону Ома в дифференциальной форме $j = \sigma E$, где $\sigma = 1/\rho$ – удельная электропроводность материала.

Краткие теоретические сведения.

Электрический ток в металлах и полупроводниках.

Плотность тока в металле

$$j = en \langle v \rangle,$$

где e – заряд электрона, n – концентрация свободных электронов (т. е. число их в единице объема), $\langle v \rangle$ – средняя скорость направленного движения электронов.

Удельная электропроводность собственных полупроводников

$$\sigma = en(u_n + u_p),$$

где u_n и u_p – подвижности электронов и дырок, e и n – то же, что и в (14.1).
Подвижность носителя заряда измеряется средней скоростью, которую он приобретает в электрическом поле с напряженностью, равной единице.

Зависимость удельной электропроводности собственных полупроводников от температуры:

$$\sigma = \sigma_0 e^{-\Delta W / 2kT},$$

где ΔW – ширина запрещенной зоны*, k – постоянная Больцмана, T – абсолютная температура, σ_0 – постоянная величина, определяемая природой данного полупроводника.

Электрический ток в жидкостях и газах.

Носителями тока в жидкостях и газах (электролиты, проводники II рода) являются положительные и отрицательные ионы, которые образуются всегда парами, и концентрация их одинакова ($n_+ = n_- = n_0$). Плотность электрического тока в газах и электролитах равна геометрической сумме плотностей тока положительных и отрицательных ионов:

$$\vec{j} = \vec{j}_+ + \vec{j}_-$$

При небольшом напряжении на газовом промежутке выражение для плотности тока в газе и электролите одинаково:

$$\vec{j} = q_+ n_0 \vec{v}_+ + q_- n_0 \vec{v}_- \text{ (сравните с плотностью тока в металлах),}$$

здесь q_+ , \vec{v}_+ и q_- , \vec{v}_- – заряды и средние скорости упорядоченного движения (дрейфа) положительных и отрицательных ионов в электрическом поле. Скорость дрейфа ионов (как и электронов в проводниках) пропорциональна напряженности \vec{E} электрического поля:

$$\vec{v}_+ = u_+ \vec{E}, \quad \vec{v}_- = u_- \vec{E},$$

здесь u_+ и u_- – подвижности ионов.

Ионы в электролите образуются за счет диссоциации молекул электролита, поэтому их концентрация (n_0) не зависит от напряженности поля.

Записав выражение для плотности тока в электролите в виде

$$\vec{j} = (q_+ n_0 U_+ + q_- n_0 U_-) \vec{E}$$

и учитывая, что $(q_+ n_0 U_+ + q_- n_0 U_-) = \text{const}$, можем указать, что плотность тока в электролите пропорциональна напряженности электрического поля и совпадает с ней по направлению, т. е. для электролитов выполняется закон Ома.

Для электролитов имеют место два **закона Фарадея**:

1) $m = K I t$, K – электрохимический эквивалент;

2) $K = \frac{1}{F} \cdot \frac{A}{Z}$; $F = 96,5 \cdot 10^3$ Кл/моль – постоянная Фарадея; A – атомная масса элемента; Z – валентность.

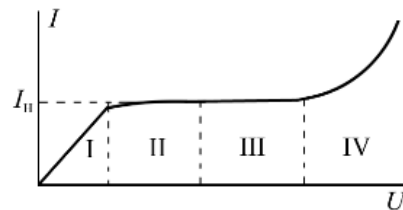
Удельная электропроводность электролита

$$\sigma = q \alpha n_0 (u_+ + u_-),$$

где n_0 – концентрация молекул растворенного вещества, α – коэффициент диссоциации, равный отношению числа диссоциированных молекул к их общему числу.

Электропроводность газов

Зависимость силы тока I от напряжения на газоразрядном промежутке называется вольтамперной характеристикой



При небольших значениях напряжения сила тока I пропорциональна u (область I). Подобно току в электролитах, для плотности тока в газе можно записать

$$j = q n_0 (u_+ + u_-) E,$$

т. е. в области I для газового разряда выполняется закон Ома. При дальнейшем увеличении напряжения U между электродами линейная зависимость тока I от U нарушается (области II и III). Когда все образовавшиеся ионы доходят до электродов, ток I остается постоянным при увеличении напряжения U (область III). Этот ток называется током насыщения I_n , его плотность равна

$$j_n = N q d,$$

здесь N – число пар ионов, создаваемых ионизатором в единице объема в единицу времени; d – расстояние между электродами. При последующем увеличении напряжения между электродами сила тока начинает резко возрастать (область IV), что объясняется возникновением ударной ионизации молекул газа электронами и положительными ионами.

Примеры решения задач.

Задача 1. Определить скорость v , с которой растет слой никеля на плоской поверхности металла при электролизе, если плотность тока j , протекающего через электролит, равна 30 А/м^2 . (Никель считать двухвалентным, осаждение его на поверхности металла – равномерным.)

Дано:

$$\mu_{\text{Ni}} = 58,7 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$$

$$Z = 2$$

$$j = 30 \text{ А/м}^2$$

$$\rho_{\text{Ni}} = 8,8 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$$

v - ?

Решение:

Для решения воспользуемся объединенным законом Фарадея:

$$m = \frac{1}{F} \cdot \frac{\mu}{Z} It, \quad (1)$$

здесь F – постоянная Фарадея, μ – молярная масса ионов никеля, Z – валентность ионов никеля, I – ток в электролите, t – время протекание тока.

Если осаждение никеля идет по поверхности металла равномерно, то массу m выделившегося за время t никеля можно выразить через плотность ρ , площадь S поверхности и толщину h слоя никеля:

$$m = \rho \cdot S \cdot h.$$

Сила тока $I = jS$. Подставив в (1) выражения для массы и силы тока, получим

$$\rho h = \frac{1}{F} \cdot \frac{\mu}{Z} jt. \quad (2)$$

При неизменной плотности тока нарастание слоя никеля будет происходить с постоянной скоростью v , определяемой отношением h/t , т. е. $v = h/t$.

Тогда из соотношения (2) следует

$$v = \frac{1}{F} \cdot \frac{\mu j}{Z \rho_{\text{Ni}}}.$$

Подставим значения величин.

Проведем вычисления: $v = 1,04 \cdot 10^{-9} \text{ м/с}$.

Ответ: $v = 1,04 \cdot 10^{-9} \text{ м/с}$.

Задача 2. Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление $\rho = 0,48 \text{ Ом} \cdot \text{м}$. Определить концентрацию дырок, если подвижности электронов $u_n = 0,36 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ и дырок $u_p = 0,16 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$.

Дано:

$$\rho = 0,48 \text{ Ом} \cdot \text{м}$$

$$u_n = 0,36 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$$

$$u_p = 0,16 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$$

n - ?

Решение:

Так как в собственном полупроводнике концентрация дырок равна концентрации свободных электронов, воспользуемся формулой:

$$\sigma = en(u_n + u_p).$$

Учитывая, что величины ρ и σ взаимно обратны, запишем

$$1/\rho = en(u_n + u_p),$$

откуда для концентрации дырок получим

$$n = 1/e(u_n + u_p)\rho.$$

Подставив числовые значения величин и вычислив, найдем: $n = 2,5 \cdot 10^{-19} \text{ м}^{-3}$.

Ответ: $n = 2,5 \cdot 10^{-19} \text{ м}^{-3}$.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Определить удельную проводимость σ образца Si при 300 К, если концентрация акцепторов в полупроводнике $N_a = 2,3 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$, а концентрация доноров $N_d = 2,2 \cdot 10^{19} \text{ м}^{-3}$.

2. К электродам разрядной трубки приложена разность потенциалов $U = 5 \text{ В}$, расстояние между ними $d = 10 \text{ см}$. Газ, находящийся в трубке, однократно ионизирован. Число ионов каждого знака в единице объема газа $n = 10^8 \text{ м}^{-3}$; подвижности ионов $u_+ = 3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$ и $u_- = 3 \cdot 10^2 \text{ м}^2/(\text{В} \cdot \text{с})$. Найти плотность тока j в трубке. Какая часть полного тока переносится положительными ионами?

Вариант 2.

1. Удельное сопротивление собственного кремния при температуре 300 К равно $3,29 \cdot 10^3$ Ом·м. Подвижности электронов и дырок в кремнии равна соответственно 0,14 и 0,05 м²/(В·с). Определить собственную концентрацию электронов и дырок.
2. За какое время τ при электролизе медного купороса масса медной пластинки (катода) увеличится на $\Delta m = 99$ г? Площадь пластинки $S = 25$ см², плотность тока $j = 200$ А/м². Найти толщину d слоя меди, образовавшегося на пластинке.

Вариант 3.

1. Найти число ионов n каждого знака, находящихся в единице объема децинормального раствора соляной кислоты с удельной проводимостью $\sigma = 3,5$ См/м.
2. Найти сопротивление R трубки длиной $l = 84$ см и площадью поперечного сечения $S = 5$ мм², если она заполнена воздухом, ионизированным так, что в единице объема при равновесии находится $n = 10^{13}$ м⁻³ однозарядных ионов каждого знака. Подвижности ионов $u_+ = 1,3 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с) и $u_- = 1,8 \cdot 10^{-4}$ м²/(В·с).

Вопросы для самопроверки:

1. Какова природа проводимости газов? В чем разница в образовании ионов в электролитах и газах?
2. Как зависит электропроводность металлов, полупроводников и диэлектриков от температуры? Почему?
3. Как влияет на проводимость металлов, полупроводников и диэлектриков присутствие в них небольшого количества примесей?
4. Назовите основные различия между полупроводниками с электронной проводимостью и металлами.
5. Можно ли, повышая температуру полупроводника, довести его проводимость до металла? Почему?
6. При каком условии полупроводник может стать диэлектриком? Сохранит ли он при этом свойства полупроводника?
7. Каков физический смысл постоянной Фарадея?
8. Почему сопротивление электролитов уменьшается с повышением температуры?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.2.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), темы 6.7-6.9.

Практическая работа № 5. «Движение заряженной частицы в магнитном поле»

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Магнитное поле»;
- закрепить практические навыки применения формул магнитной индукции поля точечного заряда, свободно движущегося в магнитном поле, силы Лоренца, момента импульса заряженной частицы, при движении в магнитном поле, кинетической энергии заряженной частицы при решении задач.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Внимательно прочитайте условия задачи. Сделайте сокращенную запись данных и искомых физических величин, предварительно представив их в системе СИ.

Задачи о силовом действии магнитного поля на заряженные частицы рекомендуется решать по следующему алгоритму:

1. Сделать чертеж, указать на нем силовые линии магнитного и электрического полей, проставить вектор начальной скорости частицы и отметить знак ее заряда.
2. Изобразить силы, действующие на заряженную частицу.
3. Определить вид траектории частицы.
4. Разложить силы, действующие на заряженную частицу, вдоль направления магнитного поля и по направлению, ему перпендикулярному.
5. Составить основное уравнение динамики материальной точки по каждому из направлений разложения сил.
6. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
7. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
8. Решение проверить и оценить критически.

Краткие теоретические сведения.

Магнитная индукция поля точечного заряда Q , свободно движущегося с нерелятивистской скоростью \vec{v}

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Q[\vec{v}\vec{r}]}{r^3}$$

[\vec{r} – радиус-вектор, проведенный от заряда к точке, в которой определяется индукция].

Модуль вектора B

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Qv}{r^2} \sin \alpha$$

[α – угол между векторами \vec{v} и \vec{r}].

Сила Лоренца

$$\vec{F} = Q[\vec{v}\vec{B}]$$

[\vec{F} – сила, действующая на заряд Q , движущийся в магнитном поле \vec{B} со скоростью \vec{v}].

Модуль вектора F

$$F = QvB \sin \alpha$$

[α – угол между векторами \vec{v} и \vec{B}].

Формула Лоренца

$$\vec{F} = Q\vec{E} + Q[\vec{v}\vec{B}]$$

[\vec{F} – результирующая сила, действующая на движущийся заряд Q , если на него действуют электрическое поле напряженностью \vec{E} и магнитное поле индукцией \vec{B}].

Пример решения задачи.

Задача 1. Согласно теории Бора, электрон в атоме движется вокруг ядра по круговой орбите радиусом $r = 52,8$ пм. Определить магнитную индукцию B поля, создаваемого электроном в центре круговой орбиты.

Дано:

$$r = 52,8 \text{ пм} = 5,28 \cdot 10^{-11} \text{ м}$$

$B = ?$

Решение:

$$\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{Q[\vec{v}\vec{r}]}{r^3}, \quad (\vec{v}, \vec{r}) = \frac{\pi}{2}, \quad \mu = 1,$$

$$|Q| = e, \quad B = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{ev}{r^2}, \quad \frac{mv^2}{r} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{e^2}{r^2},$$

$$v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\epsilon_0 m}}, \quad B = \frac{\mu_0 e^2}{8\pi r^2 \sqrt{\pi\epsilon_0 m}}$$

Ответ: $B = 1,25 \cdot 10^{-23}$ Тл.

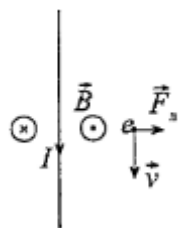
Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 1$ кВ, влетает в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению его движения. Индукция магнитного поля $B = 1,19$ мТл. Найти радиус R окружности, по которой движется электрон, период обращения T и момент импульса M электрона.
2. Найти кинетическую энергию W (в электронвольтах) протона, движущегося по дуге окружности радиусом $R = 60$ см в магнитном поле с индукцией $B = 1$ Тл.

Вариант 2.

1. Электрон, ускоренный разностью потенциалов $U = 300$ В, движется параллельно прямолинейному длинному проводу на расстоянии $a = 4$ мм от него. Какая сила F действует на электрон, если по проводнику пустить ток $I = 5$ А?



2. Протон и электрон, двигаясь с одинаковой скоростью, влетают в однородное магнитное поле. Во сколько раз радиус кривизны R_1 траектории протона больше радиуса кривизны R_2 траектории электрона?

Вариант 3.

1. Электрон влетает в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению его движения. Скорость электрона $v = 4 \cdot 10^7$ м/с. Индукция магнитного поля $B = 1$ мТл. Найти тангенциальное a_t и нормальное a_n ускорения электрона в магнитном поле.
2. Протон и α -частица влетают в однородное магнитное поле, направление которого перпендикулярно к направлению их движения. Во сколько раз период обращения T_1 протона в магнитном поле больше периода обращения T_2 α -частицы?

Вариант 4.

1. Заряженная частица движется в магнитном поле по окружности со скоростью $v = 10^6$ м/с. Индукция магнитного поля $B = 0,3$ Тл. Радиус окружности $R = 4$ см. Найти заряд q частицы, если известно, что ее энергия $W = 12$ кэВ.
2. α -частица, момент импульса которой $M = 1,33 \cdot 10^{-22}$ кг·м²/с, влетает в однородное магнитное поле, перпендикулярное к направлению ее движения. Индукция магнитного поля $B = 25$ мТл. Найти кинетическую энергию W α -частицы.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое сила Лоренца? Как определить направление действия этой силы на заряженную частицу?
2. В чем заключается практическая значимость силы Лоренца?

3. Какова траектория движения заряженной частицы под действием силы Лоренца, если угол между вектором скорости движения частица и вектором магнитной индукции $\alpha \neq \pi/2$?
4. В однородное магнитное поле под одинаковыми углами к линиям \mathbf{B} с одинаковыми скоростями влетают электрон и протон. Одновременно ли они выйдут из области поля?
5. Влияет ли движение заряженной части в магнитном поле на индукцию этого поля?
6. Чем объяснить, что кривизна траектории электрона, движущегося в магнитном поле, после прохождения сквозь металлическую фольгу увеличивается?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.3.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.10.

Практическая работа № 6. «Электромагнитная индукция».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Электромагнитная индукция»;
- закрепить умение применять закон электромагнитной индукции, формулы магнитного потока, ЭДС самоиндукции, энергии магнитного поля при решении задач.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Внимательно прочитайте условия задачи. Сделайте сокращенную запись данных и искомым физических величин, предварительно представив их в системе СИ.

Задачи на явление электромагнитной индукции рекомендуется решать по следующему **алгоритму**:

1. Установить причины изменения магнитного потока, связанного с контуром, и определить какая из величин B , S или, входящих в выражение для Φ , изменяется с течением времени.
2. Записать формулу закона электромагнитной индукции.
3. Выражение для $d\Phi$ представить в развернутом виде (Φ) и подставить в исходную формулу закона электромагнитной индукции.
4. Записать математически все вспомогательные условия.
5. Полученную систему уравнений решить относительно искомой величины.
6. Решение проверить и оценить критически.

Краткие теоретические сведения.

Закон Фарадея

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\Phi}{dt}$$

[\mathcal{E}_i – ЭДС электромагнитной индукции].

ЭДС индукции, возникающая в рамке площадью S при вращении рамки с угловой скоростью ω в однородном магнитном поле с индукцией B ,

$$\mathcal{E}_i = BS\omega \sin \omega t$$

[ωt – мгновенное значение угла между вектором \vec{B} и вектором нормали \vec{n} к плоскости рамки].

Магнитный поток, создаваемый током I в контуре,

$$\Phi = LI$$

[L – индуктивность контура].

Закон Фарадея применительно к самоиндукции

$$\mathcal{E}_s = -L \frac{dI}{dt}$$

[L – индуктивность контура].

Индуктивность соленоида

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2 S}{l}$$

[μ_0 – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды; N – число витков соленоида; l – его длина; S – площадь поперечного сечения].

ЭДС взаимной индукции

$$\mathcal{E} = -L \frac{dI}{dt}$$

[L – взаимная индуктивность контуров].

Взаимная индуктивность двух катушек (с числом витков N_1 и N_2), намотанных на общий тороидальный сердечник,

$$L = \mu_0 \mu \frac{N_1 N_2}{l} S$$

[l — длина сердечника по средней линии; S — площадь поперечного сечения сердечника].

Коэффициент трансформации

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{\mathcal{E}_2}{\mathcal{E}_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

[N , \mathcal{E} , I — число витков, ЭДС и сила тока в обмотках трансформатора соответственно].

Энергия магнитного поля, создаваемого током в замкнутом контуре индуктивностью L , по которому течет ток I ,

$$W = \frac{LI^2}{2}$$

Объемная плотность энергии однородного магнитного поля длинного соленоида

$$w = \frac{W}{V} = \frac{B^2}{2\mu_0 \mu} = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2} = \frac{BH}{2}$$

[W — энергия однородного магнитного поля; V — объем соленоида; B — магнитная индукция; H — напряженность магнитного поля].

Пример решения задачи.

Задача 1. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2$ Тл равномерно вращается катушка, содержащая $N = 600$ витков, с частотой $n = 6$ с⁻¹. Площадь S поперечного сечения катушки 100 см². Ось вращения перпендикулярна оси катушки и направлению магнитного поля. Определить максимальную ЭДС индукции вращающейся катушки.

Дано:

$$B = 0,2 \text{ Тл}$$

$$N = 600$$

$$n = 6 \text{ с}^{-1}$$

$$S = 100 \text{ см}^2 = 10^{-2} \text{ м}^2$$

$$\mathcal{E}_{i \max} = ?$$

Решение:

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{d\Phi}{dt}, \quad \Phi = BS \cos \omega t, \quad \omega = 2\pi n,$$

$$\Phi = BS \cos 2\pi n t,$$

$$\mathcal{E}_i = -NBS \cdot 2\pi n (-\sin 2\pi n t) =$$

$$= 2\pi n NBS \sin 2\pi n t,$$

$$\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{i \max} \text{ при } \sin 2\pi n t = 1,$$

$$\mathcal{E}_{i \max} = 2\pi n NBS.$$

Ответ: $\mathcal{E}_{i \max} = 45,2$ В.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Кольцо из алюминиевого провода ($\rho = 26$ нОм·м) помещено в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции. Диаметр кольца $D = 30$ см, диаметр провода $d = 2$ мм. Определить скорость изменения магнитного поля, если сила тока в кольце $I = 1$ А.

2. Трансформатор с коэффициентом трансформации $0,15$ понижает напряжение с 220 до 6 В. При этом сила тока во вторичной обмотке равна $I = 6$ А. Пренебрегая потерями энергии в первичной обмотке, определить сопротивление вторичной обмотки трансформатора.

Вариант 2.

1. В катушке длиной $l = 0,5$ м, диаметром $d = 5$ см и числом витков $N = 1500$ сила тока равномерно увеличивается на $0,2$ А за 1 с. На катушку надето кольцо из медной проволоки ($\rho = 17$ нОм·м) площадью сечения $S_k = 3$ мм². Определить силу тока в кольце.

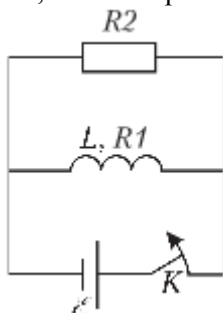
2. Соленоид без сердечника с однослойной обмоткой из проволоки диаметром $d = 0,5$ мм имеет длину $l = 0,4$ м и поперечное сечение $S = 50$ см². Какой ток течет по обмотке при напряжении $U = 10$ В, если за время $t = 0,5$ мс в обмотке выделяется количество теплоты, равное энергии поля внутри соленоида? Поле считать однородным.

Вариант 3.

1. Определить, сколько витков проволоки, вплотную прилегающих друг к другу, диаметром $d = 0,5$ мм с изоляцией ничтожной толщины надо намотать на картонный цилиндр диаметром $D = 1,5$ см, чтобы получить однослойную катушку индуктивности $L = 100$ мкГн.
2. Торойд с воздушным сердечником содержит 20 витков на 1 см. Определить объемную плотность энергии в тороиде, если по его обмотке течет ток 3 А.

Вариант 4.

1. Катушка индуктивностью $L = 1,5$ Гн и сопротивлением $R_1 = 15$ Ом и резистор сопротивлением $R_2 = 150$ Ом соединены параллельно и подключены к источнику, электродвижущая сила которого $\varepsilon = 60$ В, через ключ К (см. рисунок). Определить напряжения на зажимах катушки через $t_1 = 0,01$ с и $t_2 = 0,1$ с после размыкания цепи.



2. Соленоид длиной $l = 50$ см и площадью поперечного сечения $S = 2$ см² имеет индуктивность $L = 0,2$ мкГн. При каком токе объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида $w = 1$ мДж/м³?

Вопросы для самопроверки:

1. Какая разница между индукцией электрического поля, индукцией магнитного поля, индукцией зарядов в проводнике и индукцией электромагнитной?
2. При каком условии напряжение на концах проводника, который движется в магнитном поле не параллельно линиям индукции поля, равно ЭДС индукции?
3. Вокруг проводника с током возникло магнитное поле. Что является источником энергии этого поля?
4. Концы сложенной вдвое проволоки присоединены к гальванометру. Проволока движется, пересекая силовые линии магнитного поля, но стрелка гальванометра остается на нуле. Чем это можно объяснить?
5. Сквозь отверстие катушки падает магнит. С одинаковыми ли ускорениями он движется при замкнутой и разомкнутой обмотках катушки?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.3.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.14.

Практическая работа № 7. «Определение параметров электромагнитных колебаний».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Электромагнитные колебания и волны»;
- закрепить умения применять при решении задач формулу логарифмического декремента затухания электромагнитных колебаний, формулы реактивных индуктивного и емкостного, и полного сопротивлений и уравнения, описывающего электромагнитные колебания, для определения параметров этих колебаний.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Методы решения задач на электромагнитные колебания сходны с методами решения задач на механические колебания. В основе этого сходства лежит одинаковая структура уравнений, описывающих оба этих вида колебаний. Формулы, характеризующие свободные электромагнитные колебания, аналогичны формулам для свободных механических колебаний.

Если в формуле $I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$, выражающей связь между амплитудами тока и ЭДС при вынужденных колебаниях в контуре, заменить амплитудные значения I_0 , ε_0 их действующими значениями I_d , ε_d по формулам $I_d = I_0/\sqrt{2}$, $\varepsilon_d = \varepsilon_0/\sqrt{2}$, то получим закон Ома для цепи переменного тока

$$I_d = \varepsilon_d / Z, \text{ где } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2},$$

– полное (действующее) сопротивление цепи. Оно состоит из сопротивлений омического R , индуктивного ωL и емкостного $1/\omega C$. Обратите внимание: отсутствие в цепи переменного тока конденсатора означает отсутствие емкостного сопротивления, т.е. $1/\omega C = 0$, следовательно, $C = \infty$.

Краткие теоретические сведения.

При свободных колебаниях в контуре, содержащем конденсатор емкостью C , катушку индуктивностью L и резистор с омическим сопротивлением R , соединенных последовательно, заряд на обкладках конденсатора изменяется во времени по закону

$$q = q_0 e^{-\beta t} \sin(\omega t + \varphi_0),$$

где $q_0 e^{-\beta t}$ — амплитуда затухающих колебаний; β — коэффициент затухания; ω — циклическая частота; q_0 , φ_0 — начальные амплитуда и фаза (определяются из начальных условий). Величины β , ω выражаются через параметры контура R , L , C формулами:

$$\beta = R/2L,$$

$$\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2} = \sqrt{1/LC - R^2/4L^2};$$

здесь

$$\omega_0 = \sqrt{1/LC}$$

— циклическая частота свободных незатухающих колебаний, которые устанавливаются в контуре при условии $R \rightarrow 0$.

Логарифмический декремент затухания

$$\lambda = \ln(a_1/a_2) = \beta T,$$

где a_1 , a_2 — амплитудные значения в двух последовательных колебаниях любой из величин q , U , I (U — напряжение на конденсаторе. I — сила тока в колебательном контуре); T — период колебаний

Добротность колебательного контура Q связана с логарифмическим декрементом затухания:

$$Q = \pi/\lambda.$$

Если в колебательном контуре, состоящем из последовательно соединенных конденсатора емкостью C , катушки индуктивностью L и резистора с омическим

сопротивлением R , действует периодическая э. д. с. $\mathcal{E} = \mathcal{E}_0 \sin \omega t$, то в такой цепи установятся вынужденные колебания тока той же частоты ω :

$$I = I_0 \sin (\omega t - \varphi);$$

при этом величины I_0 , φ выражаются формулами:

$$I_0 = \frac{\mathcal{E}_0}{\sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}},$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{L\omega - 1/C\omega}{R}.$$

Амплитуда тока I_0 при вынужденных колебаниях достигает максимального значения (явление резонанса), если частота ω вынужденных колебаний совпадает с частотой ω_0 свободных незатухающих колебаний. Таким образом, резонансная частота

$$\omega_{\text{рез}} = \omega_0 = \sqrt{1/LC}.$$

В цепи переменного синусоидального тока действующие (эффективные) значения силы тока I_d и э. д. с. \mathcal{E}_d связаны с их амплитудными значениями I_0 , \mathcal{E}_0 соотношениями:

$$I_d = I_0/\sqrt{2}; \quad \mathcal{E}_d = \mathcal{E}_0/\sqrt{2}.$$

Пример решения задачи.

Задача 1. При возбуждении собственных колебаний сила тока в колебательном контуре изменяется согласно уравнению $I = -0,1 \sin (10^3 \pi t)$, А. Максимальная энергия магнитного поля равна 10^{-2} Дж. Найдите амплитуду напряжения на конденсаторе.

Дано: $I = -0,1 \sin (10^3 \pi t)$, А; $W_{Lm} = 10^{-2}$ Дж.

$U_{Cm} - ?$

Решение. Искомая амплитуда определяет максимальную энергию электрического поля, которая равна максимальной энергии магнитного поля:

$$\frac{CU_{Cm}^2}{2} = W_{Lm}, \quad U_{Cm} = \sqrt{\frac{2W_{Lm}}{C}},$$

где C — емкость конденсатора, а W_{Lm} определяется выражением

$$W_{Lm} = \frac{LI_m^2}{2}.$$

где, по условию, $I_m = 0,1$ А. Неизвестные индуктивность L и емкость C определяют собственную частоту контура, которая следует из уравнения для тока: $\omega_0 = 10^3 \pi$. Имеем

$$\omega_0 = \frac{1}{LC}, \quad C = \frac{1}{\omega_0^2 L}, \quad L = \frac{2W_{Lm}}{I_m^2}.$$

Таким образом,

$$U_{Cm} = \sqrt{\frac{2W_{Lm} \cdot 2W_{Lm} \cdot \omega_0^2}{I_m^2}} = \frac{2W_{Lm} \omega_0}{I_m}.$$

Подставляя данные, получим $U_{Cm} = 628$ В.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 0,1$ Гн и конденсатора электроемкостью $C = 39,5$ мкФ. Заряд конденсатора $Q_m = 3$ мкКл. Пренебрегая сопротивлением контура, записать: 1) уравнение изменения силы тока в цепи в зависимости от времени; 2) уравнение изменения напряжения на конденсаторе в зависимости от времени.
2. Колебательный контур состоит из конденсатора электроемкостью $C = 0,2$ мкФ и катушки с индуктивностью $L = 5,07$ мГн. При каком логарифмическом декременте затухания разность потенциалов на обкладках конденсатора за время $t = 1$ мс уменьшится в три раза? Каково при этом сопротивление контура?

Вариант 2.

1. Колебательный контур состоит из катушки индуктивностью $L = 25$ мГн, конденсатора электроемкостью $C = 10$ мкФ и резистора сопротивлением $R = 1$ Ом. Заряд конденсатора $Q_m = 1$ мКл. Определить: 1) период колебаний контура; 2) логарифмический декремент затухания

колебаний; 3) уравнение зависимости изменения напряжения на пластинах конденсатора от времени.

2. Колебательный контур имеет емкость $C = 1,1$ нФ и индуктивность $L = 5$ мГн. Логарифмический декремент затухания равен 0,005. За какое время вследствие затухания потеряется 99 % энергии контура?

Вариант 3.

1. Уравнение изменения со временем разности потенциалов на обкладках конденсатора в колебательном контуре имеет вид $U = 50 \cos 10^4 \pi t$, В. Емкость конденсатора $C = 0,1$ мкФ. Найти период T колебаний, индуктивность L контура, закон изменения со временем t тока I в цепи.

2. Определить логарифмический декремент затухания, при котором энергия колебательного контура за $N = 5$ полных колебаний уменьшится в $n = 8$ раз.

Вариант 4.

1. Уравнение изменения со временем тока в колебательном контуре имеет вид $I = -0,02 \sin 400 \pi t$, А. Индуктивность контура $L = 1$ Гн. Найти период колебаний T , емкость C контура, максимальную энергию магнитного поля и максимальную энергию электрического поля.

2. Колебательный контур состоит из конденсатора емкостью $C = 405$ нФ, катушки с индуктивностью $L = 10$ мГн и сопротивления $R = 2$ Ом. Во сколько раз уменьшится разность потенциалов на обкладках конденсатора за один период колебания?

Вопросы для самопроверки:

1. Почему со временем прекращаются электромагнитные колебания в закрытом колебательном контуре?
2. Начертите схему открытого колебательного контура и объясните, какую роль играют в нем антенна и заземление?
3. От каких параметров колебательного контура зависит циклическая частота свободных незатухающих колебаний, установившихся в контуре при условии $R \rightarrow 0$?
4. Запишите формулу логарифмического декремента затухания? От каких величин он зависит?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.4.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.16.

Практическая работа № 8. «Волновая оптика».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Волновая оптика»;
- закрепить умения применять формулы абсолютного показателя преломления, законов отражения и преломления света, формулы тонкой линзы; формулы скорости света в среде, оптической длины пути, разности фаз двух когерентных волн, условий интерференционных максимумов и минимумов, ширины интерференционной полосы, радиусов колец Ньютона; формулы дифракционных максимумов и минимумов, периода дифракционной решетки; закона Бугера и эффекта Доплера; формулы степени поляризации света, законов Малюса и Брюстера, формулы оптической разности хода, угла поворота плоскости поляризации при решении задач.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Задачи на волновые свойства света рекомендуется решать по следующему алгоритму:

1. Внимательно прочитать задачу. Установить в общих чертах условия задачи и каким физическим законам они отвечают.
2. Сделать краткую запись условия задачи. Все данные задачи выразить в единицах системы СИ.
3. Сделать чертеж, схему или рисунок, поясняющие условие задачи. Указать на чертеже все данные и искомые величины задачи.
4. Написать уравнение или систему уравнений, отображающих происходящий в условии задачи физический процесс. При необходимости векторные уравнения записать в проекциях на оси координат.
5. Используя условия задачи и чертеж, преобразовать исходные равенства так, чтобы в конечном виде в них входили лишь упомянутые в условиях задачи величины и табличные данные.
6. Решить задачу, получив окончательную формулу в буквенном виде. Проверить размерность полученного равенства и, если она совпадает, подставить в нее исходные данные и произвести вычисления.
7. Проанализировать полученный результат и записать окончательный ответ.

Краткие теоретические сведения.

Элементы геометрической оптики

Абсолютный показатель преломления

$$n = \frac{c}{v}$$

[c — скорость электромагнитных волн в вакууме; v — фазовая скорость электромагнитных волн в среде].

Показатель преломления второй среды относительно первой (относительный показатель преломления)

$$n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

[n_1 и n_2 — абсолютные показатели преломления первой и второй сред].

Закон отражения света

$$i'_1 = i_1.$$

Закон преломления света

$$\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}$$

[i_1 — угол падения; i_1' — угол отражения; i_2 — угол преломления; n_{21} — показатель преломления второй среды относительно первой; n_1 и n_2 — абсолютные показатели преломления первой и второй сред].

Оптическая сила тонкой линзы

$$\Phi = \frac{1}{f} = (N - 1) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right)$$

[f — фокусное расстояние линзы; $N = n/n_1$ — относительный показатель преломления (n и n_1 — соответственно абсолютные показатели преломления линзы и окружающей среды); R_1 и R_2 — радиусы кривизны поверхностей линзы ($R > 0$ для выпуклой поверхности, $R < 0$ для вогнутой)].

Формула тонкой линзы

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

[f — фокусное расстояние линзы; a — расстояние от линзы до предмета; b — расстояние от линзы до изображения предмета].

Интерференция света

Скорость света в среде

$$v = \frac{c}{n}$$

[c — скорость распространения света в вакууме; n — абсолютный показатель преломления среды].

Оптическая длина пути

$$L = ns$$

[s — геометрическая длина пути световой волны в среде; n — показатель преломления этой среды].

Оптическая разность хода двух световых волн

$$\Delta = L_2 - L_1$$

[L_1 и L_2 — соответственно оптические длины путей, проходимых волнами].

Разность фаз двух когерентных волн

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda_0} \Delta$$

[λ_0 — длина волны в вакууме; Δ — оптическая разность хода двух световых волн].

Условие интерференционных максимумов

$$\Delta = \pm m \lambda_0$$

[$m = 0, 1, 2, \dots$; λ_0 — длина волны в вакууме].

Условие интерференционных минимумов

$$\Delta = \pm (2m + 1) \frac{\lambda_0}{2}$$

[$m = 0, 1, 2, \dots$; λ_0 — длина волны в вакууме].

Ширина интерференционной полосы

$$b = \frac{l}{d} \lambda_0$$

[d — расстояние между двумя когерентными источниками, находящимися на расстоянии l от экрана ($l \gg d$)].

Условия максимумов и минимумов при интерференции света, отраженного от верхней и нижней поверхностей тонкой плоскопараллельной пленки, находящейся в воздухе ($n_0 = 1$),

$$2dn \cos r \pm \frac{\lambda_0}{2} = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2} = m\lambda_0,$$

$$2dn \cos r \pm \frac{\lambda_0}{2} = 2d\sqrt{n^2 - \sin^2 i} \pm \frac{\lambda_0}{2} = (2m+1)\frac{\lambda_0}{2}$$

[d — толщина пленки; n — ее показатель преломления; i — угол падения; r — угол преломления; $m = 0, 1, 2, \dots$].

В общем случае слагаемое $\pm \frac{\lambda_0}{2}$ обусловлено потерей полуволны при отражении света от границы раздела].

Радиусы светлых колец Ньютона в отраженном свете (или темных в проходящем свете)

$$r_m = \sqrt{\left(m - \frac{1}{2}\right)\lambda_0 R}$$

[$m = 1, 2, 3, \dots$ — номер кольца; R — радиус кривизны линзы; λ_0 — длина волны в вакууме].

Радиусы темных колец Ньютона в отраженном свете (или светлых в проходящем свете)

$$r'_m = \sqrt{m\lambda_0 R}$$

[$m = 0, 1, 2, \dots$ — номер кольца; R — радиус кривизны линзы; λ_0 — длина волны в вакууме].

В случае просветления оптики интерферирующие лучи в отраженном свете гасят друг друга при условии

$$n = \sqrt{n_c}, \quad nd = (2m+1)\frac{\lambda_0}{4}$$

[n_c — показатель преломления стекла; n — показатель преломления пленки; nd — оптическая толщина пленки; $m = 0, 1, 2, \dots$; λ_0 — длина волны в вакууме].

Дифракция света

Радиус внешней границы m -й зоны Френеля для сферической волны

$$r_m = \sqrt{\frac{ab}{a+b} m\lambda}$$

[m — номер зоны Френеля; λ — длина волны; a и b — соответственно расстояния диафрагмы с круглым отверстием от точечного источника и от экрана, на котором дифракционная картина наблюдается].

Условия дифракционных максимумов и минимумов от одной щели, на которую свет падает нормально

$$a \sin \varphi = \pm (2m+1)\frac{\lambda}{2}, \quad a \sin \varphi = \pm 2m\frac{\lambda}{2} \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

[a — ширина щели; φ — угол дифракции; m — порядок спектра; λ — длина волны].

Постоянная (период) дифракционной решетки

$$d = a + b, \quad d = \frac{1}{N_0}$$

[a — ширина каждой щели решетки; b — ширина непрозрачных участков между щелями; N_0 — число щелей, приходящихся на единицу длины дифракционной решетки].

Условия главных максимумов и дополнительных минимумов дифракционной решетки, на которую свет падает нормально

$$d \sin \varphi = \pm 2m\frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots);$$

$$d \sin \varphi = \pm m'\frac{\lambda}{N} \quad (m' = 1, 2, 3, \dots, \text{ кроме } 0, N, 2N, \dots)$$

[d — период дифракционной решетки; N — число штрихов решетки].

Формула Вульфа – Брэгга (условие дифракционных максимумов от пространственной дифракционной решетки)

$$2d \sin \vartheta = m\lambda \quad (m = 1, 2, 3, \dots)$$

[d – расстояние между атомными плоскостями кристалла; ϑ – угол скольжения; λ – длина волны рентгеновского излучения].

Угловая дисперсия дифракционной решетки

$$D_{\varphi} = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = \frac{m}{d \cos \varphi}$$

[φ – угол дифракции; m – порядок спектра; d – период решетки].

Разрешающая способность спектрального прибора

$$R = \frac{\lambda}{\delta\lambda}$$

[$\delta\lambda$ – минимальная разность длин волн двух соседних спектральных линий, при которой эти линии регистрируются отдельно].

Разрешающая способность дифракционной решетки

$$R_{\text{диф. реш.}} = mN$$

[m – порядок спектра; N – общее число штрихов решетки].

Дисперсия света

Связь между углом φ отклонения лучей призмой и преломляющим углом A призмы

$$\varphi = A(n - 1)$$

[n – показатель преломления призмы].

Уравнение вынужденных колебаний оптического электрона под действием электрической составляющей поля электромагнитной волны (простейшая задача дисперсии)

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \frac{eE_0}{m} \cos \omega t$$

[eE_0 – амплитудное значение силы, действующей на электрон со стороны поля волны; ω_0 – собственная частота колебаний электрона; ω – частота внешнего поля; m, e – масса и заряд электрона].

Зависимость показателя преломления вещества n от частоты ω внешнего поля, согласно элементарной электронной теории дисперсии,

$$n^2 = 1 + \frac{n_{0i}}{\epsilon_0} \sum \frac{e^2/m}{\omega_{0i}^2 - \omega^2}$$

[ϵ_0 – электрическая постоянная; n_{0i} – концентрация электронов; m – масса электрона; e – заряд электрона].

Закон Бугера (закон ослабления интенсивности света в веществе)

$$I = I_0 e^{-\alpha x}$$

[I_0 и I – интенсивности плоской монохроматической световой волны соответственно на выходе слоя поглощающего вещества толщиной x ; α – коэффициент поглощения].

Эффект Доплера для электромагнитных волн в вакууме

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - v^2/c^2}}{1 + (v/c) \cos \theta}$$

[ν_0 и ν – соответственно частоты электромагнитного излучения, испускаемого источником и воспринимаемого приемником; v – скорость источника электромагнитного излучения относительно приемника; c – скорость света в вакууме; θ – угол между вектором скорости v и направлением наблюдения, измеряемый в системе отсчета, связанной с наблюдателем].

Продольный эффект Доплера ($\theta = 0$)

$$\nu = \nu_0 \frac{\sqrt{1 - v/c}}{\sqrt{1 + v/c}}$$

Поперечный эффект Доплера ($\theta = \pi/2$)

$$v = v_0 \sqrt{1 - v^2/c^2}.$$

Эффект Вавилова — Черенкова

$$\cos \vartheta = \frac{c}{nv}$$

[ϑ — угол между направлением распространения излучения и вектором скорости частицы; n — показатель преломления среды].

Поляризация света

Степень поляризации света

$$P = \frac{I_{\max} - I_{\min}}{I_{\max} + I_{\min}}$$

[I_{\max} и I_{\min} — соответственно максимальная и минимальная интенсивности частично поляризованного света, пропускаемого анализатором].

Закон Малюса

$$I = I_0 \cos^2 \alpha$$

[I и I_0 — интенсивности плоскополяризованного света, прошедшего через анализатор и падающего на анализатор, α — угол между плоскостями поляризатора и анализатора].

Закон Брюстера

$$\operatorname{tg} i_B = n_{21}$$

[i_B — угол падения, при котором отраженный от диэлектрика луч является плоскополяризованным; n_{21} — относительный показатель преломления среды].

Оптическая разность хода для кристаллической пластинки:

- в четверть длины волны

$$(n_o - n_e)d = \pm (m + \frac{1}{4})\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

- в полдлины волны

$$(n_o - n_e)d = \pm (m + \frac{1}{2})\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$$

- в целую длину волны

$$(n_o - n_e)d = \pm m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots)$$

[знак плюс соответствует отрицательным одноосным кристаллам, минус — положительным; λ — длина волны; d — толщина пластинки; n_o , n_e — соответственно показатели преломления обыкновенного и необыкновенного лучей в направлении, перпендикулярном оптической оси].

Угол поворота плоскости поляризации:

- для оптически активных кристаллов и чистых жидкостей

$$\varphi = \alpha d,$$

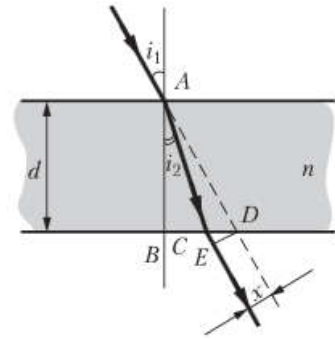
- для оптически активных растворов

$$\varphi = [\alpha] Cd$$

[d — длина пути, пройденного светом в оптически активном веществе; $\alpha_0[\alpha]$ — удельное вращение; C — массовая концентрация оптически активного вещества в растворе].

Примеры решения задач.

Задача 1. Элементы геометрической оптики. На плоскопараллельную стеклянную ($n = 1,5$) пластинку толщиной $d = 5$ см падает под углом $i_1 = 30^\circ$ луч света (см. рисунок). Определить боковое смещение луча, прошедшего сквозь эту пластинку.



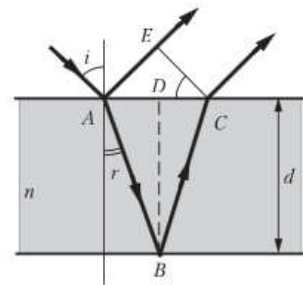
<p><i>Дано:</i> $n = 1,5$ $d = 5 \text{ см} = 5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$ $i_1 = 30^\circ$ <hr/> $x = ?$</p>	<p><i>Решение:</i></p> $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = n_{21}, \quad \sin i_2 = \frac{\sin i_1}{n}$ $x = ED = CD \sin(90^\circ - i_1),$
---	--

$$BD = \frac{d}{\operatorname{tg}(90^\circ - i_1)}, \quad BC = d \operatorname{tgi}_2,$$

$$x = \left(\frac{d}{\operatorname{tg}(90^\circ - i_1)} - d \operatorname{tgi}_2 \right) \sin(90^\circ - i_1), \quad x = d \sin i_1 \left(1 - \frac{\cos i_1}{\sqrt{n^2 - \sin^2 i_1}} \right)$$

Ответ: $x = 9,69$ мм.

Задача 2. Интерференция света. На плоскопараллельную пленку с показателем преломления $n = 1,33$ под углом $i = 45^\circ$ падает параллельный пучок белого света (см. рисунок). Определить, при какой наименьшей толщине пленки зеркально отраженный свет наиболее сильно окрасится в желтый цвет ($\lambda = 0,6$ мкм).



<p><i>Дано:</i> $n = 1,33$ $i = 45^\circ$ $\lambda = 0,6 \text{ мкм} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ <hr/> $d = ?$</p>	<p><i>Решение:</i></p> $\max: \Delta = m\lambda \quad (m = 0, 1, 2, \dots),$ $\Delta = (AC + BC)n - \left(AE - \frac{\lambda}{2} \right),$
---	---

$$AB = BC = \frac{d}{\cos r}, \quad AD = d \operatorname{tgr},$$

$$AE = 2d \operatorname{tgr} \sin i,$$

$$\Delta = \frac{2dn}{\cos r} - 2d \operatorname{tgr} \sin i + \frac{\lambda}{2}, \quad \frac{\sin i}{\sin r} = n, \quad \operatorname{tgr} = \frac{\sin r}{\cos r},$$

$$\frac{2d}{\cos r} (n - \sin r \sin i) + \frac{\lambda}{2} = \lambda \quad (m = 1),$$

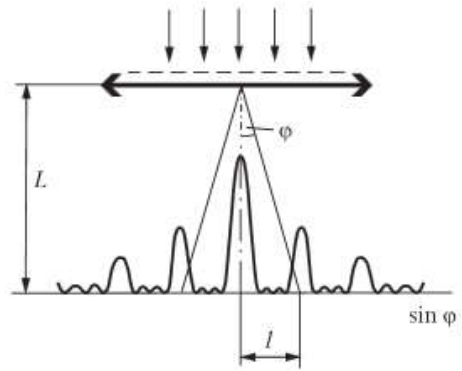
$$\frac{2d}{\cos r} \left(n - \sin^2 r \frac{\sin i}{\sin r} \right) = \frac{\lambda}{2}, \quad \frac{2dn}{\cos r} (1 - \sin^2 r) = \frac{\lambda}{2},$$

$$2dn \cos r = \frac{\lambda}{2}, \quad d = \frac{\lambda}{4n \cos r},$$

$$\cos r = \sqrt{1 - \sin^2 r} = \frac{1}{n} \sqrt{n^2 - \sin^2 i}, \quad d = \frac{\lambda}{4\sqrt{n^2 - \sin^2 i}}.$$

Ответ: $d = 133$ нм.

Задача 3. Дифракция света. На дифракционную решетку нормально к ее поверхности падает монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 550$ нм. На экран, находящийся от решетки на расстоянии $L = 2$ м, с помощью линзы, расположенной вблизи решетки, проецируется дифракционная картина, причем первый главный максимум наблюдается на расстоянии $l = 12$ см от центрального (см. рисунок). Определить: 1) период дифракционной решетки; 2) число штрихов на 1 см ее длины; 3) общее число максимумов, даваемых решеткой; 4) угол дифракции, соответствующий последнему максимуму.



Дано:

$$\lambda = 550 \text{ нм} = 5,5 \cdot 10^{-7} \text{ м}$$

$$L = 2 \text{ м}$$

$$m = 1$$

$$l = 12 \text{ см} = 0,12 \text{ м}$$

$$l' = 1 \text{ см} = 0,01 \text{ м}$$

$$1) d - ?$$

$$2) n - ?$$

$$3) N - ?$$

$$4) \varphi_{\text{max}} - ?$$

Решение:

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda \quad (\text{по условию, } m = 1),$$

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{l}{L}, \quad l \ll L, \quad \operatorname{tg} \varphi \approx \sin \varphi,$$

$$\frac{ld}{L} = m \lambda, \quad d = \frac{m \lambda L}{l}, \quad n = \frac{l'}{d},$$

$$d \sin \varphi = \pm m \lambda, \quad m_{\text{max}} \leq \frac{d}{\lambda} \quad (\sin \varphi_{\text{max}} = 1),$$

$$N = 2m_{\text{max}} + 1,$$

$$d \sin \varphi_{\text{max}} = m_{\text{max}} \lambda, \quad \varphi_{\text{max}} = \arcsin \frac{m_{\text{max}} \lambda}{d}.$$

Ответ: 1) $d = 4,58$ мкм;

$$2) n = 2,18 \cdot 10^3 \text{ см}^{-1};$$

$$3) N = 17;$$

$$4) \varphi_{\text{max}} = 73,9^\circ.$$

Задача 4. Дисперсия света. Определить концентрацию n_0 свободных электронов ионосферы, если для радиоволн с частотой $\nu = 97$ МГц ее показатель преломления $n = 0,91$.

Дано:

$$\nu = 97 \text{ МГц} = 97 \cdot 10^6 \text{ Гц}$$

$$n = 0,91$$

$$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$$

$$m = 9,11 \cdot 10^{-31} \text{ кг}$$

$$n_0 - ?$$

$$n^2 = (n^2 - 1) \frac{\varepsilon_0 E_0}{e x_{\text{max}}},$$

Решение:

$$n = \sqrt{\varepsilon \mu}, \quad \mu = 1, \quad n = \sqrt{\varepsilon}, \quad \varepsilon = 1 + \kappa,$$

$$P = \kappa \varepsilon_0 E_0, \quad P = n_0 e x_{\text{max}},$$

$$n^2 = \varepsilon = 1 + \kappa = 1 + \frac{P}{\varepsilon_0 E_0} = 1 + \frac{n_0 e}{\varepsilon_0 E_0} x_{\text{max}},$$

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = \frac{e E_0}{m} \cos \omega t, \quad \omega = 2\pi \nu, \quad x = A \cos \omega t, \quad A = \frac{e E_0}{m(\omega_0^2 - \omega^2)},$$

$$\omega_0 = 0, \quad x_{\text{max}} = A, \quad x_{\text{max}} = -\frac{e E_0}{m \omega^2},$$

$$n_0 = (1 - n^2) \frac{\varepsilon_0 E_0 m \omega^2}{e^2 E_0} = (1 - n^2) \frac{4\pi^2 \nu^2 \varepsilon_0 m}{e^2}.$$

Ответ: $n_0 = 2,01 \cdot 10^7 \text{ см}^{-3}$.

Задача 5. Поляризация света. Определить массовую концентрацию C сахарного раствора, если при прохождении света через слой раствора $l = 20$ см плоскость поляризации света поворачивается на угол $\varphi = 10^\circ$. Удельное вращение $[\alpha]$ сахара равно $1,17 \cdot 10^{-2}$ рад·м²/кг.

Дано:

$$l = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$\varphi = 10^\circ$$

$$[\alpha] = 1,17 \cdot 10^{-2} \text{ рад} \cdot \text{м}^2/\text{кг}$$

$$C - ?$$

Решение:

$$\varphi = [\alpha]Cl, \quad C = \frac{\varphi}{[\alpha]l},$$

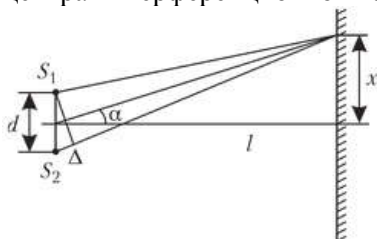
$$1^\circ = 1,75 \cdot 10^{-2} \text{ рад.}$$

Ответ: $C = 74,8 \text{ кг/м}^3$.

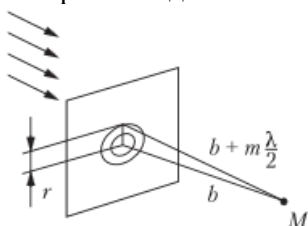
Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

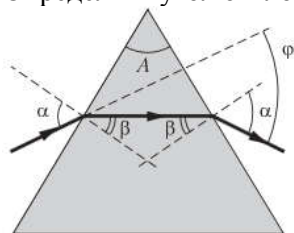
1. Предельный угол полного отражения на границе стекло-жидкость $i_{\text{пр}} = 65^\circ$. Определить показатель преломления жидкости, если показатель преломления стекла $n = 1,5$.
2. В опыте Юнга расстояние l от щелей до экрана равно 3 м (см. рисунок). Определить угловое расстояние между соседними светлыми полосами, если третья светлая полоса на экране отстоит от центра интерференционной картины на расстояние 4,5 мм.



3. Определить радиус третьей зоны Френеля для случая плоской волны. Расстояние b от волновой поверхности до точки наблюдения равно 1,5 м (см. рисунок). Длина волны $\lambda = 0,6$ мкм.



4. Луч света выходит из стеклянной призмы ($n = 1,5$) под тем же углом, что и входит в нее. Определить угол отклонения φ луча призмой, если ее преломляющий угол $A = 60^\circ$ (см. рисунок).

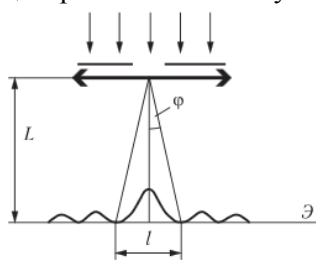


5. Определить степень поляризации P света, который представляет собой смесь естественного света с плоскополяризованным, если интенсивность поляризованного света равна интенсивности естественного.

Вариант 2.

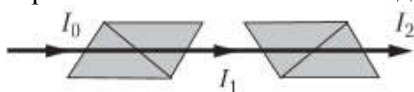
1. Необходимо изготовить плосковыпуклую линзу с оптической силой $\Phi = 4$ дптр. Определить радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если показатель преломления материала линзы равен 1,6.
2. Если в опыте Юнга на пути одного из интерферирующих лучей поместить перпендикулярно этому лучу тонкую стеклянную пластинку ($n = 1,5$), то центральная светлая полоса смещается в положение, первоначально занимаемое пятой светлой полосой. Длина волны $\lambda = 0,5$ мкм. Определить толщину пластинки.
3. На щель шириной $a = 0,1$ мм падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 500$ нм. Дифракционная картина проецируется на экран, параллельный плоскости щели, с помощью

линзы, расположенной вблизи щели (см. рисунок). Определить расстояние от экрана до линзы, если расстояние l между первыми дифракционными минимумами, расположенными по обе стороны центрального максимума, равно 1 см.



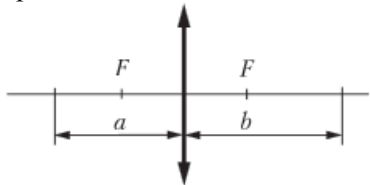
4. Свет падает нормально поочередно на две пластинки, изготовленные из одного и того же вещества, имеющие соответственно толщины $x_1 = 5$ мм и $x_2 = 10$ мм. Определить коэффициент поглощения этого вещества, если интенсивность света, прошедшего через первую пластинку, составляет 82 %, а через вторую – 67 %.

5. Определить, во сколько раз ослабится интенсивность света, прошедшего через два николя, расположенных так, что угол между их главными плоскостями $\alpha = 60^\circ$, а в каждом из николей теряется 8 % интенсивности падающего на него света (см. рисунок).

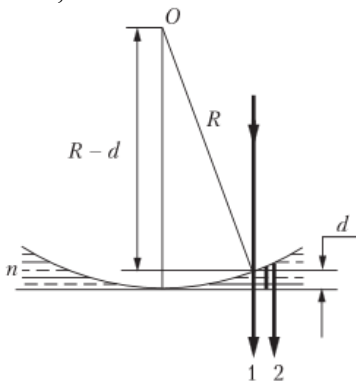


Вариант 3.

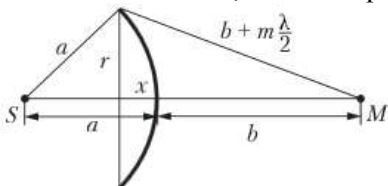
1. Определить расстояние a от двояковыпуклой линзы до предмета, при котором расстояние от предмета до действительного изображения будет минимальным (см. рисунок).



2. Установка для наблюдения колец Ньютона освещается монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 0,6$ мкм, падающим нормально (см. рисунок). Пространство между линзой и стеклянной пластинкой заполнено жидкостью, и наблюдение ведется в проходящем свете. Радиус кривизны линзы $R = 4$ м. Определить показатель преломления жидкости, если радиус второго светлого кольца $r = 1,8$ мм.



3. Точечный источник света S ($\lambda = 0,5$ мкм) расположен на расстоянии $a = 1$ м перед диафрагмой с круглым отверстием диаметра $d = 2$ мм (см. рисунок). Определить расстояние b от диафрагмы до точки наблюдения, если отверстие открывает три зоны Френеля.

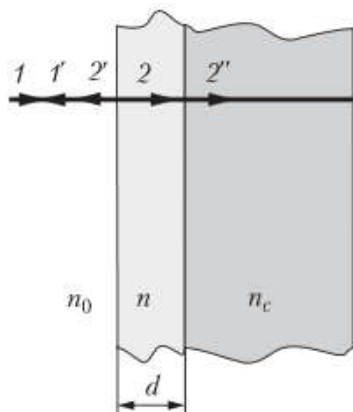


4. В спектральных линиях, излучаемых астрономическими объектами – квазарами, наблюдалось красное смещение, отвечающее трехкратному уменьшению частоты. Определить, с какой скоростью при этом должен бал бы удаляться квазар.

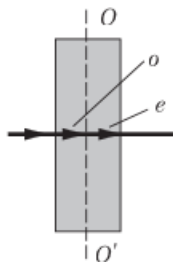
5. Предельный угол полного отражения для пучка света на границе кристалла каменной соли с воздухом равен $40,5^\circ$. Определить угол Брюстера при падении света из воздуха на поверхность этого кристалла.

Вариант 4.

1. Луч света выходит из стекла в вакуум. Предельный угол $i_{\text{пр}} = 42^\circ$. Определить скорость света в стекле.
2. Для уменьшения потерь света из-за отражения от поверхности стекла осуществляют «просветление оптики»: на свободную поверхность линз наносят тонкую пленку с показателем преломления $n = \sqrt{n_c}$. В этом случае амплитуды отраженных лучей $1'$, $2'$ (см. рисунок) от обеих поверхностей такой пленки одинаковы. Определить толщину d слоя, при которой отражение света с длиной волны λ от стекла в направлении нормали равно нулю.



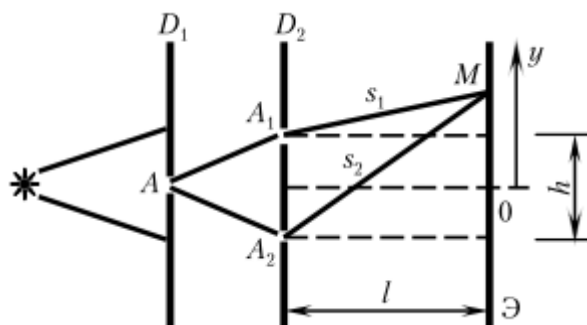
3. Дифракционная решетка длиной $l = 5$ мм может разрешить в первом порядке две спектральные линии натрия ($\lambda_1 = 589,0$ нм и $\lambda_2 = 589,6$ нм). Определить, под каким углом в спектре третьего порядка будет наблюдаться свет с $\lambda_3 = 600$ нм, падающий на решетку нормально.
4. Вывести выражение для уширения $\Delta\lambda/\lambda$ спектральных линий в случае поперечного эффекта Доплера.
5. Плоскополяризованный свет, длина волны которого в вакууме $\lambda = 589$ нм, падает на пластинку исландского шпата перпендикулярно его оптической оси OO' (см. рисунок). Принимая показатели преломления исландского шпата для обыкновенного и необыкновенного лучей соответственно $n_o = 1,66$ и $n_e = 1,49$, определить длины волн этих лучей в кристалле.



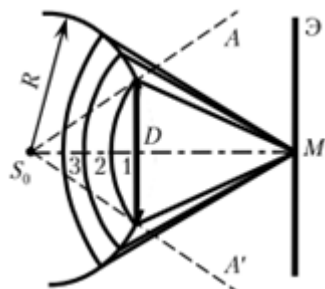
Вопросы для самопроверки:

1. Нарисуйте рисунок с границей раздела двух сред, изобразите на нем лучи: падающий, преломленный и отраженный; изобразите на рисунке углы: падения, преломления и отражения.
2. В вашей будущей профессии необходимо будет защищать информацию от несанкционированного доступа. Опишите, как злоумышленники могут использовать закон отражения для похищения информации?
3. Электронные линии передачи данных являются благоприятной средой радиопрошпионажа. Напишите, какое изобретение лежит в основе защищенных линий передачи информации; какое физическое явление используется в этих линиях?
4. Запишите формулу тонкой линзы.
5. Запишите принцип Ферма для геометрической оптики и что он означает?
6. Как зависит интенсивность результирующей волны, полученной из двух волн, сошедшихся в одной точке, от разности фаз между волнами, если разность фаз хаотически изменяется во времени?
7. Что такое цуг? Ответ сопроводить рисунком.

8. Что такое оптическая длина пути?
9. Что такое оптическая разность хода?
10. Если диафрагму D_1 (см. рис.) освещать красным светом, то на экране \mathcal{E} возникнет чередование красных и темных полос. Изменится ли картина при освещении диафрагмы дневным светом?



11. Перед диафрагмой D_2 помещена слюдяная пластинка, перекрывающая щели 1 и 2 (см. рис. к вопросу 10). В результате интерференционная картина на экране \mathcal{E} сместилась вниз по сравнению с картиной без пластинки. Чем это объяснить?
12. Какая оптика называется просветленной? Опишите, что это означает.
13. Как изменится картина на экране (см. рис.), если центральные зоны волновой поверхности закрыты диафрагмой D ?



14. Свет, прошедший через щель в диафрагме, сосредоточен в основном в центральном максимуме. Какова его угловая ширина?
15. Запишите основное условие дифракции.
16. Почему дифракция звука в повседневном опыте наблюдается гораздо чаще, чем дифракция света?
17. Опишите, оказывает ли влияние дисперсия на качество передачи информации при ее кодировании аналоговыми сигналами?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 299 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09572-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473352> (дата обращения: 21.08.2021), темы 5.1, 5.2, 6.1, 6.2.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), темы 7.1, 7.3, 7.5, 7.6, 7.9.

Итоговая практическая работа.

Цель работы:

- оценить уровень подготовки обучающихся по учебной дисциплине ЕН.03в Физика на завершающем этапе освоения.
- оценить степень сформированности у студентов естественно-научного мировоззрения, общих интеллектуальных умений, позволяющих решать конкретные физические задачи и проблемы профессиональной сферы с привлечением соответствующего математического аппарата.

Оборудование и материалы: лист бумаги, ручка, карандаш, калькулятор.

Методические указания к выполнению теста.

Для проведения итогового контроля предлагается тест (в 1-м варианте), состоящие из 60 заданий с единственным правильным ответом. Тестирование позволяет определить качество и уровень освоения учебной дисциплины ЕН.03в Физика. Тестирование рассчитано на 90 минут.

Порядок выполнения входного тестирования:

1. Внимательно прочитайте вопрос и предлагаемые варианты ответа к нему.
2. Если необходимо, выполните расчет по вопросу.
3. Выберите один правильный ответ из предложенных вариантов.
4. Запишите свой ответ в форму.

Форма для записи теста

ФИО _____ Группа _____ Номер варианта _____

№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ	№ вопроса	Ответ
1		16		31		46	
2		17		32		47	
3		18		33		48	
4		19		34		49	
5		20		35		50	
6		21		36		51	
7		22		37		52	
8		23		38		53	
9		24		39		54	
10		25		40		55	
11		26		41		56	
12		27		42		57	
13		28		43		58	
14		29		44		59	
15		30		45		60	

Итоговое тестирование

1. Как называется движение, точно или приблизительно повторяющееся через одинаковые промежутки времени, при котором тело многократно и в разных направлениях проходит положение равновесия?

- а. Вращательное.
- б. Криволинейное.
- в. Поступательное.
- г. Колебательное.

2. Колебания, совершаемые за счет первоначально сообщенной энергии при отсутствии внешних воздействий на колебательную систему, называются:

- а. Свободные колебания.
- б. Вынужденные колебания.
- в. Автоколебания.
- г. Параметрические колебания.

3. Гармоническое колебание описывается уравнением

$$x = 0,02 \cos\left(\pi t + \frac{\pi}{2}\right).$$

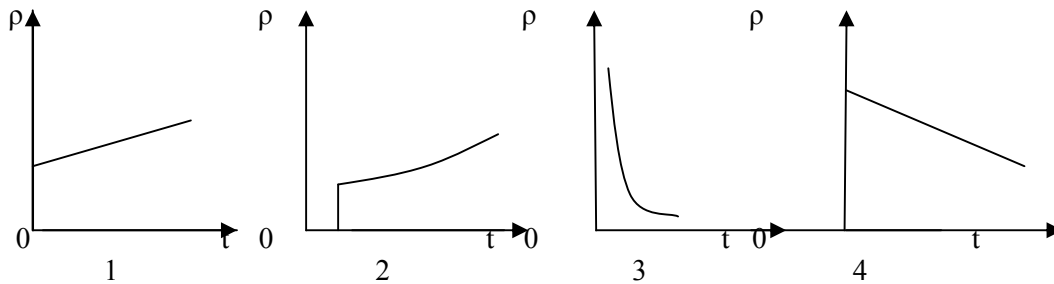
Чему равна амплитуда колебания:?

- а. πt .
- б. $0,02$.
- в. $\frac{\pi}{2}$.
- г. $0,02\cos$.
4. Как называется колебательная система, которая состоит из небольшого тяжелого шарика, подвешенного на длинной нерастяжимой невесомой нити, и колеблющаяся под действием силы тяжести?
- а. Пружинный маятник.
- б. Физический маятник.
- в. Математический маятник.
- г. Механический маятник
5. По какой формуле рассчитывается период колебаний физического маятника?
- а. $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$.
- б. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
- в. $T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$.
- г. $T = \frac{2\pi}{\omega_0}$.
6. От каких величин зависит период колебаний пружинного маятника?
- а. Длины пружины.
- б. Жесткости пружины.
- в. Массы тела, которое колеблется.
- г. Температуры тела, которое колеблется.
7. Как называются волны, в которых колебания частиц происходят в перпендикулярной плоскости к направлению распространения волн?
- а. Поперечные волны.
- б. Продольные волны.
- в. Собственные волны.
- г. Поверхностные волны.
8. Как называются волны, распространяющиеся в среде, если ее деформации, вызываемые внешними воздействиями, полностью исчезают после прекращения этих воздействий?
- а. Продольные волны.
- б. Сферические волны.
- в. Поперечные волны.
- г. Упругие волны.
9. Какие волны описываются уравнением $S = A\cos(\omega t - kx + \varphi_0)$?
- а. Уравнение упругой волны.
- б. Уравнение плоской волны.
- в. Уравнение продольной волны.
- г. Уравнение поперечной волны.
10. Как называются волны, если разность их фаз постоянна во времени, и при сложении колебаний получается колебание той же частоты?
- а. Интерферентные.
- б. Гармонические.
- в. Когерентные.
- г. Стоячими.
11. Какие характеристики звука относятся к объективным:
- а. Звуковое давление.
- б. Громкость звука.
- в. Спектр звука.
- г. Интенсивность звуковой волны.
- д. Высота тона звука.

12. Как называется изменение частоты волн, регистрируемых приемником, при движении источника волн и приемника друг относительно друга?
- Эффект Доплера-Физо.
 - Эффект Доплера.
 - Акустический резонанс.
13. Закон Кулона – это закон:
- Который определяет величину и направление силы взаимодействия.
 - Который описывает скорость потока точечного заряда.
 - Который определяет интенсивность электромагнитных взаимодействий.
14. Напряженность – это:
- Связь между входными и выходными элементами.
 - Сила, с которой электрическое поле действует на единичный положительный заряд.
 - Особая форма материи, которую создают электрические заряды.
15. Выберите формулу, определяющую потенциала электрического поля:
- $\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$.
 - $\vec{F} = k \frac{|q_1| \cdot |q_2|}{r^2}$.
 - $U = \frac{q}{C}$.
 - $\varphi = \frac{W_p}{q}$.
16. Выберите все формулы для параллельного соединения конденсаторов:
- $U = U_1 = U_2$
 - $q = q_1 = q_2$
 - $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$
 - $q = q_1 + q_2$
 - $C = C_1 + C_2$
 - $U = U_1 + U_2$
17. Скалярная физическая величина, равная отношению заряда Δq , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени Δt , к этому интервалу времени – это...
- Напряженность электрического поля
 - Сопротивление проводника
 - Сила тока
 - Напряжение на участке цепи
18. Выберите формулу, описывающую закон Ома для участка цепи:
- $I = \frac{U}{R}$
 - $IR = U + \varepsilon$.
 - $I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$.
19. При повышении температуры металлического проводника его сопротивление:
- Уменьшается.
 - Увеличивается.
 - Остается неизменным.
20. Выберите все формулы для последовательного соединения проводников:
- $I = I_1 = I_2$
 - $U = U_1 = U_2$
 - $R = R_1 + R_2$.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

- г. $I = I_1 + I_2$
 д. $U = U_1 + U_2$
21. Какими носителями электрического заряда создается электрический ток в металлах?
 а. Электронами и положительными ионами.
 б. Положительными и отрицательными ионами.
 в. Электронами и дырками.
 г. Положительными ионами, отрицательными ионами и электронами.
 д. Только электронами.
22. Каким типом проводимости обладают полупроводниковые материалы без примесей?
 а. В основном электронной.
 б. В основном дырочной.
 в. В равной мере электронной и дырочной.
 г. Ионной.
23. Каким типом проводимости обладают полупроводниковые материалы с донорными примесями?
 а. В основном электронной.
 б. В основном дырочной.
 в. В равной мере электронной и дырочной.
 г. Ионной.
24. Какой из приведенных на рисунке графиков отражает зависимость удельного сопротивления полупроводника от температуры?

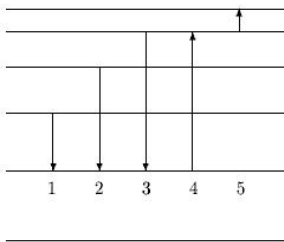


- а. 1.
 б. 2.
 в. 3.
 г. 4.
25. Магнитное поле создается...
 а. Неподвижными электрическими зарядами.
 б. Движущимися электрическими зарядами.
 в. Телами, обладающими массой.
 г. Движущимися частицами.
26. Как взаимодействуют два параллельных проводника при протекании в них тока в противоположных направлениях?
 а. Сила взаимодействия равна нулю.
 б. Проводники притягиваются.
 в. Проводники отталкиваются.
 г. Проводники поворачиваются.
27. Линии магнитного поля в пространстве вне постоянного магнита:
 а. Начинаются на северном полюсе магнита, заканчиваются на южном.
 б. Начинаются на южном полюсе магнита, заканчиваются на бесконечности.
 в. Начинаются на северном полюсе магнита, заканчиваются на бесконечности.
 г. Начинаются на южном полюсе магнита, заканчиваются на северном.
28. Участок проводника длиной 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией 50 мТл. Сила тока, протекающего по проводнику, 10 А. Какую работу совершает сила Ампера при перемещении проводника на 8 см в направлении действия силы. Проводник расположен перпендикулярно линиям магнитного поля.
 а. 0,004 Дж.

- б. 0,4 Дж.
 - в. 0,5 Дж.
 - г. 0,625 Дж
29. Магнитный поток через замкнутый виток, помещенный в однородное магнитное поле, зависит:
- а. От модуля магнитной индукции.
 - б. От размера витка.
 - в. От площади витка.
 - г. От расстояния между вектором магнитной индукции и нормалью к контуру.
 - д. От угла между вектором магнитной индукции и нормалью к контуру.
30. Как называется сила, действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля?
- а. Сила Ампера.
 - б. Центробежная сила.
 - в. Сила Лоренца.
 - г. Центростремительная сила.
31. Если величину заряда увеличить в 3 раза, а скорость заряда уменьшить в 3 раза, то сила, действующая на заряд в магнитном поле:
- а. Не изменится.
 - б. Увеличится в 9 раз.
 - в. Уменьшится в 3 раза.
 - г. Увеличится в 3 раза.
32. Магнитное поле можно назвать особым видом материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами или телами, обладающими:
- а. Электрическим моментом.
 - б. Магнитным моментом.
 - в. Электрическими волнами.
33. Какой из перечисленных процессов объясняется явлением электромагнитной индукции?
- а. Отклонение магнитной стрелки при прохождении по проводу электрического тока.
 - б. Взаимодействие проводников с током.
 - в. Появление тока в замкнутой катушке при опускании в нее постоянного магнита.
 - г. Возникновение силы, действующей на проводник с током.
34. Чем определяется величина ЭДС индукции в контуре?
- а. Магнитной индукцией в контуре.
 - б. Магнитным потоком через контур.
 - в. Электрическим сопротивлением контура.
 - г. Скоростью изменения магнитного потока.
35. От каких величин по формуле Томсона зависит период колебаний в колебательном контуре?
- а. Амплитуда.
 - б. Емкость.
 - в. Индуктивность.
 - г. Сила тока.
36. Из каких деталей состоит колебательный контур?
- а. Катушка.
 - б. Резистор.
 - в. Диод.
 - г. Конденсатор.
 - д. Аккумулятор.
37. Электромагнитные волны есть:
- а. Продольные.
 - б. Поперечные.
 - в. Затухающие.
 - г. Вихревые.
 - д. Однородные.
38. Как называется процесс изменения амплитуды высокочастотных колебаний в такт с низкочастотными колебаниями?
- а. Модуляция.
 - б. Усиление.

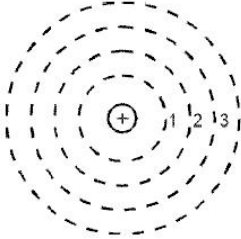
- в. Излучение.
 - г. Генерация.
 - д. Детектирование.
39. От чего не зависит показатель преломления вещества?
- а. От свойства вещества.
 - б. От длины волны.
 - в. От частоты.
 - г. От угла преломления.
 - д. От скорости света.
40. Сложение в пространстве когерентных волн, при котором образуется постоянное во времени пространственное распределение амплитуд результирующих колебаний, называется:
- а. Дисперсией.
 - б. Поляризацией.
 - в. Интерференцией.
 - г. Преломление.
41. Какие из перечисленных излучений обладают способностью к дифракции:
1) видимый свет, 2) инфракрасное излучение, 3) рентгеновские лучи, 4) радиоволны?
- а. 1 и 3.
 - б. 1 и 4.
 - в. 1 и 2.
 - г. Все.
42. Какое из нижеперечисленных явлений природы объясняется дисперсией света?
- а. "Игра цветов" на перламутровой посуде.
 - б. Радужная окраска мыльных пузырей.
 - в. Образование цветных полос на экране от луча белого света, прошедшего через узкую щель.
 - г. Радуга на небосводе после грозы.
43. Вылет электронов из вещества под действием падающего на него излучения называется:
- а. Внешним фотоэффектом.
 - б. Внутренним фотоэффектом.
 - в. Диффузия.
 - г. Конденсация.
44. Кинетическая энергия фотоэлектронов:
- а. Прямо пропорциональна длине волны.
 - б. Прямо пропорциональна частоте света.
 - в. Прямо пропорциональна интенсивности света.
 - г. Обратно пропорциональна частоте и интенсивности света.
45. Законы фотоэффекта открыл:
- а. Н. Бор.
 - б. М. Склодовская-Кюри.
 - в. А. Столетов.
 - г. А. Ампер.
46. Энергия фотона:
- а. Не зависит от длины волны света.
 - б. Не связана с длиной волны света.
 - в. Зависит от длины волны.
 - г. Не зависит от частоты света.
47. Число электронов, выбиваемых светом с поверхности металла в единицу времени:
- а. Прямо пропорционально интенсивности светового потока.
 - б. Обратно пропорционально интенсивности светового потока.
 - в. Не зависит от интенсивности светового потока.
 - г. Среди ответов нет правильного.
48. Наибольшая длина волны (или минимальная частота излучения), при которой еще можно наблюдать фотоэффект, называется:
- а. Фиолетовой границей фотоэффекта.
 - б. Красной границей фотоэффекта.
 - в. Зелёной границей фотоэффекта.
 - г. Среди ответов нет правильного.

49. Минимальная работа, которую должен совершить электрон за счёт своей кинетической энергии для того, чтобы выйти из металла, называют:
- Работа сторонних сил.
 - Работа выхода.
 - Работа входа.
 - Работа электрона.
50. Действием множества ударов потока квантов света, бомбардирующих облучаемую поверхность, объясняется:
- Газовый разряд.
 - Реакция деления ядра.
 - Кристаллизация.
 - Давление света.
51. Выражение «Каждый фотон имеет свой импульс, попадая на тело, они передают свой импульс, т. е импульс тела будет равен импульсу поглощённых фотонов. Поэтому покоящееся тело приходит в движение» объясняет причину:
- Давления света.
 - Плавления.
 - Термоядерной реакции.
 - Испарения.
52. Выражение «Энергия порции света идёт на совершение работы выхода и на сообщение электрону кинетической энергии» описывает:
- Уравнение Клапейрона – Менделеева.
 - Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
 - Закон Кулона.
 - Закон Ома для замкнутой цепи.
53. Укажите все верные утверждения. Чем больше номер стационарной боровской орбиты в атоме, тем...
- больше кинетическая энергия электрона;
 - больше потенциальная энергия электрона;
 - больше заряд электрона;
 - больше полная энергия электрона;
 - больше скорость электрона.
- 3 и 5
 - 1, 2 и 4
 - 2 и 3
 - 2 и 4
54. Из приведенных ниже утверждений укажите постулаты теории Бора.
- В атомах есть избранные стационарные орбиты, двигаясь по которым электроны не излучают свет.
 - В атомах есть избранные стационарные орбиты, двигаясь по которым электроны излучают свет.
 - Атомы излучают свет квантами при переходе с одной стационарной орбиты на другую.
 - При излучении света электроны движутся по спирали, постепенно теряя энергию и приближаясь к ядру.
- 1, 2 и 4.
 - 1 и 3.
 - 2 и 4.
 - 1, 2 и 3.
55. Какая часть атома вносит основной вклад в рассеяние альфа-частиц в опытах Резерфорда?
- Атомное ядро.
 - Отдельные протоны.
 - Отдельные электроны.
 - Электронная оболочка в целом.
56. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней некоторого атома. Какой стрелкой обозначен переход с излучением фотона наибольшей частоты?



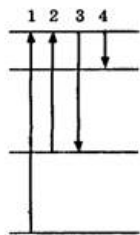
- а. 2.
- б. 4.
- в. 1.
- г. 3.

57. На рисунке изображены условные электронные орбиты атома. На каких орбитах электроны имеют наибольшую и наименьшую скорость?



- а. На 4-й наибольшую, на 1-й наименьшую.
- б. На 4-й наименьшую, на 1-й наибольшую.
- в. На 3-й наибольшую, на 2-й наименьшую.
- г. На всех орбитах имеют одинаковую скорость.

58. На рисунке представлена диаграмма энергетических уровней атома. Какой цифрой обозначен переход, соответствующий поглощению атомом фотона самой малой частоты?



- а. 1.
- б. 2.
- в. 3.
- г. 4.

59. Согласно соотношению неопределенности Гейзенберга:

- а. Для микрочастицы не существует состояний, в которых ее координаты и импульс имели бы одновременно точные значения
- б. Для микрочастицы существуют состояния, в которых ее координаты и импульс имели бы одновременно точные значения
- в. Все утверждения верны.

60. Излучение лазера: 1) когерентно; 2) не когерентно; 3) монохроматично; 4) не монохроматично; 5) направленно; 6) изотропно.

- а. 1, 4 и 5.
- б. 2, 4 и 6.
- в. 1, 3 и 5.
- г. 2, 3 и 6.

Критерии оценивания теста.

Количество правильных ответов	≤ 17	18-23	24-26	27-30
Оценка	"2"	"3"	"4"	"5"

Рекомендуемая литература к итоговой практической работе.

- 1. Конспекты лекционных материалов, составленные студентами в ходе изучения учебной дисциплины ЕН.03в Физика.

2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021).
3. 2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 299 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09572-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473352> (дата обращения: 21.08.2021).
4. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021).

Практическая подготовка

Практическая подготовка № 1. «Механические колебания и волны».

Цель работы:

- углубить и расширить теоретические знания по механическим колебаниям и волнам с целью использования их при работе в профессиональной сфере со звуковыми волнами, как основным способом передачи информации;
- закрепить умение применять формулы для периода колебаний пружинного и математического маятника, вычислять характеристики колебательного движения: период, частоту, амплитуду при решении задач.
- закрепить умение применять уравнение плоской волны, формулы длины волны, скорости распространения упругих волн в различных средах при решении задач, как бытовых, так и профессиональных.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Существует три основных подхода к решению задач по теме "Механические колебания":

1. Кинематический подход.
2. Динамический подход.
3. Энергетический подход.

Рассмотрим эти подходы к решению задач о механических колебаниях и волнах.

Кинематический подход связан с описанием колебательного движения с помощью таких характеристик, как фазовое смещение, амплитуда, скорость, период, частота. По кинематическому признаку, то есть по функциональной зависимости величин, характеризующих состояние колебательной системы от времени, колебания делятся на гармонические и не гармонические.

Надо помнить, что для нахождения таких параметров колебательного движения как период T , круговая частота, амплитудное значение колеблющейся величины A , форма записи не имеет никакого значения. Если задано значение колеблющейся величины в начальный момент времени $\varphi_0 = 0$, то форма записи закона гармонического колебания может быть выбрана произвольно (через \sin или \cos), так как найденное значение начальной фазы φ_0 будет соответствовать той или иной записи.

А вот значение колеблющейся величины, в произвольный момент времени, будет зависеть от формы записи гармонических колебаний.

Поэтому если в условии указывается начальная фаза колебаний φ_0 , то должно быть указание на тригонометрическую функцию, через которую должен быть записан закон колебаний.

Если в задачах речь идет о скорости и ускорении в произвольный момент времени, то пользуются соотношениями:

$$V = x'(t), \quad a = V'(t)$$

Динамический подход к определению характера движения колебательной системы связан с применением в качестве исходных уравнений динамики.

По динамическому признаку, то есть по взаимодействиям, изменяющим состояние колебательной системы и сил, проявляющихся при этом, различают: собственные, свободные, вынужденные колебания.

Колебания, возникающие в системе под действием внутренних сил, называться **свободными**;

Колебания, совершаемые телами под действием внешних периодически изменяющихся сил, называться **вынужденными**.

Условия возникновения свободных колебаний:

- при выведении тела из положения равновесия в системе должна возникнуть сила, стремящаяся вернуть его в положение равновесия;

- силы трения в системе должны быть достаточно малы.

Отдельным классом выделяются задачи о математических маятниках: решение уравнения движения маятника, нахождение собственной частоты маятника.

Особо выделяются задачи о математических маятниках, требующие понимания формулы

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

. Формула применима лишь в тех случаях, когда точка подвеса маятника находится в состоянии статического равновесия относительно Земли. Если точка подвеса движется относительно Земли с каким-то ускорением $a_{\text{тп}}$, то сила натяжения сообщает маятнику, находящемуся в состоянии равновесия ускорение: $a = g + a_{\text{тп}}$.

Находя известными методами модуль ускорения a , и подставляя его значение в формулу периода колебаний математического маятника (вместо g), получим формулу для периода T с учетом ускорения точки подвеса.

Так же в отдельный класс зада выделяют задачи о пружинном маятнике: решение уравнения движения пружинного маятника, нахождение собственной частоты пружинного маятника, периода колебаний, определение положения равновесия и т.д.

При использовании соотношения $F = -kx$ (квазиупругая сила), требуется выражение k через те или иные величины, характеризующие заданную колебательную систему.

В некоторых задачах именно нахождение явного выражения k представляет основную сложность.

Энергетический подход к изучению колебательного движения основан на использовании закона сохранения и превращения энергии.

По энергетическому признаку, то есть по характеру превращения энергии в колебательных системах колебания можно классифицировать как затухающие и незатухающие.

Выделяются задачи на: превращение энергии при гармонических колебательных движениях, описание колебаний, энергия которых уменьшается с течением времени за счет действия сил сопротивления, явление резонанса.

Алгоритм решения задач на расчёт колебательного движения.

Задачи на расчёт колебательного движения условно можно разделить на 3 группы:

1. Задачи, решение которых основано на общих уравнениях гармонических колебаний.
2. Задачи на расчёт периода колебаний пружинного и математического маятников.
3. Задачи на расчёт характеристик упругих волн.

Задачи, решение которых основано на общих уравнениях гармонических колебаний:

1. Записать уравнение гармонических колебаний.
2. Определить начальную фазу колебаний, используя условие задачи, и выразить, если это необходимо, циклическую частоту колебаний ω через частоту ν или период колебаний T .
3. Определить мгновенные значения скорости и ускорения точки, совершающей гармонические колебания.
4. Если необходимо, использовать закон сохранения механической энергии.
5. Решить полученные уравнения относительно неизвестных.
6. Сделать числовой расчёт и проверить размерность искомой величины.

Задачи на расчёт периода колебаний пружинного и математического маятников:

1. Выяснить, чему равно ускорение точки подвеса математического маятника. Если $a = 0$, то

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

период колебаний определяется по формуле . Для пружинного маятника

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$$

2. Если необходимо, то записать формулы, связывающие период колебаний T с частотой ν или циклической частотой колебаний ω .
3. Решить полученные уравнения.
4. Сделать числовой расчёт и проверить размерность искомой величины.

Задачи на расчёт характеристик упругих волн: решение этих задач предполагает использование уравнения плоской волны, формулы для расчёта длины волны, формул скорости распространения упругих волн в различных средах.

Краткие теоретические сведения

Уравнение гармонических колебаний

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

[x — смещение колеблющейся точки от положения равновесия; A — амплитуда колебаний; $\omega_0 = 2\pi/T = 2\pi\nu$ — круговая (циклическая) частота; $\nu = 1/T$ — частота; T — период колебаний; φ_0 — начальная фаза].

Скорость и ускорение точки, совершающей гармонические колебания,

$$v = \frac{dx}{dt} = -A\omega_0 \sin(\omega_0 t + \varphi) = A\omega_0 \cos(\omega_0 t + \varphi + \pi/2),$$

$$a = \frac{dv}{dt} = -A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \varphi) = A\omega_0^2 \cos(\omega_0 t + \pi + \varphi)$$

[A — амплитуда колебаний; ω_0 — круговая частота; φ — начальная фаза].

Сила, действующая на колеблющуюся материальную точку массой m ,

$$F = -m\omega_0^2 x$$

[ω_0 — круговая частота; x — смещение точки из положения равновесия].

Кинетическая энергия точки, совершающей прямолинейные гармонические колебания,

$$T = \frac{mv^2}{2} = \frac{mA^2\omega_0^2}{2} \sin^2(\omega_0 t + \varphi) = \frac{mA^2\omega_0^2}{4} [1 - \cos 2(\omega_0 t + \varphi)]$$

[m — масса материальной точки; v — ее скорость; A — амплитуда колебаний; ω_0 — круговая частота; φ — начальная фаза].

Потенциальная энергия точки, совершающей гармонические колебания под действием упругой силы F ,

$$\begin{aligned} \Pi &= -\int_0^x F dx = \int_0^x m\omega_0^2 x dx = \frac{m\omega_0^2 x^2}{2} = \frac{mA\omega_0^2}{2} \cos^2(\omega_0 t + \varphi) = \\ &= \frac{mA^2\omega_0^2}{4} [1 + \cos 2(\omega_0 t + \varphi)] \end{aligned}$$

[m — масса материальной точки; ω_0 — круговая частота; x — смещение точки от положения равновесия; A — амплитуда колебаний; φ — начальная фаза].

Механическая энергия

$$E = T + \Pi = \frac{mA^2\omega_0^2}{2}.$$

Дифференциальное уравнение гармонических колебаний материальной точки массой m

$$\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0 \quad \text{или} \quad \ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$$

[x — смещение материальной точки из положения равновесия; k — упругость; ω_0 — циклическая частота].

Решение этого уравнения

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

[A — амплитуда колебаний; φ — начальная фаза].

Период колебаний математического маятника

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

[l — длина маятника; g — ускорение свободного падения].

Период колебаний пружинного маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

[m — масса пружинного маятника; k — жесткость пружины].

Период колебаний физического маятника

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}} = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

[J — момент инерции маятника относительно оси колебаний; l — расстояние между точкой подвеса и центром масс маятника; $L = J/(ml)$ — приведенная длина физического маятника; g — ускорение свободного падения].

Амплитуда A результирующего колебания, получающегося при сложении двух гармонических колебаний одинакового направления и одинаковой частоты,

$$A^2 = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2 \cos(\varphi_2 - \varphi_1).$$

Начальная фаза результирующего колебания

$$\operatorname{tg}\varphi = \frac{A_1 \sin \varphi_1 + A_2 \sin \varphi_2}{A_1 \cos \varphi_1 + A_2 \cos \varphi_2}$$

[A_1 и A_2 — амплитуды двух складываемых колебаний; φ_1 и φ_2 — начальные фазы колебаний].

Период биений

$$T_6 = \frac{2\pi}{\Delta\omega}$$

[$\Delta\omega$ — разность частот складываемых колебаний, $\Delta\omega \ll \omega$].

Уравнение траектории движения точки, участвующей в двух взаимно перпендикулярных колебаниях одинаковой частоты (уравнение эллипса, ориентированного относительно координатных осей произвольно),

$$\frac{x^2}{A^2} - \frac{2xy}{AB} \cos \varphi + \frac{y^2}{B^2} = \sin^2 \varphi$$

[A и B — амплитуды складываемых колебаний; φ — разность фаз обоих колебаний].

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний и его решение

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0, \quad x = A_0 e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

[x — смещение колеблющегося тела из положения равновесия;

$\delta = \frac{r}{2m}$ — коэффициент затухания; $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m}}$ — собственная частота

той же колебательной систем; $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}$ — частота затухающих колебаний; $A_0 e^{-\delta t}$ — амплитуда затухающих колебаний].

Декремент затухания

$$\frac{A(t)}{A(t+T)} = e^{\delta T}$$

[$A(t)$ и $A(t+T)$ — амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующих моментам времени, отличающимся на период].

Логарифмический декремент затухания

$$\Theta = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T = \frac{T}{\tau} = \frac{1}{N_e}$$

[$A(t)$ и $A(t+T)$ — амплитуды двух последовательных колебаний, соответствующих моментам времени, отличающимся на период; δ — коэффициент затухания; T — период затухающих колебаний; τ — время релаксации; N_e — число колебаний, совершаемых за время амплитуды в e раз].

Добротность колебательной системы

$$Q = \frac{\pi}{\Theta} = \frac{\omega_0}{2\delta}$$

[Θ — логарифмический декремент затухания; ω_0 — циклическая частота свободных незатухающих колебаний той же колебательной системы; δ — коэффициент затухания].

Дифференциальное уравнение вынужденных механических колебаний и его решение для установившихся колебаний

$$\ddot{x} + 2\delta\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t, \quad x = A \cos(\omega t - \varphi)$$

[x — смещение колеблющегося тела из положения равновесия; F_0 — амплитуда вынуждающей силы; m — масса тела];

$$A = \frac{F_0 / m}{\sqrt{(\omega_0^2 - \omega^2)^2 + 4\delta^2 \omega^2}}, \quad \varphi = \arctg \frac{2\delta\omega}{\omega_0^2 - \omega^2}$$

[ω_0 — собственная частота той же колебательной системы; ω — частота внешней вынуждающей силы; δ — коэффициент затухания].

Резонансная частота и резонансная амплитуда

$$\omega_{\text{рез}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2}, \quad A_{\text{рез}} = \frac{F_0/m}{2\delta\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$$

[ω_0 — собственная частота колебательной системы; δ — коэффициент затухания; F_0 — амплитуда внешней вынуждающей силы; m — масса тела].

Связь между длиной волны λ , периодом T колебаний и частотой ν

$$\lambda = \nu T, \quad \nu = \lambda \nu$$

[ν — скорость распространения колебаний в среде (фазовая скорость)].

Волновое число

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\nu T} = \frac{\omega}{\nu}$$

[λ — длина волны; ν — фазовая скорость; T — период колебаний].

Уравнение плоской волны, распространяющейся вдоль положительного направления оси X ,

$$\xi(x, t) = A \cos(\omega t - kx + \varphi_0)$$

[$\xi(x, t)$ — смещение точек среды с координатой x в момент времени t ; A — амплитуда волны; ω — циклическая (круговая) частота; k — волновое число, φ_0 — начальная фаза колебаний].

Уравнение сферической волны

$$\xi(r, t) = \frac{A_0}{r} \cos(\omega t - kr + \varphi_0)$$

[$\xi(r, t)$ — смещение точек среды на расстоянии r от центра волны в момент времени t ; A_0 — постоянная величина; ω — циклическая частота; k — волновое число; φ_0 — начальная фаза колебаний].

Волновое уравнение

$$\Delta \xi = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

[$\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ — оператор Лапласа; v — фазовая скорость].

Волновое уравнение для плоской волны, распространяющейся вдоль оси X ,

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2}$$

Фазовая (v) и групповая (u) скорости и связь между ним

$$v = \frac{\omega}{k}, \quad u = \frac{d\omega}{dk}, \quad u = v - \lambda \frac{dv}{d\lambda}$$

[ω — циклическая частота; k — волновое число; λ — длина волны].

Связь между разностью фаз δ и разностью хода волн Δ :

$$\delta = \frac{2\pi}{\lambda} \Delta$$

Условия максимума и минимума амплитуды при интерференции волн

$$\Delta_{\max} = \pm 2m \frac{\lambda}{2}, \quad \Delta_{\min} = \pm (2m+1) \frac{\lambda}{2}$$

[$m = 0, 1, 2, \dots$; λ — длина волны].

Уравнение стоячей волны

$$\xi(x, t) = 2A \cos \frac{2\pi}{\lambda} x \cos \omega t = 2A \cos kx \cos \omega t.$$

Координаты пучностей и узлов стоячей волны

$$x_n = \pm m \frac{\lambda}{2}, \quad x_y = \pm \left(m + \frac{1}{2}\right) \frac{\lambda}{2} \quad (m = 0, 1, 2, \dots).$$

Эффект Доплера в акустике

$$\nu = \frac{(v \pm v_{\text{пр}})\nu_0}{v \mp v_{\text{ист}}}$$

[ν — частота звука, воспринимаемая движущимся приемником; ν_0 — частота звука, посылаемая источником; $v_{\text{пр}}$ — скорость движения приемника; $v_{\text{ист}}$ — скорость движения источника; v — скорость распространения звука. Верхний знак берется, если при движении источника или приемника происходит их сближение, нижний знак — в случае их взаимного удаления].

Примеры решения задач.

Задача 1. Механические колебания.

Материальная точка совершает гармонические колебания с амплитудой $A = 4$ см и периодом $T = 2$ с. Написать уравнение движения точки, если ее движение начинается из положения $x_0 = 2$ см.

Дано:

$$A = 4 \text{ см} = 4 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$$T = 2 \text{ с}$$

$$x_0 = 2 \text{ см} = 2 \cdot 10^{-2} \text{ м}$$

$x(t) = ?$

$$x = 0,04 \cos \left(\pi t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ м.}$$

Решение:

$$x = A \cos(\omega_0 t + \varphi), \quad t = 0, \quad x_0 = A \cos \varphi,$$

$$\cos \varphi = \frac{x_0}{A} = 0,5, \quad \varphi = \frac{\pi}{3}, \quad \varphi_0 = \frac{2\pi}{T} = \frac{2\pi}{2} = \pi.$$

$$\text{Ответ: } x(t) = 0,04 \cos \left(\pi t + \frac{\pi}{3} \right) \text{ м.}$$

Задача 2. Механические волны.

Плоская синусоидальная волна распространяется вдоль прямой, совпадающей с положительным направлением оси X в среде, не поглощающей энергию, со скоростью $v = 10$ м/с. Две точки, находящиеся на этой прямой на расстояниях $x_1 = 7$ м и $x_2 = 10$ м от источника колебаний, колеблются с разностью фаз $\Delta\varphi = 3\pi/5$. Амплитуда волны $A = 5$ см. Определить: 1) длину волны λ ; 2) уравнение волны; 3) смещение ξ_2 второй точки в момент времени $t = 2$ с.

Дано:
 $v = 10 \text{ м/с}$
 $x_1 = 7 \text{ м}$
 $x_2 = 10 \text{ м}$
 $\Delta\varphi = 3\pi/5$
 $A = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$
 $t = 2 \text{ с}$

- 1) λ – ?
- 2) $\xi(x, t)$ – ?
- 3) ξ_2 – ?

Решение:

$$\Delta\varphi = \frac{2\pi}{\lambda}(x_2 - x_1), \quad \lambda = \frac{2\pi}{\Delta\varphi}(x_2 - x_1),$$

$$\xi(x, t) = A \cos\left(\omega t - \frac{x}{v}\right),$$

$$\omega = \frac{2\pi}{T}, \quad T = \frac{\lambda}{v}, \quad \omega = \frac{2\pi v}{\lambda},$$

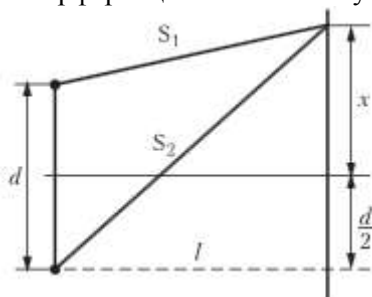
$$\xi_2 = A \cos\left(\omega t_2 - \frac{x_2}{\lambda}\right),$$

Ответ: 1) $\lambda = 10 \text{ м}$; 2) $\xi(x, t) = 0,05 \cos\left(2\pi t - \frac{\pi}{5}x\right)$, м; 3) $\xi_2 = 5 \text{ см}$.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Материальная точка массой $m = 10 \text{ г}$ совершает гармонические колебания с частотой $\nu = 0,2 \text{ Гц}$. Амплитуда колебаний равна 5 см . Определить: 1) максимальную силу, действующую на точку; 2) полную энергию колеблющейся точки.
2. Два динамика расположены на расстоянии $d = 2,5 \text{ м}$ друг от друга и воспроизводят один и тот же музыкальный тон на определенной частоте, который регистрируется приемником, находящимся на расстоянии $l = 3,5 \text{ м}$ от центра динамиков (см. рисунок). Если приемник передвинуть от центральной линии параллельно динамикам на расстояние $x = 1,55 \text{ м}$, то он фиксирует первый интерференционный минимум. Скорость звука $v = 340 \text{ м/с}$. Определить частоту звука.

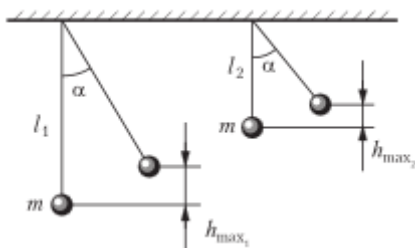


Вариант 2.

1. Полная энергия E гармонически колеблющейся точки равна 10 мкДж , а максимальная сила F_{max} , действующая на точку, равна $-0,5 \text{ мН}$. Написать уравнение движения этой точки, если период колебаний $T = 4 \text{ с}$, а начальная фаза $\varphi = \pi/6$.
2. Наблюдатель, стоящий на станции, слышит гудок проходящего электровоза. Когда электровоз приближается, частота звуковых колебаний гудка равна ν_1 , а когда удаляется – ν_2 . Принимая, что скорость звука v известна, определить: 1) скорость $v_{\text{ист}}$ электровоза; 2) собственную частоту ν_0 колебаний гудка.

Вариант 3.

1. Два математических маятника имеют одинаковые массы (см. рисунок). Длины маятников отличаются в $n = 1,5$ раза. Маятники колеблются с одинаковой угловой амплитудой. Определить, какой маятник обладает большей энергией и во сколько раз.



2. Два катера движутся на встречу друг другу. С первого катера, движущегося со скоростью $v_1 = 10 \text{ м/с}$, посылается ультразвуковой сигнал частотой $\nu_1 = 50 \text{ кГц}$, который распространяется в воде. После отражения от второго катера сигнал принят первым катером с частотой $\nu_2 = 52 \text{ кГц}$.

Принимая скорость распространения звуковых колебаний в воде равной 1,54 км/с, определить скорость движения второго катера.

Вариант 4.

1. Тело массой $m = 0,6$ кг, подвешенное к спиральной пружине жесткостью $k = 30$ Н/м, совершает в некоторой среде упругие колебания. Логарифмический декремент колебаний $\Theta = 0,01$. Определить: 1) время, за которое амплитуда колебаний уменьшится в 3 раза; 2) число полных колебаний тела, при котором амплитуда колебаний также уменьшилась в 3 раза.
2. Электропоезд проходит со скоростью 72 км/ч мимо неподвижного приемника и дает гудок, частота которого 300 Гц. Принимая скорость звука равно 340 м/с, определите скачок частоты, воспринимаемый приемником.

Вариант 5.

1. Определить резонансную частоту колебательной системы, если собственная частота колебаний $\nu_0 = 300$ Гц, а логарифмический декремент колебаний $\Theta = 0,2$.
2. Две точки лежат на луче и находятся от источника колебаний на расстояниях $x_1 = 4$ м и $x_2 = 7$ м. Период колебаний $T = 20$ мс и скорость v распространения волны равна 300 м/с. Определить разность фаз колебаний этих точек.

Вариант 6.

1. Гири массой $m = 0,5$ кг, подвешенная на спиральной пружине жесткостью $k = 50$ Н/м, совершает колебания в вязкой среде с коэффициентом сопротивления $r = 0,5$ кг/с. На верхний конец пружины действует вынуждающая сила, изменяющаяся по закону $F = 0,1 \cos \omega t$, Н. Определить для данной колебательной системы: 1) коэффициент затухания δ ; 2) резонансную амплитуду $A_{рез}$.
2. Определить длину волны λ , если расстояние Δl между первым и четвертым узлами стоячей волны равно 30 см.

Вопросы для самопроверки:

1. Что такое механическое колебание? Что такое собственные механические колебания?
2. Что такое гармонические колебания? Запишите дифференциальное уравнение гармонических колебаний?
3. Что такое гармонический осциллятор? Приведите примеры.
4. Что такое затухающие колебания? Дайте определение декремента затухания.
5. Запишите уравнение логарифмического декремента затухания?
6. Что такое вынужденные механические колебания? Запишите дифференциальное уравнение вынужденных механических колебаний.
7. Что такое резонанс? Запишите уравнения резонансной частоты и резонансной амплитуды.
8. Дайте определение упругой волны.
9. Что такое продольная волна? Что такое поперечная волна?
10. Что такое волновой фронт и волновая поверхность?
11. Что такое плоская волна? Запишите уравнение плоской волны.
12. Что такое сферическая волна? Запишите уравнение сферической волны.
13. Дайте определение бегущей волны.
14. Что такое фазовая скорость?
15. Дайте определение стоячей волны. Запишите уравнение стоячей волны.
16. Что такое звуковые волны?
17. Опишите эффект Доплера для звуковых волн.

Рекомендуемая литература по практической подготовке.

5. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
6. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), темы 2.8 и 2.9.
7. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), темы 1.7 и 1.8.

Практическая подготовка № 2. «Расчет электрической цепи»

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Законы постоянного тока»;
- закрепить практические навыки применения закона Ома для участка цепи, формул, описывающих типы соединения проводников и методов расчета электрических цепей при решении задач в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Внимательно прочитайте условия задачи. Сделайте сокращенную запись данных и искомого физических величин, предварительно представив их в системе СИ.

Задачи рекомендуется решать по следующему **алгоритму**:

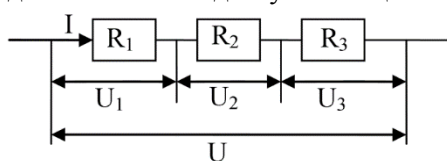
1. Начертить схему и указать на ней все элементы цепи: источники тока, резисторы и др.
2. Установить предварительно, о какой цепи говорится в условии задачи: замкнутой или о каком-либо участке цепи;
3. Установить, какие элементы цепи включены последовательно, какие параллельно;
4. На каждом участке цепи определить направления токов и записать для каждой точки разветвления (если они есть), уравнения токов и уравнения, связывающие напряжения на участках цепи;
5. Используя закон Ома, установить связь между токами, напряжениями;
6. Решить полученную систему уравнений относительно искомой величины.

Краткие теоретические сведения

Метод «свертывания» применяется для расчета цепей, содержащих только один источник питания и группу сопротивлений, соединенных по смешанной схеме. Метод «свертывания» позволяет определить эквивалентное сопротивление цепи, рассчитать ток и напряжение каждого участка цепи. Сущность метода: при расчете эквивалентного сопротивления – рассчитываются наиболее сложные блоки цепи и с каждым шагом расчета схема упрощается («сворачивается»); расчет участков цепи выполняется в обратном направлении; проверить расчет составлением уравнения баланса мощностей.

Различают:

1. Последовательное соединение сопротивлений: особенностью является – сила тока одинакова на каждом участке цепи.

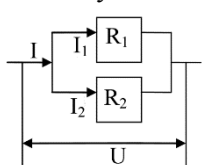


$$I_1 = I_2 = I_3 = I$$
$$U = U_1 + U_2 + U_3$$

По закону Ома:

$$I \cdot R_{\text{эКВ}} = I \cdot R_1 + I \cdot R_2 + I \cdot R_3$$
$$R_{\text{эКВ}} = R_1 + R_2 + R_3$$

2. Параллельное соединение сопротивлений: особенностью является – напряжение одинаково на каждом участке цепи.



$$U_1 = U_2 = U$$
$$I = I_1 + I_2$$

По закону Ома:

$$U/R_{\text{эКВ}} = U/R_1 + U/R_2$$
$$1/R_{\text{эКВ}} = 1/R_1 + 1/R_2$$

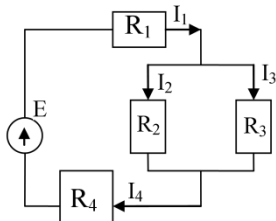
$$R_{1,2} = \frac{R_1 * R_2}{R_1 + R_2} \text{ – два резистора}$$

$$R_{1,2,3} = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 * R_2 + R_1 * R_3 + R_2 * R_3} \text{ – три резистора}$$

3. Смешанное соединение: – рассчитывается на основании формул последовательного и параллельного соединения. Расчет следует начинать с последнего соединения по отношению к источнику питания.

Пример решения задачи.

Задача. Для данной электрической цепи (см. рисунок) определить эквивалентное сопротивление цепи $R_{э\text{кв}}$, ток и напряжение каждого участка цепи, ток цепи, напряжение, приложенное к цепи, если известно: $R_1 = 5 \text{ Ом}$; $R_2 = 6 \text{ Ом}$; $R_3 = 6 \text{ Ом}$; $R_4 = 10 \text{ Ом}$; $E = 36 \text{ В}$.



Дано:

$$R_1 = 5 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_3 = 6 \text{ Ом}$$

$$R_4 = 10 \text{ Ом}$$

$$E = 36 \text{ В}$$

$$R_{э\text{кв}} - ?$$

$$I_{\text{общ}} - ?$$

$$U_{\text{общ}} - ?$$

$$I_1 - ?$$

$$U_1 - ?$$

$$I_2 - ?$$

$$U_2 - ?$$

$$I_3 - ?$$

$$U_3 - ?$$

$$I_4 - ?$$

$$U_4 - ?$$

Решение:

1. Обозначим направление тока в каждом резисторе.

2. Рассчитаем эквивалентное сопротивление (методом «свертывания»):

$$а) R_{23} = \frac{R_2 * R_3}{R_2 + R_3} = \frac{6 * 6}{6 + 6} = 3 \text{ Ом} \text{ – параллельное соединение}$$

$$б) R_{э\text{кв}} = R_1 + R_{23} + R_4 = 5 + 3 + 10 = 18 \text{ Ом} \text{ – последовательное соединение}$$

3. Определим ток в цепи: $U = E = 36 \text{ В}$

$$I = \frac{E}{R_{э\text{кв}}} = \frac{36}{18} = 2 \text{ А}$$

4. Рассчитываем участки цепи (цепь «разворачиваем»):

а) т.к. сопротивления R_1 , R_{23} , R_4 соединены последовательно, имеем:

$$I = I_1 = I_{23} = I_4 = 2 \text{ А}$$

$$б) U_1 = I_1 * R_1 = 2 * 5 = 10 \text{ В} \quad U_4 = I_4 * R_4 = 2 * 10 = 20 \text{ В}$$

$$U_{23} = I_{23} * R_{23} = 2 * 3 = 6 \text{ В}$$

в) т.к. сопротивления R_2 и R_3 соединены параллельно, имеем:

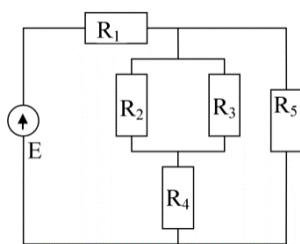
$$U_2 = U_3 = U_{23} = 6 \text{ В}$$

$$I_2 = \frac{U_2}{R_2} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А} \quad I_3 = \frac{U_3}{R_3} = \frac{6}{6} = 1 \text{ А}$$

Ответ: $R_{э\text{кв}} = 18 \text{ Ом}$, $I_{\text{общ}} = 2 \text{ А}$, $U_{\text{общ}} = 36 \text{ В}$, $I_1 = 2 \text{ А}$, $U_1 = 10 \text{ В}$, $I_2 = 1 \text{ А}$, $U_2 = 6 \text{ Ом}$, $I_3 = 1 \text{ А}$, $U_3 = 6 \text{ В}$, $I_4 = 2 \text{ А}$, $U_4 = 20 \text{ В}$.

Задачи для самостоятельной работы.

Задача. Выполнить расчет электрической цепи постоянного тока методом «свертывания». Цепь постоянного тока содержит несколько резисторов, соединённых смешанно. Индекс тока и напряжения совпадают с индексом резистора, по которому проходит этот ток или на котором действует это напряжение. Определить эквивалентное сопротивление цепи, ток и напряжение на каждом участке, ток в цепи, напряжение, приложенное к цепи, если известно: $R_1 = 2 \text{ Ом}$, $R_2 = 4 \text{ Ом}$, $R_3 = 12 \text{ Ом}$, $R_4 = 3 \text{ Ом}$, $R_5 = 6 \text{ Ом}$.



№ варианта	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
дополнительные данные	$E = 100 \text{ В}$	$I_1 = 20 \text{ А}$	$U = 50 \text{ В}$	$E = 80 \text{ В}$	$I = 12 \text{ А}$	$E = 5 \text{ В}$	$I_1 = 6 \text{ А}$	$U = 40 \text{ В}$	$I = 8 \text{ А}$	$I_1 = 10 \text{ А}$

Вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение смешанному соединению проводников.
2. Назовите особенности последовательного соединения?
3. Назовите особенности параллельного соединения?
4. Опишите суть метода «свертывания»?
5. Выведите формулы для определения общего сопротивления цепи: последовательно включены резисторы R_1, R_2, R_3, R_4 .
6. Выведите формулы для определения общего сопротивления цепи: параллельно включены резисторы R_1, R_2, R_3 .

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.2.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.6.

Практическая подготовка № 3. «Магнитное поле и его характеристики».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Магнитное поле»;
- закрепить практические навыки применения понятий магнитного поля, магнитной индукции, линий магнитной индукции, магнитной проницаемости среды, формул магнитной проницаемости, закона Био-Савара-Лапласа, закона Ампера, принципа суперпозиции магнитных полей при решении задач в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Задачи по этой теме можно разделить на несколько типов: задачи на нахождение характеристик магнитного поля и задачи о силовом действии магнитного поля на проводники с током.

Внимательно прочитайте условия задачи, определит тип, к которому относится данная задача. Сделайте сокращенную запись данных и искомым физических величин, предварительно представив их в системе СИ.

Задачи о силовом действии магнитного поля на проводники с током рекомендуется решать по следующему алгоритму:

1. Сделать схематический чертеж, на котором указать контур с током и направление силовых линий поля.
2. Отметить углы между направлением поля и отдельными элементами контура.
3. Используя правило левой руки, определить направление сил поля (сила Ампера), действующих на каждый элемент контура, и проставить векторы этих сил на чертеже.
4. Указать все остальные силы, действующие на контур.
5. Исходя из физической природы сил, выразить силы через величины, от которых они зависят.
6. Решить полученную систему уравнений относительно неизвестной величины.
7. Решение проверить и оценить критически.

Краткие теоретические сведения.

Механический момент, действующий на контур с током, помещенный в однородное магнитное поле,

$$\vec{M} = [\vec{p}_m \vec{B}]$$

$[\vec{B}$ – магнитная индукция; \vec{p}_m – магнитный момент контура с током].

Модуль механического момента

$$M = p_m B \sin \alpha$$

$[\alpha$ – угол между нормалью к плоскости контура и вектором \vec{B}].

Магнитный момент контура с током

$$\vec{p}_m = IS \vec{n}$$

$[S$ – площадь контура с током; \vec{n} – единичный вектор нормали к поверхности контура].

Связь между магнитной индукцией \vec{B} и напряженностью \vec{H} магнитного поля

$$\vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

$[\mu_0$ – магнитная постоянная; μ – магнитная проницаемость среды].

Закон Био – Савара – Лапласа

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I [d\vec{l}, \vec{r}]}{r^3}$$

[$d\vec{B}$ – магнитная индукция поля, создаваемая элементом длины $d\vec{l}$ проводника с током I ; \vec{r} – радиус-вектор, проведенный от $d\vec{l}$ к точке, в которой определяется магнитная индукция].

Модуль вектора $d\vec{B}$

$$dB = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{I dl \sin \alpha}{r^2}$$

[α – угол между векторами $d\vec{l}$ и \vec{r}].

Принцип суперпозиции (наложения) магнитных полей

$$\vec{B} = \sum_i \vec{B}_i$$

[\vec{B} – магнитная индукция результирующего поля; \vec{B}_i – магнитные индукции складываемых полей].

Магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током,

$$B = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I}{R}$$

[R – расстояние от оси проводника; I – сила тока в проводнике].

Магнитная индукция в центре кругового проводника с током

$$B = \mu_0 \mu \frac{I}{2R}$$

[R – радиус проводника; I – сила тока в проводнике].

Закон Ампера

$$d\vec{F} = I [d\vec{l}, \vec{B}]$$

[$d\vec{F}$ – сила, действующая на элемент длины $d\vec{l}$ проводника с током I , помещенный в магнитное поле с индукцией \vec{B}].

Модуль вектора $d\vec{F}$

$$dF = IB dl \sin \alpha$$

[α – угол между векторами $d\vec{l}$ и \vec{B}].

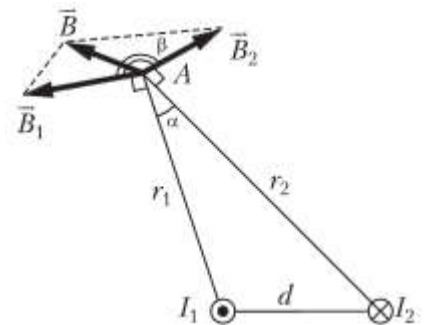
Сила взаимодействия двух параллельных бесконечных прямолинейных параллельных проводников с токами I_1 и I_2

$$dF = \frac{\mu_0 \mu}{4\pi} \frac{2I_1 I_2}{R} dl$$

[R – расстояние между проводниками; dl – отрезок проводника].

Пример решения задач.

Задача 1. По двум бесконечно длинным прямым параллельным проводникам, расстояние между которыми $d = 15$ см, текут токи $I_1 = 70$ А и $I_2 = 50$ А в противоположных направлениях. Определить магнитную индукцию B в точке А, удаленной на $r_1 = 20$ см от первого и на $r_2 = 30$ см от второго проводника (см. рисунок).



Дано:

$$d = 15 \text{ см} = 0,15 \text{ м}$$

$$I_1 = 70 \text{ А}$$

$$I_2 = 50 \text{ А}$$

$$r_1 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$$

$$r_2 = 30 \text{ см} = 0,3 \text{ м}$$

$B = ?$

Решение:

$$\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2, \quad B_1 = \frac{\mu_0 I_1}{2\pi r_1}, \quad B_2 = \frac{\mu_0 I_2}{2\pi r_2},$$

$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 + 2B_1 B_2 \cos \beta},$$

$$\beta = 180^\circ - \alpha, \quad d^2 = r_1^2 + r_2^2 + 2r_1 r_2 \cos \alpha,$$

$$\cos \alpha = \frac{r_1^2 + r_2^2 - d^2}{2r_1 r_2},$$

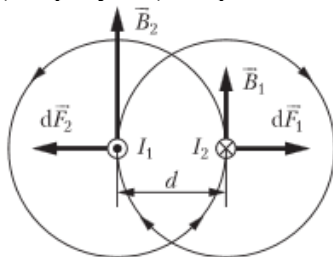
$$B = \sqrt{B_1^2 + B_2^2 - 2B_1 B_2 \cos \alpha} = \frac{\mu_0}{2\pi} \sqrt{\frac{I_1^2}{r_1^2} + \frac{I_2^2}{r_2^2} - \frac{I_1 I_2}{r_1 r_2} (r_1^2 + r_2^2 - d^2)}.$$

Ответ: $B = 42,8 \text{ мкТл}$.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. По двум параллельным прямым проводникам длиной $l = 2 \text{ м}$ каждый, находящимся в вакууме на расстоянии $d = 10 \text{ см}$ друг от друга, в противоположном направлении течет ток $I_1 = 50 \text{ А}$ и $I_2 = 100 \text{ А}$ (см. рисунок). Определить силу взаимодействия токов.



2. Прямоугольная рамка ABCD с током $I = 1 \text{ А}$ расположена в однородном магнитном поле так, что ее плоскость перпендикулярна линиям индукции \vec{B} , величина которого $B = 0,1 \text{ Тл}$. Выберите направление вектора магнитной индукции \vec{B} и тока I , сделайте чертеж, найдите величину и направление сил Ампера, действующих на стороны рамки. Стороны рамки $AB = CD = a = 20 \text{ см}$, $BC = AD = b = 10 \text{ см}$.

Вариант 2.

1. По прямому горизонтально расположенному проводу пропускают ток $I_1 = 10 \text{ А}$. Под ним на расстоянии $R = 1,5 \text{ см}$ находится параллельный ему алюминиевый провод, по которому пропускают ток $I_2 = 1,5 \text{ А}$. Определить, чему равна площадь поперечного сечения алюминиевого провода, при которой он будет удерживаться незакрепленным. Плотность алюминия $\rho = 2,7 \text{ г/см}^3$.

2. В однородном магнитном поле с индукцией $B = 0,2 \text{ Тл}$ находится прямой проводник длиной $l = 15 \text{ см}$, по которому течет ток $I = 5 \text{ А}$. На проводник действует сила $F = 0,13 \text{ Н}$. Определите угол α между направлением тока и вектором магнитной индукции.

Вариант 3.

1. По прямолинейному проводнику проходит ток с силой $I_1 = 10 \text{ А}$. Параллельно этому проводнику расположен другой, медный проводник, по которому проходит ток силой $I_2 = 5 \text{ А}$. Расстояние между проводниками $R = 1 \text{ см}$. Какой должна быть площадь поперечного сечения медного проводника, чтобы он удерживался незакрепленным в состоянии равновесия? Плотность меди считать равной $\rho = 8,93 \text{ г/см}^3$.

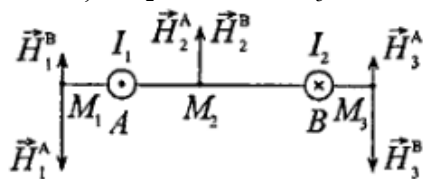
2. Найти напряженность H магнитного поля в центре кругового проволочного витка радиусом $R = 1 \text{ см}$, по которому течет ток $I = 1 \text{ А}$.

Вариант 4.

1. В однородное магнитное поле с индукцией $B = 0,1 \text{ Тл}$ помещена квадратная рамка площадью $S = 25 \text{ см}^2$. Нормаль к плоскости рамки составляет с направлением магнитного поля угол 60° . Определите вращающий момент, действующий на рамку, если по ней течет ток $I = 1 \text{ А}$.

2. На рисунке изображены сечения двух прямолинейных бесконечно длинных проводников с токами. Расстояние между проводниками $AB = 10 \text{ см}$, токи $I_1 = 20 \text{ А}$ и $I_2 = 30 \text{ А}$. Найдите

напряженности H магнитного поля, вызванного токами I_1 и I_2 в точках M_1 , M_2 и M_3 . Расстояния $M_1A = 2$ см, $AM_2 = 4$ см и $BM_3 = 3$ см.



Вопросы для самопроверки:

1. Для изучения электрического поля пользуются пробным электрическим зарядом. Какой аналогией пользуются при изучении магнитного поля?
2. Почему взаимодействие проводников, по которым течет ток, нельзя объяснить на основании закона Кулона?
3. Каков физический смысл магнитной проницаемости среды?
4. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа.
5. От чего зависит магнитная индукция поля, создаваемого бесконечно длинным прямым проводником с током?
6. Сформулируйте закон Ампера.
7. Сформулируйте принцип суперпозиции магнитных полей.

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), темы 4.3 и 4.5.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.10.

Практическая подготовка № 4. «Электромагнитные колебания и волны».

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Электромагнитные колебания и волны»;
- закрепить умения применять формулы Томсона, формулы: собственной частоты колебательного контура, резонансной частоты и резонансной амплитуды, реактивного индуктивного сопротивления, реактивного емкостного сопротивления, полного сопротивления цепи переменного тока, реактивного сопротивления, действующих значений силы тока и напряжений, мощности, формулу фазовой скорости распространения электромагнитных волн в среде, волновые уравнения электромагнитных волн при решении задач в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Методы решения задач на электромагнитные колебания сходны с методами решения задач на механические колебания. В основе этого сходства лежит одинаковая структура уравнений, описывающих оба этих вида колебаний. Формулы, характеризующие свободные электромагнитные колебания, аналогичны формулам для свободных механических колебаний.

Если в формуле $I_0 = \frac{\varepsilon_0}{\sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2}}$, выражающей связь между амплитудами тока и ЭДС при вынужденных колебаниях в контуре, заменить амплитудные значения I_0 , ε_0 их действующими значениями I_d , ε_d по формулам $I_d = I_0/\sqrt{2}$, $\varepsilon_d = \varepsilon_0/\sqrt{2}$, то получим закон Ома для цепи переменного тока

$$I_d = \varepsilon_d / Z, \text{ где } Z = \sqrt{R^2 + (\omega L - 1/\omega C)^2},$$

– полное (действующее) сопротивление цепи. Оно состоит из сопротивлений омического R , индуктивного ωL и емкостного $1/\omega C$. Обратите внимание: отсутствие в цепи переменного тока конденсатора означает отсутствие емкостного сопротивления, т.е. $1/\omega C = 0$, следовательно, $C = \infty$.

Краткие теоретические сведения.

Параметры электромагнитных колебаний

Собственная частота колебательного контура

$$\omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

[L – индуктивность катушки; C – емкость конденсатора].

Дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний заряда в контуре и его решение:

$$\ddot{Q} + \frac{1}{LC}Q = 0, \quad Q = Q_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

[Q_m – амплитуда колебаний заряда конденсатора; ω_0 – собственная частота контура].

Формула Томсона, устанавливающая связь между периодом T собственных колебаний в контуре без активного сопротивления, индуктивностью L и емкостью контура C ,

$$T = 2\pi\sqrt{LC}.$$

Сила тока в колебательном контуре и напряжение на конденсаторе в случае гармонических электромагнитных колебаний:

$$I = \frac{dQ}{dt} = \dot{Q} = -\omega_0 Q_m \sin(\omega_0 t + \varphi) = I_m \cos\left(\omega_0 t + \varphi + \frac{\pi}{2}\right),$$

$$U_C = \frac{Q}{C} = \frac{Q_m}{C} \cos(\omega_0 t + \varphi) = U_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$$

[$I_m = \omega_0 Q_m$ — амплитуда силы тока; $U_m = \frac{Q_m}{C}$ — амплитуда напряжения; ω_0 — собственная частота контура].

Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний в контуре и его решение

$$\ddot{Q} + 2\delta\dot{Q} + \omega_0^2 Q = 0, \quad Q = Q_m e^{-\delta t} \cos(\omega t + \varphi)$$

[$Q_m e^{-\delta t}$ — амплитуда затухающих колебаний заряда конденсатора;

Q_m — начальная амплитуда; частота $\omega = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}}$].

Добротность колебательного контура с активным сопротивлением R , индуктивностью L и электроемкостью контура C

$$Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$$

Дифференциальное уравнение вынужденных электромагнитных колебаний и его решение

$$\ddot{Q} + 2\delta\dot{Q} + \omega_0^2 Q = \frac{U_m}{L} \cos \omega t, \quad Q = Q_m \cos(\omega t - \alpha)$$

[$Q_m = \frac{U_m}{\omega \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}}$; α — сдвиг по фазе между зарядом и прило-

женным напряжением $U = U_m \cos \omega t$; R , L и C — соответственно активное сопротивление, индуктивность и электроемкость колебательного контура].

Резонансная частота и резонансная амплитуда заряда в случае электрического резонанса

$$\omega_{\text{рез}} = \sqrt{\omega_0^2 - 2\delta^2} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{2L^2}}, \quad (Q_m)_{\text{рез}} = \frac{U_m/L}{2\delta\sqrt{\omega_0^2 - \delta^2}}$$

[ω_0 — собственная частота контура; δ — коэффициент затухания; R , L и C — соответственно активное сопротивление, индуктивность и электроемкость колебательного контура; U_m — амплитуда внешнего приложенного напряжения].

Резонансная частота и резонансная амплитуда силы тока в случае электрического резонанса

$$\omega_{\text{рез}} = \omega_0 = \sqrt{\frac{1}{LC}}, \quad (I_m)_{\text{рез}} = \frac{U_m}{R}$$

[ω_0 — собственная частота контура; R , L и C — соответственно активное сопротивление, индуктивность и электроемкость колебательного контура; U_m — амплитуда внешнего приложенного напряжения].

Реактивное индуктивное сопротивление (индуктивное сопротивление)

$$R_L = \omega L$$

[ω — частота переменного напряжения, подаваемого на концы цепи; L — индуктивность].

Реактивное емкостное сопротивление (емкостное сопротивление)

$$R_C = \frac{1}{\omega C}$$

$[\omega$ — частота переменного напряжения, подаваемого на концы цепи; C — емкость].

Полное сопротивление цепи переменного тока, содержащей последовательно включенные резистор сопротивлением R , катушку индуктивностью L и конденсатор емкостью C ,

$$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2} = \sqrt{R^2 + (R_L - R_C)^2}$$

$[R_L = \omega L$ — реактивное индуктивное сопротивление; $R_C = 1/(\omega C)$ — реактивное емкостное сопротивление].

Реактивное сопротивление

$$X = R_L - R_C = \omega L - \frac{1}{\omega C}$$

$[R_L = \omega L$ — реактивное индуктивное сопротивление; $R_C = 1/(\omega C)$ — реактивное емкостное сопротивление].

Действующие (эффективные) значения силы тока и напряжения:

$$I = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

$[I_m$ и U_m — амплитудные значения силы тока и напряжения].

Средняя мощность, выделяемая в цепи переменного тока,

$$\langle P \rangle = \frac{1}{2} I_m U_m \cos \varphi$$

$[I_m$ и U_m — амплитудные значения силы тока и напряжения].

Коэффициент мощности

$$\cos \varphi = \frac{R}{\sqrt{R^2 + [\omega L - 1/(\omega C)]^2}}$$

$[R$ — активное сопротивление цепи; ωL — реактивное индуктивное сопротивление; $\frac{1}{\omega C}$ — реактивное емкостное сопротивление].

Электромагнитные волны

Фазовая скорость распространения электромагнитных волн в среде

$$v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \frac{1}{\sqrt{\epsilon \mu}} = \frac{c}{\sqrt{\epsilon \mu}}$$

$[c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$ — скорость распространения света в вакууме; ϵ_0 и μ_0 —

соответственно электрическая и магнитная постоянные; ϵ и μ — соответственно электрическая и магнитная проницаемость среды].

Связь между мгновенными значениями напряженностей электрического (E) и магнитного (H) полей электромагнитной волны

$$\sqrt{\epsilon_0 \epsilon} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H.$$

Волновое уравнение электромагнитной волны

$$\Delta \vec{E} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}, \quad \Delta \vec{H} = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 \vec{H}}{\partial t^2}$$

$[\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} + \frac{\partial^2}{\partial z^2}$ — оператор Лапласа; v — фазовая скорость элект-

ромагнитных волн; \vec{E} и \vec{H} — соответственно векторы напряженностей электрического и магнитного полей электромагнитной волны].

Уравнения плоской электромагнитной волны

$$\vec{E} = \vec{E}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi), \quad \vec{H} = \vec{H}_0 \cos(\omega t - kx + \varphi)$$

$[\vec{E}_0$ и \vec{H}_0 — соответственно амплитуды напряженностей электрического и магнитного полей волны; ω — круговая частота; $k = \omega/v$ — волновое число; φ — начальная фаза колебаний в точке с координатой $x = 0$].

Объемная плотность энергии электромагнитного поля

$$w = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2} + \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}$$

$[E$ — напряженность электрического поля волны; H — напряженность магнитного поля волны].

Вектор плотности потока электромагнитной энергии — вектор Умова — Пойнтинга

$$\vec{S} = [\vec{E}\vec{H}]$$

$[\vec{E}$ — вектор напряженности электрического поля электромагнитной волны; \vec{H} — вектор напряженности магнитного поля электромагнитной волны].

Примеры решения задач.

Задача 1. Колебательный контур содержит соленоид (длина $l = 5$ см, площадь поперечного сечения $S_1 = 1,5$ см², число витков $N = 500$) и плоский конденсатор (расстояние между пластинами $d = 1,5$ мм, площадь пластин $S_2 = 100$ см²). Определить частоту ω_0 собственных колебаний контура.

Дано:

$$\begin{aligned} l &= 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м} \\ S_1 &= 1,5 \text{ см}^2 = 1,5 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \\ N &= 500 \\ d &= 1,5 \text{ мм} = 1,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} \\ S_2 &= 100 \text{ см}^2 = 10^{-4} \text{ м}^2 \\ \mu &= 1 \\ \epsilon &= 1 \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \omega_0 &= \sqrt{\frac{1}{LC}}, \quad L = \mu_0 \mu \frac{N^2 S_1}{l} \Big|_{\mu=1} = \mu_0 \frac{N^2 S_1}{l}, \\ C &= \epsilon_0 \epsilon \frac{S_2}{d} \Big|_{\epsilon=1} = \frac{\epsilon_0 S_2}{d}, \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{ld}{\epsilon_0 \mu_0 N^2 S_1 S_2}}, \end{aligned}$$

ω_0 — ?

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}, \quad \omega_0 = \frac{c}{N} \sqrt{\frac{ld}{S_1 S_2}}.$$

Ответ: $\omega_0 = 4,24 \cdot 10^6$ рад/с.

Задача 2. В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна и падает по нормали на поверхность тела, полностью ее поглощающего. Амплитуда напряженности магнитного поля волны равна $0,15$ А/м. Определить давление, оказываемое волной на тело. Воспользуйтесь результатом теории Максвелла о том, что если тело полностью поглощает падающую на него энергию, то давление численно равно среднему значению объемной плотности энергии в падающей электромагнитной волне.

Дано:

$$\begin{aligned} \epsilon &= 1 \\ \mu &= 1 \\ H_0 &= 0,15 \text{ А/м} \\ p &= \langle \tau \rangle \end{aligned}$$

Решение:

$$\begin{aligned} \sqrt{\epsilon_0 \epsilon} E &= \sqrt{\mu_0 \mu} H, \quad E = E_0 \cos(\omega t - kx), \\ H &= H_0 \cos(\omega t - kx), \quad w_3 = \frac{\epsilon_0 \epsilon E^2}{2}, \quad w_M = \frac{\mu_0 \mu H^2}{2}, \end{aligned}$$

p — ?

$$w_3 = w_M, \quad w = w_3 + w_M = 2w_3 = 2w_M,$$

$$w = 2w_M = \mu_0 \mu H^2 \cos^2(\omega t - kx),$$

$$\langle w \rangle = \langle \mu_0 \mu H_0^2 \cos^2(\omega t - kx) \rangle,$$

$$\langle \cos^2(\omega t - kx) \rangle = \frac{1}{2}, \quad p = \langle w \rangle = \frac{\mu_0 \mu H_0^2}{2}.$$

Ответ: $p = 17,7$ пПа.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. В цепь колебательного контура, содержащего катушку индуктивностью $L = 0,2$ Гн и активным сопротивлением $R = 9,7$ Ом, а также конденсатор электроемкостью $C = 40$ мкФ, подключено внешнее переменное напряжение с амплитудным значением $U_m = 180$ В и частотой $\omega = 314$ рад/с. Определить: 1) амплитудное значение силы тока I_m в цепи; 2) разность фаз φ между силой тока и внешним напряжением; 3) амплитудное значение напряжения U_{Lm} на катушке; 4) амплитудное значение напряжения U_{Cm} на конденсаторе.

2. Электромагнитная волна с частотой $\nu = 5$ МГц переходит из немагнитной среды с диэлектрической проницаемостью $\epsilon = 2$ в вакуум. Определить изменение ее длины волны.

Вариант 2.

1. Колебательный контур содержит конденсатор электроемкостью $C = 5$ нФ и катушку индуктивностью $L = 5$ мкГн и активным сопротивлением $R = 0,1$ Ом. Определить среднюю мощность $\langle P \rangle$, потребляемую колебательным контуром, при поддержании в нем незатухающих гармонических колебаний с амплитудным значением напряжения на конденсаторе $U_{Cm} = 10$ В.

2. Определить длину электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, если максимальный заряд на пластинах конденсатора $Q_m = 50$ нКл, а максимальная сила тока в контуре $I_m = 1,5$ А. Активным сопротивлением контура пренебречь.

Вариант 3.

1. В сеть переменного тока с действующим значением напряжения 120 В последовательно включены проводник с активным сопротивлением 10 Ом и катушка индуктивностью 0,1 Гн. Определить частоту ν тока, если амплитудное значение силы тока с цепи равно 5 А.

2. Длина электромагнитной волны в вакууме, на которую настроен колебательный контур, равна 12 м. Пренебрегая активным сопротивлением контура, определить максимальный заряд Q_m на пластинах конденсатора, если максимальная сила тока в контуре $I_m = 1$ А.

Вариант 4.

1. Конденсатор и электрическая лампочка соединены последовательно и включены в цепь переменного тока напряжением 440 В и частотой 50 Гц. Какую электроемкость должен иметь конденсатор для того, чтобы через лампочку протекал ток $I = 0,5$ А и падение потенциала на ней было равным 110 В?

2. В вакууме вдоль оси X распространяется плоская электромагнитная волна. Амплитуда напряженности электрического поля волны равна 10 В/м. Определите амплитуду напряженности магнитного поля волны.

Вопросы для самопроверки:

1. Перечислите основные свойства электромагнитных волн.
2. Как должна двигаться электрически заряженная частица, чтобы она излучала электромагнитные волны?
3. Какие характеристики электромагнитного поля периодически изменяются в бегущей электромагнитной волне?
4. Почему металлы отражают и поглощают электромагнитные волны?
5. Запишите уравнение, описывающее плоскую электромагнитную волну. Какие характеристики входят в его состав?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 4.4.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 6.16.

Практическая подготовка № 5. «Кванты света»

Цель работы:

- углубить и расширить знания по теме «Квантовая оптика»;
- закрепить умения применять уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта, формулы энергии кванта, красной границы фотоэффекта, импульса фотона, давления света, комптоновского смещения при решении задач в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности.

Оборудование и материалы: тетрадь по практическим работам по физике для подготовки отчета, синяя шариковая ручка, простой карандаш, линейка, калькулятор.

Порядок выполнения работы:

1. Внимательно прочитать методические рекомендации по решению задач данной темы и теоретическую часть. Изучить алгоритмы решения задач по данной теме (если есть).
2. Разобрать примеры решения задач.
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Получить и выполнить индивидуальные задания.
5. Составить отчет по практической работе.

Методические рекомендации по решению задач.

Задачи по теме «Кванты света» условно можно разделить на несколько групп, каждая из которых решается с учетом следующих утверждений:

1. При нахождении энергии фотона, если в задаче приводится значение длины волны, используйте формулу связи длины волны и скорости ее распространения с частотой. Энергию одного фотона можно найти, зная энергию излучения. Энергия фотона связана с собственными характеристиками фотона как световой частицы и ее можно найти из формулы связи импульса и энергии фотона.
2. При нахождении работы выхода электрона из металла, значение работы выхода электрона может быть определено:
 - с помощью справочной таблицы «Работа выхода электрона из металла», если известен металл и нет усложняющих нахождение работы выхода величин.
 - через значение красной границы фотоэффекта для данного металла в данном состоянии.
3. В задачах, связанных с поведением фотоэлектрона после вылета из металла, необходимо учитывать следующие факторы:
 - в задерживающем однородном электрическом поле, согласно теореме о кинетической энергии, изменение кинетической энергии фотоэлектрона равно работе сил поля.
 - движение фотоэлектронов вдоль силовых линий однородного электрического поля – движение с постоянным ускорением.
 - если фотоэлектроны попадают в однородное магнитное поле, то в зависимости от угла между вектором скорости и вектором магнитной индукции они движутся прямолинейно ($\alpha = 0^\circ$, $\alpha = 180^\circ$), по окружности ($\alpha = 90^\circ$) или по спирали ($90^\circ > \alpha > 0^\circ$).

Краткие теоретические сведения.

Энергия кванта (фотона)

$$\epsilon = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

[h – постоянная Планка; ν – частота; c – скорость распространения света в вакууме; λ – длина волны].

Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта

$$h\nu = A + \frac{mv_{\max}^2}{2} \quad \text{или} \quad eU_0 = h(\nu - \nu_0)$$

[ν – частота падающего фотона; h – постоянная Планка; A – работа выхода электрона из металла; $\frac{mv_{\max}^2}{2}$ – максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона; U_0 – задерживающее напряжение; ν_0 – красная граница фотоэффекта].

Красная граница фотоэффекта

$$\nu_0 = \frac{hc}{A}, \quad \nu_0 = \frac{A}{h}$$

$[\lambda_0$ — максимальная длина волны излучения (ν_0 — соответственно минимальная частота), при которой фотоэффект еще возможен; A — работа выхода электрона из металла].

Импульс фотона

$$p = \frac{h\nu}{c}$$

$[h\nu$ — энергия фотона].

Давление, производимое светом при нормальном падении на поверхность,

$$p = \frac{E_e}{c}(1+\rho) = w(1+\rho)$$

$[E_e = N h\nu$ — облученность поверхности; ρ — коэффициент отражения; w — объемная плотность энергии излучения].

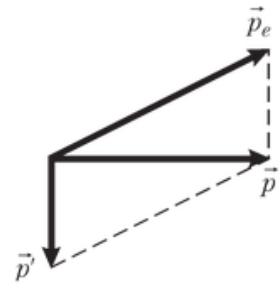
Изменение длины волны излучения при комптоновском рассеянии (комптоновский сдвиг)

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \frac{h}{mc}(1 - \cos\vartheta) = \frac{2h}{mc} \sin^2 \frac{\vartheta}{2} = 2\lambda_C \sin^2 \frac{\vartheta}{2}$$

$[\lambda$ и λ' — длина волн падающего и рассеянного излучения; m — масса электрона; ϑ — угол рассеяния; $\lambda_C = h/(mc)$ — комптоновская длина волны ($\lambda_C = 2,43$ пм)].

Пример решения задачи.

Задача 1. Фотон с длиной волны $\lambda = 5$ пм испытал комптоновское рассеяние под углом $\theta = 90^\circ$ на первоначально покоившемся электроне (см. рисунок). Определить: 1) изменение длины волны при рассеянии; 2) энергию электрона отдачи; 3) импульс электрона отдачи.



Дано:

$$\lambda = 5 \text{ пм} = 5 \cdot 10^{-12} \text{ м}$$

$$\vartheta = 90^\circ$$

$$1) \Delta\lambda - ?$$

$$2) W_e - ?$$

$$3) p_e - ?$$

Решение:

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda = \lambda_C(1 - \cos\vartheta) = \lambda_C(\cos\vartheta = 0),$$

$$W_e = \varepsilon - \varepsilon' = \frac{hc}{\lambda} - \frac{hc}{\lambda'} = hc \frac{\Delta\lambda}{\lambda(\lambda + \Delta\lambda)},$$

$$\vec{p} = \vec{p}_e + \vec{p}', \quad (p_e)^2 = \left(\frac{h}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{h}{\lambda + \Delta\lambda}\right)^2,$$

$$p_e = h \sqrt{\left(\frac{1}{\lambda}\right)^2 + \left(\frac{1}{\lambda + \Delta\lambda}\right)^2}.$$

Ответ: 1) $\Delta\lambda = 2,43$ пм; 2) $W_e = 81,3$ кэВ; 3) $p_e = 1,6 \cdot 10^{-22}$ кг · м/с.

Задачи для самостоятельной работы.

Вариант 1.

1. Калий освещается монохроматическим светом с длиной волны 400 нм. Определить наименьшее задерживающее напряжение, при котором фототок прекратился. Работа выхода электронов из калия равна 2,2 эВ.

2. Определить длину волны фотона, импульс которого равен импульсу электрона, прошедшего разность потенциалов $U = 9,8$ В.

Вариант 2.

1. Задерживающее напряжение для платиновой пластинки (работа выхода 6,3 эВ) составляет 3,7 В. При тех же условиях для другой пластинки задерживающее напряжение равно 5,3 В. Определить работу выхода электронов (в эВ) из этой пластинки.

2. Давление монохроматического света с длиной волны $\lambda = 600$ нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, составляет 0,1 мкПа. Определить: 1) концентрацию фотонов в световом пучке; 2) число фотонов, падающих каждую секунду на 1 м² поверхности.

Вариант 3.

1. При освещении катода вакуумного фотоэлемента монохроматическим светом с длиной волны $\lambda = 310$ нм фототок прекращается при некотором задерживающем напряжении. При увеличении длины волны на 25 % задерживающее напряжение оказывается меньше на 0,8 В. Определить по этим экспериментальным данным постоянную Планка.

2. Фотон с энергией $\varepsilon = 1,025$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроне. Определить угол рассеяния фотона, если длина волны рассеянного фотона оказалась равной комптоновской длине волны $\lambda_c = 2,43$ пм.

Вариант 4.

1. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм. Определить: 1) работу выхода электронов из этого металла; 2) максимальную скорость электронов, вырываемых из этого металла светом с длиной волны 400 нм.

2. Фотон с энергией $\varepsilon = 0,25$ МэВ рассеялся на первоначально покоившемся свободном электроне. Определить кинетическую энергию электрона отдачи, если длина волны рассеянного фотона изменилась на 20 %.

Вопросы для самопроверки:

4. Запишите формулу и формулировку закона Кирхгофа для теплового излучения и поглощения.
5. Запишите определение абсолютно черного тела. Приведите примеры из жизни, что можно приближенно считать абсолютно черным телом.
6. Дайте письменное объяснение, почему в солнечный день открытые окна темные?
7. На каких законах основана работа приборов для дистанционного измерения температур?
8. Опишите, что такое ультрафиолетовая катастрофа? В чем ее суть?
9. Опишите гипотезу Планка.
10. Почему начиная с некоторого напряжения рост фототока на вольт-амперной характеристике фотодиода прекращается?
11. Почему на вольт-амперной характеристике фотодиода при $U = 0$ $I \neq 0$?
12. При построении периметров безопасности применяют тепловизоры. На каком явлении основана работа данного прибора?

Рекомендуемая литература по практической работе.

1. Конспекты лекционного материала, изученного по теме.
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021), тема 8.2.
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021), тема 7.11.

Информационное обеспечение обучения

Перечень рекомендуемых учебных изданий, Интернет-ресурсов, дополнительной литературы

Основные источники:

1. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 1 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 242 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09574-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473351> (дата обращения: 21.08.2021).
2. Бордовский, Г. А. Физика в 2 т. Том 2 : учебное пособие для среднего профессионального образования / Г. А. Бордовский, Э. В. Бурсиан. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 299 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09572-2. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473352> (дата обращения: 21.08.2021).
3. Кравченко, Н. Ю. Физика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Н. Ю. Кравченко. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 300 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-01418-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/470671> (дата обращения: 21.08.2021).

Дополнительные источники:

1. Волновая оптика : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Михельсон, Т. И. Папушина, А. А. Повзнер, А. Г. Гофман ; под общей редакцией А. А. Повзнера. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 118 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-08093-3. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473764> (дата обращения: 21.08.2021).
2. Гороховатский, Ю. А. Оптика : учебник и практикум для среднего профессионального образования / Ю. А. Гороховатский, И. И. Худякова ; под редакцией Ю. А. Гороховатского. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 220 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11290-0. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/475482> (дата обращения: 21.08.2021).
3. Горячев, Б. В. Физика. Оптика. Практические занятия : учебное пособие для среднего профессионального образования / Б. В. Горячев, С. Б. Могильницкий. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 91 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-09571-5. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/471980> (дата обращения: 21.08.2021).
4. Давыдков, В. В. Физика: механика, электричество и магнетизм : учебное пособие для среднего профессионального образования / В. В. Давыдков. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 169 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-05014-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/473292> (дата обращения: 21.08.2021).
5. Зотеев, А. В. Физика: механика. Электричество и магнетизм : учебное пособие для среднего профессионального образования / А. В. Зотеев, А. А. Склянкин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 244 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-11970-1. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/472500> (дата обращения: 21.08.2021).
6. Кузнецов, С. И. Вся физика на ладони : интерактивный справочник / С.И. Кузнецов, К.И. Рогозин. — Москва : Вузовский учебник : ИНФРА-М, 2021. — 252 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-9558-0622-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1136174> (дата обращения: 21.08.2021). – Режим доступа: по подписке.
7. Пинский, А. А. Физика : учебник / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский ; под общ. ред. Ю.И. Дика, Н.С. Пурышевой. — 4-е изд., испр. — Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2021. — 560 с. — (Среднее профессиональное образование). - ISBN 978-5-00091-739-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1150311> (дата обращения: 21.08.2021). – Режим доступа: по подписке.
8. Трофимова, Т. И. Руководство к решению задач по физике : учебное пособие для среднего профессионального образования / Т. И. Трофимова. — 3-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 265 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-

9916-7003-6. — Текст : электронный // ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/426398> (дата обращения: 21.08.2021).

Интернет-ресурсы:

1. Кафедра общей физики физфака МГУ им. М.В. Ломоносова: учебные пособия, физический практикум, демонстрации [Электронный ресурс] /Режим доступа: <http://genphys.phys.msu.ru> (дата обращения: 21.08.2021);
2. Физика.ру: сайт для преподавателей и учащихся [Электронный ресурс] /Режим доступа: <http://www.fizika.ru> (дата обращения: 21.08.2021);
3. Мир Физики [Электронный ресурс] /Режим доступа: <http://infofiz.ru/> (дата обращения: 21.08.2021).

Периодические издания:

1. Вестник Московского государственного областного университета. Серия Физика-математика : научный журнал. - Москва : Московский государственный областной университет, 2020. - ISSN 2310-7251. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/periodical/magazine-issues?ref=4c93fad9-428f-11ea-b67c-90b11c31de4c> (дата обращения: 28.08.2021). – Режим доступа: по подписке.
2. Инженерные технологии и системы : научный журнал. - Саранск : ФГБОУ ВПО "МГУ им. Н.П. Огарёва", 2021. - ISSN 2658-6525. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1681821> (дата обращения: 21.08.2021). – Режим доступа: по подписке.
3. Исследовано в России: электронный журнал / Московский физико-технический институт. – Долгопрудный: МФТИ, 2021 – URL: https://www.elibrary.ru/title_items.asp?id=7843 (дата обращения: 28.08.2021). - Текст : электронный.
4. Научное приборостроение : научный журнал. - Санкт-Петербург : Институт аналитического приборостроения РАН, 2021. - ISSN 2312-2951. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1702292> (дата обращения: 21.08.2021). – Режим доступа: по подписке.

Перечень средств обучения:

1. Монитор Samsung SM 920nW – 1 шт.;
2. Телевизор Samsung LE46S81B;
3. Колонки Microlab SOL02;
4. Системный блок (Intel Celeron 1.70 Ghz, ОЗУ 1 Гб, Жесткий диск 20Гб) – 1 шт.;
5. Программное обеспечение: Windows XP, Microsoft Office 2007, foxit reader , 7zip, Антивирус Dr.Web;
6. Демонстрационное оборудование (общего назначения и тематические приборы);
7. Статические, динамические, демонстрационные и раздаточные модели;
8. Комплекты учебных таблиц, схем, стенды «Физические величины и фундаментальные константы», «Международная система единиц СИ», «Шкала электромагнитных излучений»;
9. Учебные презентации по дисциплине;
10. Учебные фильмы по дисциплине;
11. УМК «Физика»;
12. Комплект практических заданий по дисциплине.

РЕЦЕНЗИЯ

на методические указания для выполнения практических работ
по учебной дисциплине ЕН.03в Физика
по специальности 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности
автоматизированных систем
преподавателя первой квалификационной категории
Волгоградского филиала ФГБОУ ИВО «Московский государственный гуманитарно-
экономический университет» Александровой Е.П.

Методические указания для выполнения практических работ по учебной дисциплине ЕН.03в Физика составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем в соответствии с рабочей программой дисциплины ЕН.03в Физика и предназначены для студентов 2 курса (база 9 классов) и 1 курса (база 11 классов) очной формы обучения. Главная цель методических указаний – сформировать у студентов естественно-научное мировоззрение, общие интеллектуальные умения, позволяющие решать конкретные физические задачи и проблемы профессиональной сферы с привлечением соответствующего математического аппарата.

Данные методические указания для выполнения практических работ по учебной дисциплине могут быть использованы в дополнительном профессиональном образовании, подготовке и переподготовке специалистов среднего профессионального образования в области профессиональной деятельности, связанной со связью, информационными и коммуникационными технологиями, обеспечением безопасности. Они позволяют обеспечить обучающихся знаниями, умениями, профессиональными компетенциями, необходимые для изучения специальных дисциплин, профессиональных модулей, освоения основных видов профессиональной деятельности.

Методические указания содержат пояснительную записку с указанием цели изучения дисциплины, общих и профессиональных компетенций, на которые направлена программа дисциплины, требования к знаниям и умениям студентов, на формирование которых направлена дисциплина, описана специфика практических занятий по физике, как основного способа формирования умения решать задачи по физике, рассмотрены основные виды и способы решения задач по физике, даны общие методические рекомендации по решению задач, указан объем часов, отводимых на практические занятия по физике в рамках учебной дисциплины, описаны общие требования к студентам по подготовке и выполнению практических работ по физике, приведены критерии оценивания обучающихся, порядок выполнения пропущенных работ и перечень основных ошибок при выполнении практических работ.

После пояснительной записки идет перечень практических работ. Две работы отводятся на входное и итоговое тестирования (первое и последнее занятия по учебной дисциплине). Тестирования содержат вопросы с единственным вариантом ответа, даются критерии оценивания.

Остальные практические работы направлены на решение задач для закрепление теоретического программного материала по таким разделам физики, как: Элементы механики, Основы электродинамики, Элементы квантовой физики. Эти разделы рабочей программы учебной дисциплины Физика состоят из тем, при изучении которых обучающиеся могут стать компетентными специалистами, а практические работы по указанным темам направлены на формирование навыков решения конкретных физических задач и проблем профессиональной сферы.

Практические работы содержат: номер и название работы, цель выполнения, методические рекомендации, алгоритм решения задач конкретной темы, краткие теоретические сведения по теме практической работы, разобранные примеры решения задач по теме практической работы. После общей части даются задачи для

РЕЦЕНЗИЯ

на методические указания для выполнения практических работ
по учебной дисциплине ЕН.03в Физика
по специальности 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности
автоматизированных систем

преподавателя первой квалификационной категории
Волгоградского филиала ФГБОУИВО «Московский государственный гуманитарно-
экономический университет» Александровой Е.П.

МУ по практическим работам по дисциплине ЕН.03в Физика составлены в соответствии с требованиями ФГОС СПО по специальности 10.02.05 Обеспечение информационной безопасности автоматизированных систем в соответствии с рабочей программой дисциплины ЕН.03в Физика и предназначены для студентов 2 курса (база 9 классов) и 1 курса (база 11 классов) очной формы обучения. Цель методических указаний - сформировать у студентов естественно - научное мировоззрение, общие интеллектуальные умения, позволяющие решать конкретные физические задачи и проблемы профессиональной сферы с привлечением соответствующего математического аппарата.

МУ содержат:

- цели изучения дисциплины;
- специфику практических занятий по физике;
- основные виды и способы решения задач по физике;
- общие методические рекомендации по решению задач;
- общие требования к подготовке и выполнению практических работ;
- критерии оценивания выполненных работ;
- перечень основных ошибок при выполнении практических работ;
- перечень практических заданий.
- вопросы, предназначенные для самопроверки полученных умений и навыков;
- список рекомендуемой литературы.

Учитывая все вышеизложенное, методические указания для выполнения практических работ по учебной дисциплине ЕН.03в Физика можно рекомендовать студентам 2 курса (база 9 классов) и 1 курса (база 11 классов) очной формы обучения. Методические указания в целом соответствуют требованиям ФГОС СОО и ФГОС СПО по специальности и могут быть использованы в учебном процессе учебного заведения для проведения практических занятий.

Рецензент:

Курушина Марина Анатольевна, преподаватель высшей
квалификационной категории ВФ МГГЭУ

