

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра математики и физики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА**

Б1.Б.06

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

15.03.02 Технологические машины и оборудование

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Машины и оборудование лесного комплекса

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	7
4.3 Лабораторные работы	16
4.4 Практические занятия.....	17
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	17
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	19
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	20
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	20
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	21
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	21
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	21
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы	50
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	51
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	51
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	53
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	65
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе.....	66
Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....	67

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Формирование научных знаний о системе фундаментальных физических закономерностей, представлений о системе физических теорий и их эволюции, о единстве науки физики и ее роли как фундамента современного естествознания, овладение простейшими методами физического эксперимента и теоретического аппарата.

Задачи дисциплины

– изучение основных физических явлений; овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями классической и современной физики, а также методами физического исследования;

– овладение приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики;

– ознакомление с современной научной аппаратурой, формирование навыков проведения физического эксперимента, умение выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-6	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знать: - основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции; уметь: - применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств; владеть: - навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.06 «Физика» относится к базовой части учебного плана.

Дисциплина «Физика» базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин основных общеобразовательных программ.

Основываясь на изучении дисциплин, физика представляет основу для изучения таких дисциплин как: «Безопасность жизнедеятельности», «Механика жидкости и газа», «Методы и технические средства автоматизации», «Роботы и манипуляторы в лесном комплексе», «Гидрооборудование лесных машин».

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Заочная	1,2	–	504	36	18	18	–	446	1к2к	экзамен, зачет, экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Очно-заочная	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах (час)	Распределение по курсам, час	
			1	2
1	2	3	4	5
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	36	10	12	24
Лекции (Лк)	18	5	6	12
Лабораторные работы (ЛР)	18	5	6	12
Контрольная работа	+	–	+	+
Индивидуальные консультации	+	–	+	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	446	–	159	287
Подготовка к лабораторным работам	63	–	15	48
Подготовка к зачету	71	–	–	71
Подготовка к экзамену	168	–	72	96
Выполнение контрольной работы	144	–	72	72
III. Промежуточная аттестация	зачет	+	–	+
	экзамен	+	+	+
Контроль	22	–	9	13
Общая трудоемкость дисциплины	час.	504	–	108
	зач. ед.	14	–	9

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий – для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоём- кость (час)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучаю- щихся и трудоёмкость (час)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обу- чающихся
			лекции	лабора- торные работы	
1	2	3	4	5	6
1.	Механика	106	4	6	96
1.1	Введение. Кинематика поступательно-го и вращательного движения	7,75	0,25	0,5	7
1.2	Динамика материальной точки. Законы Ньютона	10	0,5	0,5	9
1.3	Силы в механике и их классификация	8,75	0,25	0,5	8
1.4	Законы сохранения. Кинетическая энергия, работа, мощность	9	0,5	0,5	8
1.5	Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии	8,75	0,25	0,5	8
1.6	Динамика вращательного движения твердого тела. Момент силы, момент инерции	10,5	0,5	1	9
1.7	Основной закон динамики вращательного движения	8,25	0,25	1	7
1.8	Кинематика гармонических колебаний	8,25	0,25	–	8
1.9	Сложение гармонических колебаний	8,25	0,25	–	8
1.10	Динамика гармонических колебаний	9,25	0,25	1	8
1.11	Затухающие и вынужденные механические колебания	9,5	0,5	–	9
1.12	Волны в упругих средах	7,75	0,25	0,5	7
2.	Молекулярная физика и термодинамика	68	3	2	63
2.1	Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния	6,75	0,25	0,5	6
2.2	Основное уравнение МКТ идеального газа	7,75	0,25	0,5	7
2.3	Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана	9,5	0,5	–	9
2.4	Физическая кинетика: явления переноса	8,75	0,25	0,5	8
2.5	Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам	9	0,5	0,5	8
2.6	МКТ теплоемкости идеального газа	8,25	0,25	–	8
2.7	Круговой процесс. Энтропия. Второй закон термодинамики. Цикл Карно и его КПД	9,5	0,5	–	9
2.8	Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	8,5	0,5	–	8
3.	Электромагнетизм	145	5	5	135
3.1	Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля	9,75	0,25	0,5	9

3.2	Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме	9,25	0,25	–	9
3.3	Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля	9,75	0,25	0,5	9
3.4	Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле	9,25	0,25	–	9
3.5	Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле	9,25	0,25	–	9
3.6	Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля	9,25	0,25	–	9
3.7	Постоянный электрический ток. Закон Ома. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока	10,5	0,5	1	9
3.8	Классическая электронная теория электропроводности металлов	9,25	0,25	–	9
3.9	Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	9,75	0,25	–	9
3.10	Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера и сила Лоренца	10,5	0,5	1	9
3.11	Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле	9,5	0,5	–	9
3.12	Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства	10,25	0,25	1	9
3.13	Электромагнитная индукция	10,5	0,5	1	9
3.14	Взаимные превращения электрических и магнитных полей	9,25	0,25	–	9
3.15	Электрические колебания	9,5	0,5	–	9
4.	Оптика	87	3	4	80
4.1	Электромагнитные волны	9,25	0,25	–	9
4.2	Элементы геометрической оптики	8,75	0,25	–	8
4.3	Световая волна. Интерференция световых волн	9,25	0,25	–	9
4.4	Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	10,5	0,5	1	9
4.5	Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	10,5	0,5	1	9
4.6	Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	9,25	0,25	–	9
4.7	Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы теплового излучения	10,25	0,25	1	9
4.8	Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	10,5	0,5	1	9
4.9	Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	9,25	0,25	–	9
5.	Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	76	3	1	72
5.1	Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома	9,25	0,25	–	9
5.2	Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества	9,25	0,25	–	9
5.3	Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса	9,5	0,5	–	9

5.4	Атом водорода в квантовой механике. Периодическая система элементов Менделеева	10,5	0,5	1	9
5.5	Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы и их свойства. Радиоактивность	9,5	0,5	–	9
5.6	Ядерные реакции. Деление ядер. Ядерный реактор	9,5	0,5	–	9
5.7	Термоядерные реакции синтеза – основной источник энергии звезд	9,25	0,25	–	9
5.8	Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц	9,25	0,25	–	9
ИТОГО		482	18	18	446

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. МЕХАНИКА

Тема 1.1. Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения

- 1) Введение. Предмет изучения физики.
- 2) Основные понятия кинематики: материальная точка, система отсчета, траектория, путь и вектор перемещения.
- 3) Скорость и ускорение: средняя и мгновенная скорость, ускорение и его составляющие, среднее и мгновенное ускорение.
- 4) Кинематические уравнения различных видов движения.
- 5) Кинематика вращательного движения материальной точки: угловая скорость, угловое ускорение, период и частота вращения.
- 6) Связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями.

Тема 1.2. Динамика материальной точки. Законы Ньютона

- 1) Динамика – раздел механики, изучающий движение тел под действием сил, которые изменяют характер их движения.
- 2) Первый закон Ньютона. Понятие инерциальной системы отсчета.
- 3) Сила. Масса тела. Импульс тела. Второй закон Ньютона. Следствия второго закона Ньютона.
- 4) Третий закон Ньютона.
- 5) Границы применимости законов Ньютона.
- 6) Примеры применения законов Ньютона при решении задач.

Тема 1.3. Силы в механике и их классификация

- 1) Классификация сил.
- 2) Силы упругости: типы деформации, характеристики упругих деформаций, закон Гука, энергия упругой деформации.
- 3) Силы трения: виды трения, сухое трение и его разновидности (трение покоя, трение скольжения, трение качения); вязкое трение.
- 4) Сила тяжести и вес. Понятие невесомости.
- 5) Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Космические скорости.

Тема 1.4. Законы сохранения. Кинетическая энергия, работа, мощность.

- 1) Сохраняющиеся величины. Внутренние и внешние силы, понятие изолированной (замкнутой) системы тел.

2) Импульс тела. Закон сохранения импульса и его связь с однородностью пространства. Примеры применения закона сохранения импульса.

3) Энергия – универсальная количественная мера всех форм (видов) движения материи. Виды энергии и их взаимопревращаемость: в природе энергия не исчезает, а переходит из одного вида в другой. Связь закона сохранения энергии с однородностью времени.

4) Работа и мощность механической силы. Количество энергии, передаваемое от одного тела другому в механическом процессе, называется работой. Работа постоянной и переменной силы.

5) Мощность силы, понятие мгновенной мощности, пример расчета работы и мощности, единицы измерения.

6) Кинетическая энергия. Изменение кинетической энергии тела связано с работой, которую над телом совершают действующие на него силы, изменяя скорость движения тела.

Тема 1.5. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии

1) Поле сил (стационарное, нестационарное). Понятие потенциального поля: работа сил поля на любой замкнутой траектории равна нулю. Консервативные и неконсервативные (диссипативные) силы, примеры.

2) Потенциальная энергия тела (частицы) зависит от его координат.

3) Потенциальная энергия тела, находящегося в однородном поле силы тяжести.

4) Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Связь между потенциальной энергией и консервативной силой.

5) Закон сохранения полной механической энергии. Примеры применения.

Тема 1.6. Динамика вращательного движения твердого тела.

Момент силы, момент инерции.

1) Момент силы материальной точки и твердого тела. Понятие момента силы относительно точки и относительно оси вращения.

2) Понятие момента инерции твердого тела относительно неподвижной оси вращения.

3) Примеры расчета момента инерции однородного изотропного диска (сплошного цилиндра), длинного тонкого однородного стержня, однородного шара, тонкого однородного кольца (обруча), полого и сплошного цилиндров, полого шара.

4) Теорема Штейнера и ее применение.

Тема 1.7. Основной закон динамики вращательного движения

1) Закон вращательного движения материальной точки и твердого тела относительно неподвижной точки и относительно неподвижной оси. Частные случаи закона вращательного движения, примеры решения задач.

2) Момент импульса материальной точки и твердого тела относительно неподвижной точки и относительно неподвижной оси. Единицы измерения.

3) Закон сохранения момента импульса, частные случаи его применения.

4) Кинетическая энергия материальной точки и твердого тела при вращательном движении относительно неподвижной оси.

5) Работа при вращательном движении.

6) Применение законов вращательного движения и сохранения момента импульса.

Тема 1.8. – 1.9. Кинематика гармонических колебаний. Сложение гармонических колебаний

1) Основные характеристики колебаний: амплитуда, частота, фаза и период.

- 2) Скорость и ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания.
- 3) Кинетическая, потенциальная и полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания.
- 4) Сложение двух однонаправленных гармонических колебаний одинаковой частоты. Биения.
- 5) Сложение двух взаимно-перпендикулярных гармонических колебаний с одинаковыми частотами.
- 6) Фигуры Лиссажу.

Тема 1.10. Динамика гармонических колебаний

- 1) Дифференциальное уравнение гармонических колебаний. Понятие гармонического осциллятора.
- 2) Пружинный маятник: колебания происходят под действием упругой силы. Уравнение движения маятника в отсутствие сил трения (сил сопротивления). Частота и период колебаний пружинного маятника.
- 3) Физический и математический маятники: колебания осуществляются под действием силы тяжести. Вывод формул для частоты и периода колебаний через закон сохранения механической энергии.

Тема 1.11. Затухающие и вынужденные механические колебания

- 1) Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний. Собственная частота колебаний системы. Коэффициент сопротивления и коэффициент затухания.
- 2) Решение дифференциального уравнения свободных затухающих колебаний. Амплитуда, период и частота затухающих колебаний системы. Понятие времени релаксации и логарифмического коэффициента затухания. Добротность колебательной системы.
- 3) Дифференциальное уравнение вынужденных колебаний. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний. Резонанс.

Тема 1.12. Волны в упругих средах

- 1) Продольные и поперечные волны. Длина волны.
- 2) Уравнение плоской и сферической бегущей волны.
- 3) Фазовая и групповая скорости волн.
- 4) Энергия и интенсивность волны.
- 5) Интерференция механических волн. Стоячие волны.
- 6) Звуковые волны. Эффект Доплера.

Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

Тема 2.1. Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния

- 1) Статистический и термодинамический методы. Состояние термодинамической системы. Параметры состояния. Процесс.
- 2) Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа.
- 3) Законы идеального газа: Бойля-Мариотта, Гей-Люссака, Шарля, Авогадро, Дальтона.
- 4) Уравнение Менделеева-Клапейрона.

Тема 2.2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа

- 1) Вывод основного уравнения МКТ идеального газа. Средняя квадратичная скорость

движения молекул газа.

2) Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы идеального газа и её связь с давлением.

3) Понятие температуры. Температура – термодинамический параметр, характеризующий состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. Термодинамическая шкала температур, её связь со шкалой Цельсия. Абсолютный нуль температуры.

Тема 2.3. Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана

1) Распределение молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения. Функция Максвелла. Наиболее вероятная и средняя арифметическая скорость молекул.

2) Барометрическая формула. Распределение Больцмана.

3) Среднее число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул газа. Эффективный диаметр молекулы.

4) Опытное обоснование молекулярно-кинетической теории: броуновское движение, опыт Штерна и др. Опытное определение постоянной Авогадро.

Тема 2.4. Физическая кинетика: явления переноса

1) Термодинамически неравновесные системы. Явления переноса – необратимые процессы: пространственный перенос энергии, массы, импульса.

2) Теплопроводность газов. Градиент температуры. Плотность теплового потока. Закон Фурье.

3) Диффузия. Градиент плотности. Плотность потока массы. Закон Фика.

4) Внутреннее трение (вязкость). Градиент скорости. Плотность потока импульса. Закон Ньютона. Динамическая вязкость.

Тема 2.5. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам

1) Внутренняя энергия термодинамической системы. Способы изменения внутренней энергии. Понятие числа степеней свободы молекул идеального газа. Закон Больцмана о равномерном распределении энергии по степеням свободы молекул.

2) Первый закон термодинамики. Работа газа при изменении его объема. Графическое представление работы.

3) Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Изохорный, изобарный, изотермический процессы и их графическое представление.

Тема 2.6. Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) теплоемкости идеального газа

1) Удельная и молярная теплоемкость вещества. Связь удельной и молярной теплоемкостей. Единицы измерения в СИ.

2) Теплоемкость идеального газа при постоянном объеме и постоянном давлении. Формула Майера.

3) Расчет молярных теплоемкостей идеального газа через число степеней свободы молекул. Зависимость теплоемкости газа от температуры: при низких температурах молекулы газа участвуют только в поступательном движении; при комнатных – добавляется вращательное движение; при высоких температурах кроме поступательного и вращательного движения, необходимо учитывать колебательное движение молекул вещества.

4) Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Показатель адиабаты (коэффициент Пуассона). Работа газа при адиабатном процессе.

Тема 2.7. Круговой процесс. Энтропия. Второй закон термодинамики. Цикл Карно и его КПД

1) Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс. Тепловой и холодильный циклы. Формула для расчета коэффициента полезного действия (КПД) для кругового про-

цесса (цикла).

2) Энтропия, ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью. Неравенство Клаузиуса. Адиабатный процесс является изоэнтропийным процессом. Термодинамическая вероятность. Принцип возрастания энтропии для замкнутых систем.

3) Второй закон термодинамики.

4) Тепловые двигатели. Цикл Карно и его КПД для идеального газа. Теорема Карно и термодинамическая шкала температур.

Тема 2.8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса

1) Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.

2) Уравнение Ван-дер-Ваальса – уравнение состояния реального газа: учет собственного объема молекул и учет притяжения молекул.

3) Изотермы Ван-дер-Ваальса и их анализ. Критическое состояние вещества.

4) Внутренняя энергия реального газа.

Раздел 3. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Тема 3.1. Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля

1) Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда.

2) Понятие точечного заряда. Закон Кулона.

3) Электрическое поле. Напряженность – силовая характеристика электрического поля. Напряженность электрического поля точечного заряда. Единицы измерения.

4) Напряженность электрического поля системы точечных зарядов. Принцип суперпозиции электрических полей.

Тема 3.2. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме

1) Силовые линии поля. Поток вектора напряженности.

2) Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме и ее применение к расчету напряженности электрического поля:

– бесконечной однородно заряженной плоскости;

– двух разноименно заряженных плоскостей;

– бесконечного однородно заряженного цилиндра (нити);

– заряженной сферической поверхности;

– объемно-заряженного шара.

Тема 3.3. Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля

1) Электрический потенциал. Расчет потенциала.

2) Разность потенциалов и её расчет.

3) Связь между напряженностью и потенциалом поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.

4) Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора \vec{E} .

Тема 3.4. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле

1) Электрический диполь. Напряженность и потенциал электрического диполя.

2) Диполь в электрическом поле. Энергия диполя.

3) Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризованности.

4) Поляризация диэлектриков. Виды поляризации.

5) Объемные и поверхностные связанные заряды. Поле внутри диэлектрика.

6) Вектор электрической индукции \vec{D} . Теорема Гаусса для вектора \vec{D} .

7) Граничные условия на границе раздела двух диэлектриков.

8) Применение теоремы Гаусса для расчета напряженности, потенциала и разности по-

тенциалов электростатического поля в изотропных однородных диэлектриках.

9) Сегнетоэлектрики и их свойства. Пьезоэффект.

Тема 3.5. – 3.6. Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля

1) Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике. Электростатическая защита. Электростатический генератор.

2) Емкость уединенного проводника.

3) Емкость конденсаторов (плоского, сферического, цилиндрического).

4) Соединение конденсаторов: последовательное и параллельное.

5) Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.

6) Энергия электрического поля. Объемная плотность энергии.

Тема 3.7. Постоянный электрический ток. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока

1) Сила тока, плотность тока. Условия существования тока.

2) Закон Ома для однородного участка цепи. Электрическое сопротивление. Соединение проводников (последовательное, параллельное). Закон Ома в дифференциальной форме.

3) Разность потенциалов, электродвижущая сила и напряжение.

4) Закон Ома для неоднородного участка цепи и замкнутой цепи.

5) Правила Кирхгофа для разветвленных электрических цепей.

6) Работа силы электрического тока. Закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Удельная тепловая мощность.

7) Мощность источника тока. Полезная мощность – мощность, потребляемая нагрузкой R . Расчет максимальной полезной мощности источника тока. КПД источника тока.

Тема 3.8. Классическая электронная теория электропроводности металлов

1) Природа носителей тока в металлах.

2) Опыты Рикке, Толмена-Стюарта.

3) Классическая теория электропроводности металлов. Теория Друде-Лоренца.

4) Объяснение законов Ома, Джоуля-Ленца и Видемана-Франца на основе классической теории Друде-Лоренца.

5) Недостатки классической теории Друде-Лоренца.

Тема 3.9. Электрический ток в жидкостях, газах и плазме

1) Электрический ток в жидкостях. Законы Фарадея для электролиза.

2) Закон Ома для электролитов.

3) Электрический ток в газах. Ионизация газов. Закон Ома для газов. Несамостоятельный и самостоятельный газовый разряд. Глеющий, дуговой, искровой и коронный газовые разряды.

4) Электрический ток в плазме.

Тема 3.10. Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера, сила Лоренца

1) Опыты Ампера и Эрстеда.

2) Магнитное поле токов. Вектор магнитной индукции. Силовые линии магнитного поля.

3) Закон Био-Савара-Лапласа. Расчет индукции магнитных полей, создаваемых токами различной конфигурации.

4) Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитных и электрических полях.

5) Эффект Холла. Циклотрон. Магнетрон.

Тема 3.11. Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле

- 1) Магнитный поток Φ_B . Работа проводника с током в однородном магнитном поле.
- 2) Циркуляция вектора магнитной индукции \vec{B} (закон полного тока). Поле соленоида и тороида.
- 3) Магнитный момент тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле.

Тема 3.12. Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства

- 1) Намагничивание вещества. Вектор намагниченности.
- 2) Напряженность \vec{H} магнитного поля. Циркуляция вектора \vec{H} (закон полного тока). Магнитная проницаемость.
- 3) Уравнения магнитостатики для вещества. Расчет индукции магнитного поля в веществе.
- 4) Виды магнетиков и их свойства. Элементарная теория диа- и парамагнетизма.
- 5) Элементарная теория ферромагнетизма. Обменное взаимодействие. Применение ферромагнетиков.

Тема 3.13. – 3.14. Электромагнитная индукция. Взаимные превращения электрических и магнитных полей

- 1) Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции.
- 2) Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.
- 3) Явление самоиндукции. Индуктивность.
- 4) Токи при замыкании и размыкании электрической цепи.
- 5) Взаимная индукция.
- 6) Токи Фуко и их применение.
- 7) Энергия магнитного поля.
- 8) Вихревое электрическое поле. Токи смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме.

Тема 3.15. Электрические колебания

- 1) Свободные незатухающие электрические колебания в колебательном контуре.
- 2) Свободные затухающие электрические колебания. Добротность системы.
- 3) Вынужденные электрические колебания. Резонанс.
- 4) Переменный электрический ток. Закон Ома. Мощность переменного тока.

Раздел 4. ОПТИКА

Тема 4.1. Электромагнитные волны

- 1) Уравнения электромагнитных волн.
- 2) Опыты Герца по исследованию электромагнитных волн.
- 3) Энергия, импульс и давление электромагнитных волн.
- 4) Шкала электромагнитных волн.

Тема 4.2. Элементы геометрической оптики

- 1) Основные законы геометрической оптики:
 - закон прямолинейного распространения света;
 - закон независимости световых пучков;

- закон отражения света;
- закон преломления света.
- 2) Абсолютный и относительный показатели преломления
- 3) Явление полного отражения и его применение

Тема 4.3. Световая волна. Интерференция световых волн

- 1) Световая волна. Уравнение плоской волны.
- 2) Фазовая скорость электромагнитных волн в веществе.
- 3) Связь модулей амплитуд векторов \vec{E} и \vec{H} в электромагнитной волне.
- 4) Понятие интенсивности света, связь с амплитудой и с показателем преломления вещества.
- 5) Интерференция световых волн. Понятие когерентности. Разность фаз и оптическая разность хода.
- 6) Способы наблюдения интерференции света: опыт Юнга, зеркала Френеля, бипризма Френеля и др.
- 7) Интерференция света при отражении от тонких пластинок (пленок).
- 8) Применение интерференции света.

Тема 4.4. Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера

- 1) Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.
- 2) Дифракция Френеля от простейших преград:
 - дифракция от круглого отверстия;
 - дифракция от круглого диска.
- 3) Дифракция Фраунгофера от узкой щели.
- 4) Дифракция Фраунгофера на N -щелях. Дифракционная решетка.
- 5) Дисперсия и разрешающая сила спектрального прибора. Угловая и линейная дисперсия.
- 6) Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэггов.
- 7) Применение дифракции света.

Тема 4.5. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера

- 1) Естественный и поляризованный свет. Плоскость поляризации и плоскость колебаний. Плоскость поляризатора. Закон Малюса.
- 2) Степень поляризации. Виды поляризации.
- 3) Поляризация при отражении и преломлении на границе двух диэлектриков. Закон Брюстера. Угол полной поляризации.
- 4) Двойное лучепреломление. Обыкновенные и необыкновенные лучи света. Поляризационные призмы и поляроиды. Искусственная оптическая анизотропия.
- 5) Вращение плоскости поляризации в оптически активных средах.

Тема 4.6. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света

- 1) Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия вещества.
- 2) Основные положения электронной теории дисперсии света.
- 3) Поглощение (абсорбция) света. Коэффициент поглощения. Закон Бугера

Тема 4.7. Квантовая природа излучения. Законы теплового излучения и его характеристики

- 1) Тепловое излучение и его основные характеристики: энергетическая светимость, испускательная и поглощательная способность.
- 2) Понятие абсолютно черного тела. Закон Кирхгофа.
- 3) Закон Стефана-Больцмана и закон Вина.

- 4) Формула Рэлея-Джинса. Ультрафиолетовая катастрофа.
- 5) Формула Планка – доказательство квантовой природы излучения.
- 6) Оптическая пирометрия.

Тема 4.8. Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта

- 1) Явление фотоэффекта. Опыты А.Г. Столетова. Задерживающее напряжение. Красная граница фотоэффекта. Законы фотоэффекта.
- 2) Уравнение А. Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.
- 3) Виды фотоэффекта: внешний, внутренний, вентильный (разновидность внутреннего), многофотонный.
- 4) Применение фотоэффекта.

Тема 4.9. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона

- 1) Энергия, масса и импульс фотона.
- 2) Давление света. Коэффициент отражения.
- 3) Корпускулярно-волновая природа света: в пространстве распространяется в виде электромагнитных волн, взаимодействует с веществом (поглощается и излучается) определенными порциями (квантами), как частицы (фотоны).
- 4) Эффект Комптона и его элементарная теория.

Раздел 5. ФИЗИКА АТОМА, АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

Тема 5.1. Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома

- 1) Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера.
- 2) Модель атома Томсона.
- 3) Опыты по рассеянию α -частиц. Ядерная модель атома.
- 4) Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
- 5) Правило квантования круговых орбит.
- 6) Теория Бора водородоподобного атома.

Тема 5.2. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества

- 1) Гипотеза де Бройля. Движение электронов – волновой процесс. Дифракция электронов при отражении от монокристалла никеля (К. Д. Дэвиссон, Л.Х. Джермер), при прохождении электронного пучка через металлическую фольгу (Дж. П. Томсон, П.С. Тартаковский).
- 2) Необычные свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм.
- 3) Соотношение неопределенностей Гейзенберга: для координаты и импульса микрочастицы; для энергии и времени.

Тема 5.3. Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса

- 1) Ψ -функция – волновая функция, характеризует состояние микрочастицы, движущейся в силовом поле. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Смысл Ψ -функции.
- 2) Квантование энергии. Полная энергия частицы. Собственные значения энергии и собственные функции. Дискретный и непрерывный (сплошной) спектр.
- 3) Собственные значения энергии и собственные функции для частицы в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме. Графики собственных функций и плотности вероятности нахождения частицы на различных расстояниях от стенок ямы.
- 4) Квантование момента импульса частицы.
- 5) Прохождение частицы через потенциальный барьер.

Тема 5.4. Атом водорода в квантовой механике. Периодическая система элементов Менделеева

- 1) Атом водорода. Квантовые числа. Понятие кратности вырождения энергетических

уровней.

2) Правило отбора и принцип минимума энергии. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома.

3) Периодическая система элементов Менделеева (примеры распределения электронов по оболочкам и подоболочкам химических элементов с Z от 1 до 19).

Тема 5.5. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы и их свойства. Радиоактивность

1) Состав и характеристики атомного ядра (протон, нейтрон – их свойства; зарядовые и массовые числа; изотопы; размеры ядер; спин).

2) Масса и энергия связи ядра. Удельная энергия связи; дефект массы. Модели атомного ядра.

3) Ядерные силы и их свойства. π -мезоны (пионы) – носители ядерных сил.

4) Радиоактивность. Закон радиоактивного превращения. Постоянная распада; период полураспада; среднее время жизни радиоактивного ядра.

5) Правила радиоактивного смещения (α -распад, β -распад). Активность радиоактивного вещества.

Тема 5.6. Ядерные реакции. Деление ядер. Ядерный реактор

1) Ядерные реакции. Энергия реакции. Примеры ядерных реакций.

2) Деление тяжелых ядер. Тепловые, мгновенные, запаздывающие нейтроны. Цепная ядерная реакция. Атомная бомба.

3) Управляемая цепная реакция. Атомный реактор. Типы реакторов. Атомная энергетика.

Тема 5.7. Термоядерные реакции синтеза – основной источник энергии звезд

1) Ядерный синтез – слияние легких ядер, при котором выделяется огромная энергия. Условия протекания термоядерных реакций синтеза.

2) Схема протонно-протонного цикла (протекает в недрах Солнца и других, подобных по массе звездах).

3) Схема углеродно-азотного цикла (протекает в более массивных звездах при температурах выше 10^8 К).

4) Проблемы осуществления управляемого термоядерного синтеза.

Тема 5.8. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц

Лекция-дискуссия

1) Виды взаимодействия: сильное, электромагнитное, слабое, гравитационное.

2) Фундаментальные частицы и кванты полей: классификация, краткая характеристика. Частицы и античастицы. Методы регистрации частиц.

3) Современная физическая картина мира.

4.3. Лабораторные работы

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Объем, час	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, час
1	1.	Определение ускорения свободного падения.	0,5	
2	1.	Изучение законов сохранения импульса и энергии.	1	Тренинг в малой группе
3	1.	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника.	0,5	–

4	1.	Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.	1	Разбор конкретных ситуаций
5	1.	Проверка закона сохранения механической энергии.	0,5	
6	1.	Универсальный маятник.	0,5	–
7	1.	Определение скорости звука в воздухе методом резонанса.	0,5	–
8	2.	Изучение газовых законов.	0,5	–
9	2.	Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.	0,5	–
10	2.	Определение вязкости воздуха.	0,5	–
11	2.	Определение отношения теплоёмкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме.	0,5	–
12	3.	Изучение электростатического поля.	0,5	–
13	3.	Измерение величины электрического сопротивления с помощью R моста Уитстона	1	Демонстрация
14	3.	Измерение удельного сопротивления.	0,5	–
15	3.	Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.	0,5	–
16	3.	Изучение вакуумного диода и определение удельного заряда электрона.	0,5	–
17	3.	Определение индуктивности соленоида.	0,5	–
18	3.	Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа.	1	–
19	4.	Изучение зависимости показателя преломления раствора от его концентрации.	0,5	–
20	4.	Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки.	0,5	–
21	4.	Изучение спектрального аппарата.	0,5	–
22	4.	Изучение явления поляризации света.	0,5	–
23	4.	Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра	1	Разбор конкретных ситуаций
24	4.	Исследование селективного фотоэффекта.	0,5	
25	5.	Изучение спектра излучения атомов цинка.	1	Демонстрация
		ИТОГО	18	5

4.4. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Согласно учебному плану студенты профиля подготовки 15.03.02 «Машины и оборудование лесного комплекса» заочной формы обучения при изучении дисциплины «Физика» выполняют две контрольные работы.

Цель проведения контрольных работ – закрепить теоретический материал курса физики.

Основная тематика:

- механика;
- молекулярная физика и термодинамика;
- электромагнетизм

- оптика;
- физика атома, атомного ядра и элементарных частиц.

Содержание.

Каждая контрольная работа содержит по 8 задач на любые из перечисленных выше разделов физики.

Структура.

В контрольной работе необходимо указать номер варианта (соответствует последней цифре номера зачетной книжки или студенческого билета), записать условие задачи, решение с пояснением. В тех случаях, когда это необходимо, нужно сделать чертеж, выполнить вычисления, осуществить проверку единиц измерения и записать ответ.

Объем: 1 – 2 страницы на каждую задачу. Выполняется в тетради в клетку объемом 12-14 листов.

Задания по контрольным работам выдаются согласно графику контрольных мероприятий для заочной формы обучения.

Оценка	Критерии оценки выполнения контрольной работы (заочная форма обучения)
зачтено	Обучающийся правильно решает все восемь задач своего варианта, оформляет контрольную работу по образцу, при пояснении решения задачи приводит чертежи или графики с обозначением необходимых величин, вывод формул и решение задач сопровождается краткими, но исчерпывающими пояснениями, осуществляет проверку размерности полученной расчетной формулы, после проверки размерности формулы осуществляет численный расчет
не зачтено	Обучающийся решает задачи своего варианта с большим количеством замечаний: безграмотно выполнены чертежи и графики к задачам, работа оформлена не по образцу, ошибки в расчетах, отсутствуют пояснения к решению задач – контрольная работа возвращается на доработку

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

<i>№, наименование разделов дисциплины</i>	<i>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>ОПК</i>					
		<i>б</i>					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	
1. Механика	106	+		1	106	Лк, ЛР, СР	1к, экзамен
2. Молекулярная физика и термодинамика	68	+		1	68	Лк, ЛР, СР	1к, экзамен
3. Электромагнетизм	145	+		1	145	Лк, ЛР, СР	2к,зачёт, экзамен
4. Оптика	87	+		1	87	Лк, ЛР, СР	2к,зачет, экзамен
5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	76	+		1	76	Лк, ЛР, СР	2к,зачет, экзамен
<i>всего часов</i>	482	482		1	482	-	-

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Ким, Д.Б. Механика. Курс лекций: учебное пособие. Ч.1 / Д.Б. Ким, Д.И. Левит, И.Г. Махро. – Братск: БрГУ, 2017. – 246 с.
2. Ким, Д.Б. Механика. Курс лекций: учебное пособие. Ч.2 / Д.Б. Ким, Д.И. Левит, И.Г. Махро. – Братск: БрГУ, 2017. – 193 с.
3. Ким, Д.Б. Физика. Механика: лабораторный практикум/Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро. – 5-е изд., перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2016. – 142 с.
4. Ким, Д.Б. Физика. Электричество и электромагнетизм. Лабораторный практикум/ Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро. – 2-е изд. Братск: БрГУ, 2016. – 130 с.
5. Рудя, С.С. Физика. Оптика: Методические указания по лабораторным работам/ С.С. Рудя, Е.Т. Агеева, И.Г. Махро. – Братск: БрГУ, 2016. – 164 с.
6. Ким, Д.Б. Электромагнетизм: курс лекций / Д. Ким, Н.П. Коновалов, Д.И. Левит. – Братск: БрГУ, 2016. – 412 с.
7. Физика. Молекулярная физика и термодинамика: лабораторный практикум/Д.Б. Ким, И.Г. Махро, А.А. Кропотов, Е.Т. Агеева. – Братск: БрГУ, 2014. –112с.
8. Яскин, А.С. Физика твёрдого тела, атома и атомного ядра: лабораторный практикум/ А.С. Яскин, И.Г. Махро, Е.Т. Агеева. – Братск: БрГУ, 2014. –160 с.
9. Физика. Методические указания и контрольные задания для бакалавров ЗФО технических профилей/ Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро, Д.И. Левит. – Братск: БрГУ, 2013. –140 с.
10. Ким, Д.Б. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие./ Д.Б. Ким, Д.И. Левит. – Братск: БрГУ, 2012. –145 с.

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия (Лк, ЛР, кр, СР)	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз/чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов / Т.И. Трофимова. -22-е стереотип. – Москва: Академия, 2016. – 560 с.	Лк, ЛР, СР, кр	150	1
2.	Детлаф, А.А. Курс физики: учебное пособие для вузов/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. 7-е изд., стереотип. – М.: Академия, 2008. – 720 с.	Лк, ЛР, СР, кр	100	1
Дополнительная литература				
3.	Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: для студентов технических вузов / В.С. Волькенштейн. – 3-е издание, испр. и доп.- Санкт-Петербург: Книжный мир, 2006. – 328 с.	кр	99	1
4.	Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика: Учебник для втузов / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1989. – 350 с.	Лк, ЛР, СР	208	1
5.	Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Учебник для втузов / И.В. Савельев. – М.: Наука, 1988. – 496 с.	Лк, ЛР, СР	97	1

6.	Савельев, И.В. Курс общей физики. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела атомного ядра и элементарных частиц. Учебник для втузов / И.В. Савельев. – М: Наука, 1987. – 317с.	Лк, ЛР, СР	101	1
----	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------	-----	---

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО - ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ <http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань» <http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ <http://xn--90ax2c.xn-plai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе подготовки к лабораторным работам необходимо изучить методическую литературу, рекомендованную для подготовки к выполнению работы, составить протокол необходимый для выполнения ЛР. Протокол должен включать в себя: название ЛР, цель, приборы и принадлежности, принципиальную схему рабочей установки и таблицу результатов. Ознакомиться с порядком выполнения ЛР. После того как ЛР будет выполнена необходимо оформить отчёт по ЛР и подготовиться к защите ЛР. Лабораторный практикум содержит вопросы для защиты ЛР на которые студент должен ответить. Для подготовки к защите ЛР студенту необходимо ознакомиться с теоретическим введением в лабораторном практикуме, а также использовать рекомендуемую лабораторным практикумом литературу и свой конспект лекций. Для большего освоения материала ответы на вопросы рекомендуется оформлять в виде конспекта.

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра математики и физики

Лабораторная работа

Изучение стабилитрона и снятие его характеристик

ОТЧЕТ

Выполнил:

студент гр. МЛ -18

И.Ю. Плотников

Руководитель:

доцент, к.ф.-м.н.

И.Г. Махро

Братск 2018

Цель работы:

изучение стабилитрона и снятие его характеристик.

Приборы и принадлежности:

стабилитрон СГ-2с;
источник питания УИП-1;
реостат РПС 6500+10% Ом, 0,25 А;
балластное сопротивление $R = 5 \text{ кОм}$;
сопротивление нагрузки $R = 12 \text{ кОм}$;

вольтметры Э515, \approx \star ⏏ , ц.д. = 1В, 2 В;

соединительные провода.

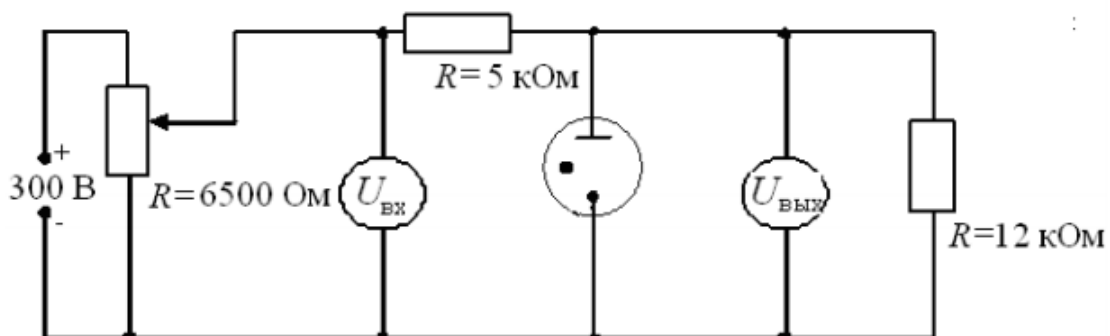
Принципиальная электрическая схема рабочей установки

Рис. 1

Таблица результатов

$U_{вх}, \text{В}$	0	20	40	60	80	100	110	120	130
$U_{вых}, \text{В}$	0	10	28	43	56	70	84	70	71

Продолжение таблицы результатов

$U_{вх}, \text{В}$	140	160	180	200	220	240	260	280	300
$U_{вых}, \text{В}$	71	72	72	73	73	73	74	74	75

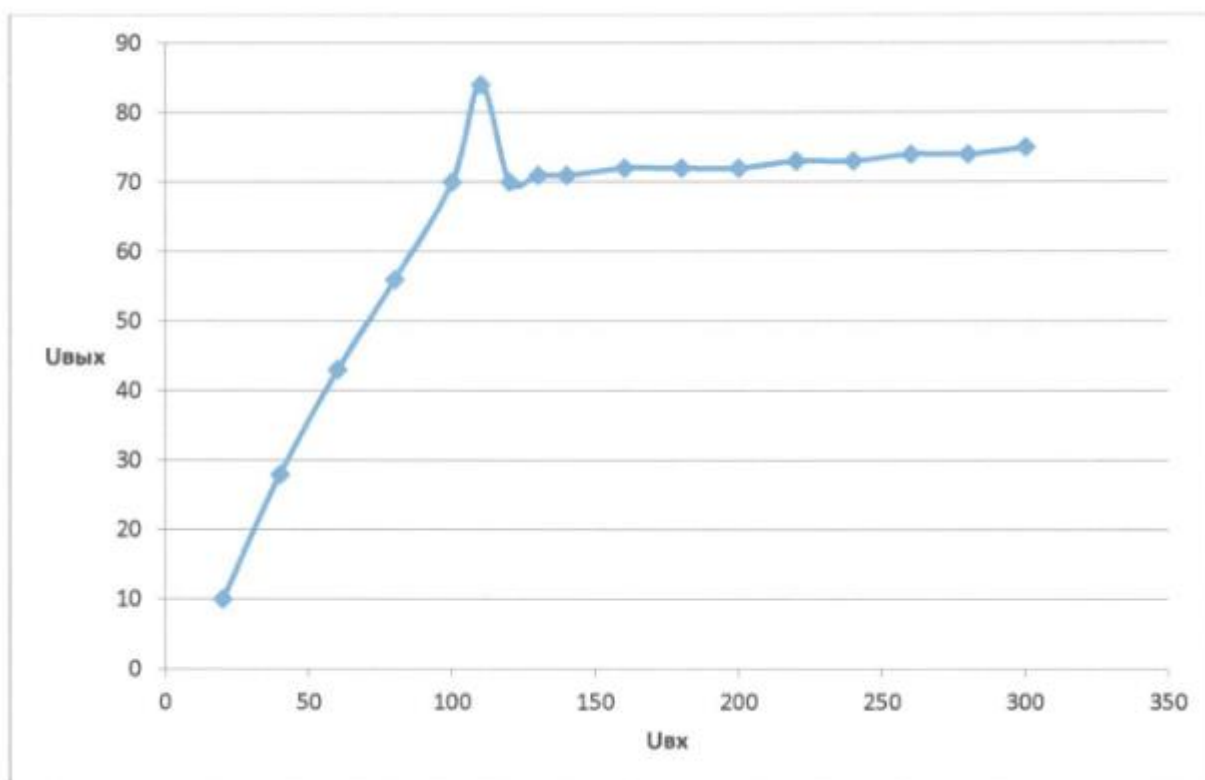


Рис. 2. График зависимости выходного напряжения $U_{\text{вых}}$ от входного $U_{\text{вх}}$, подаваемого на стабилизатор

Вывод:

Изучили стабилизатор и сняли его характеристики: область работы стабилизатора от 120 до 300 В; напряжение зажигания лампы $U_3 \approx 110$ В.

Лабораторная работа № 1

Определение ускорения свободного падения

Цель работы: экспериментальное определение ускорения свободного падения с помощью прибора Атвуда.

Приборы и принадлежности: прибор Атвуда с секундомером, добавочные грузы.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Включить прибор Атвуда в сеть.
2. Переместить правый груз в верхнее положение, положить на него один из дополнительных грузиков,
3. Измерить пути равноускоренного S_1 и равномерного S_2 движений большего груза и время падения груза.
4. Измерение повторить 5-10 раз
5. Подставив среднее значение времени $\langle t_2 \rangle$ в расчётную формулу, определить ускорение свободного падения $\langle g \rangle$.
10. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти относительную E и абсолютную Δg погрешности величины $\langle g \rangle$
11. Данные результатов измерений и вычислений заносят в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите устройство рабочей установки и ход эксперимента.
3. Запишите рабочую формулу, поясните ее.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте законы Ньютона и раскройте их смысл.
2. Почему второй закон Ньютона относится к материальной точке, а не к телу?
3. Дайте определение импульса тела и импульса силы.
4. Что называется массой тела.

Форма отчетности: отчёт по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 2

Изучение законов сохранения импульса и энергии.

Цель работы: экспериментальное исследование процесса соударения упругих тел и проверка выполнения в системе соударяющихся тел законов сохранения импульса и механической энергии.

Приборы и принадлежности: лабораторная установка FPM-08.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Провести корректировку осевой установки шаров, ослабив фиксирующие гайки, установить шкалы 3, 4 таким образом, чтобы указатели подвесов занимали на шкалах нулевое положение.
2. Нажать клавишу «СЕТЬ».
3. Правый шар отодвинуть в сторону электромагнита и заблокировать его в этом положении, записать значение угла отклонения подвеса правого шара (1) от вертикали α .
4. Нажать клавишу «ПУСК».
5. После столкновения шаров измерить по шкале углы отклонения шаров α'_1 (правый шар 1) и α'_2 (левый шар 2).
6. Измерение повторить 8 – 10 раз.
7. По формуле (103.9) вычислить скорость v правого шара до соударения. Подставив в эту же формулу вместо значения угла α средние значения $\langle \alpha'_1 \rangle$ и $\langle \alpha'_2 \rangle$, рассчитайте средние скорости $\langle u_1 \rangle$, $\langle u_2 \rangle$ шаров после соударения.
8. Результаты вычислений занести в таблицу.

9. Сделать вывод о выполнении законов сохранения энергии и импульса.

Вопросы для допуска к работе

1. Изложить цель работы.
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Поясните смысл и метод определения всех величин, вносимых в таблицу.

Вопросы для защиты работы

1. Что называется импульсом тела, энергией?
2. Дайте определение замкнутой системы.
3. какие величины называются интегралами движения? приведите примеры.
4. С чем связаны законы сохранения импульса, энергии, момента импульса?
5. Сформулируйте законы сохранения импульса и механической энергии системы.
6. Приведите определения кинетической и потенциальной энергии, импульса системы.
7. Какие силы называются консервативными и диссипативными?
8. Какие удары называются абсолютно упругими и абсолютно неупругими?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 3

Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника

Цель работы: определение скорости пули с помощью баллистического маятника с использованием законов сохранения импульса и энергии с целью развития у обучающихся профессиональных компетенций, приобретения навыков работы с литературой и навыков работы в команде.

Приборы и принадлежности: баллистический маятник, пружинный пистолет, зеркальная шкала, измерительная линейка, пуля.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Привести маятник в состояние равновесия
2. Произвести 5 – 6 выстрелов, каждый раз отмечая смещения S указателя по шкале. Результаты измерений записать в таблицу. Определить среднее арифметическое значение смещения $\langle S \rangle$.
3. Вычислить скорость пули по формуле. Вычислить абсолютную погрешность прямых многократных измерений S по формуле:

$$\Delta S = t_{p(n)} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \langle S \rangle)^2}{n(n-1)}},$$

где $t_{p(n)}$ – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $p = 0,95$ и числа измерений n .

4. Вычислить относительную погрешность измерения скорости пули

$$E = \frac{\Delta v}{\langle v \rangle} = \frac{\Delta M + \Delta m}{M + m} + \frac{\Delta m}{m} + \frac{\Delta S}{S} + \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta l}{l} \right).$$

5. Найти абсолютную погрешность $\Delta v = \langle v \rangle \cdot E$.
6. Окончательный результат записать в виде $v = \langle v \rangle \pm \Delta v$.

Вопросы для допуска к работе

1. Изложите цель работы, назначение приборов и принадлежностей.
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Какие допущения возможны, если рассматривать систему «маятник-пуля» как замкнутую?
4. Напишите рабочую формулу, примененную в данной работе.

Вопросы для защиты работы

1. Что называется импульсом тела и в каких единицах он измеряется в системе СИ?
2. При каком условии систему «маятник-пуля» можно рассматривать как изолированную?
3. В чем состоит закон сохранения импульса? К каким системам он применим? Дайте вывод этого закона и приведите примеры его проявления (его действия).
4. Как найти изменение импульса неизолированной системы?
5. Какие существуют виды механической энергии. Дайте их определения.
6. Для каких систем справедлив закон сохранения механической энергии и как он формулируется?
7. Какой удар называют абсолютно упругим и какой абсолютно неупругим?

Задания для самостоятельной работы:

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию: проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на обсуждение законов сохранения, возникающих при соударении пули с баллистическим маятником.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 4

Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.

Цель работы: экспериментальная проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека в разных ситуациях: для случая, когда $J = \text{const}$, для случая при $M = \text{const}$.

Приборы и принадлежности: маятник Обербека с миллисекундомером FPM-15, штангенциркуль

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Измерить штангенциркулем радиус большого и малого шкивов r_1 и r_2 .
2. Определить массу груза взвешиванием на технических весах с точностью $\pm 0,1$ г.
3. Проверить соотношение. Для этого:
 - закрепить цилиндрические подвижные грузы на стержнях на ближайшем расстоянии от оси вращения так, чтобы крестовина была в положении безразличного равновесия;
 - намотать нить на большой шкив радиуса r_1 и измерить время движения груза t_1 с высоты h миллисекундомером;
 - опыт повторить 5 раз. Высоту h не рекомендуется менять в течение всей работы;
 - по формулам вычислить значения a_1 , ε_1 , M_1 ;
 - не меняя расположения подвижных грузов и оставляя тем самым неизменным момент инерции системы, опыт повторить, наматывая нить с грузом на малый шкив радиусом r_2 ;
 - по формулам вычислить значения a_2 , ε_2 , M_2 ;
 - проверить справедливость следствия основного закона динамики вращательного движения: $M_1 / M_2 = \varepsilon_1 / \varepsilon_2$, при $J = \text{const}$
 - данные результатов измерений и вычислений занести в таблицы.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Поясните физический смысл величин, входящих в данный закон, укажите единицы их измерения в «СИ».

3. Опишите устройство рабочей установки.
4. Оцените погрешность метода измерений величины углового ускорения.

Вопросы для защиты работы

1. Дайте определения момента сил, момента импульса материальной точки относительно неподвижной точки O .
2. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной точки O и неподвижной оси Z .
3. Дайте определение момента инерции материальной точки и твердого тела.
4. Выведите рабочие формулы.
5. Выведите соотношение $\varepsilon = f(J)$ при $M = \text{const}$ и $\varepsilon = f(M)$ при $J = \text{const}$.

Задания для самостоятельной работы:

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке лабораторному занятию: проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Подготовка к участию в тренинге, направленного на разбор конкретных ситуаций: проверки основного закона динамики вращательного движения.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 5

Проверка закона сохранения механической энергии

Цель работы: проверка закона сохранения механической энергии при скатывании тела с наклонной плоскости.

Приборы и принадлежности:

наклонный желоб с миллисекундомером FPM-15, шарик.

Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента

1. Установить заданный угол наклона желоба α с горизонтом ($30^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$).
2. Нажать клавишу СЕТЬ.
3. С помощью электромагнита шарик зафиксировать в верхнем конце желоба.
4. Нажать клавишу ПУСК.
5. Записать показания миллисекундомера в таблицу результатов.
6. Опыт повторить 5-10 раз и определить среднее значение времени движения $\langle t \rangle$.
7. По формуле, зная угол наклона желоба с горизонтом α и путь l , пройденный шариком между двумя фотоэлектрическими датчиками, найти скорость шара V в конце пути.
8. Подставив среднее значение времени $\langle t \rangle$ в проверочную формулу, рассчитать скорость $V_{\text{пров}}$.
9. Оценить относительную E и абсолютную ΔV погрешности измерений по формулам, полученным дифференциальным методом

$$E_1 = \frac{\Delta V}{V} = \frac{1}{2} \left(\frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta \alpha}{\text{tg } \alpha} \right), \quad E_2 = \frac{\Delta V_{\text{пров}}}{V_{\text{пров}}} = \frac{\Delta l}{l} + \frac{\Delta t}{t}.$$

Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите устройство рабочей установки и ход эксперимента.
3. Запишите рабочую и проверочную формулы, поясните их.

Вопросы для защиты работы

1. Какие силы приводят к отсутствию скольжения при скатывании тела с наклонной плоскости? Укажите их на чертеже.
2. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.

3. Какие силы называются консервативными?
 4. Какие силы называются консервативными? Диссипативными? Приведите примеры этих сил.
 5. Поясните физический смысл силы трения сцепления F_{τ} , и почему при отсутствии скольжения выполняется закон сохранения механической энергии.
- Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

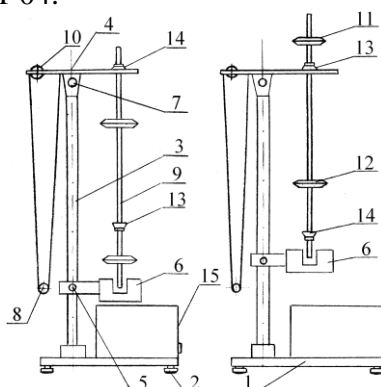
Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 6

Универсальный маятник

Цель работы: экспериментальное определение ускорения свободного падения методом колебаний математического и оборотного маятников.

Приборы и принадлежности:
установка ФРМ-04.



Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника

1. Нижний кронштейн 6 вместе с фотоэлектрическим датчиком установите в нижней части колонки так, чтобы длина математического маятника по шкале была не менее 50 см. Затяните вороток 5, фиксируя фотоэлектрический датчик в избранном положении.
2. Поворачивая нижний кронштейн, поместите над датчиком математический маятник.
3. Вращая вороток 10, на верхнем кронштейне установите длину математического маятника, обратив внимание на то, чтобы черта на шарике была продолжением черты на корпусе фотоэлектрического датчика.
4. Отклоните математический маятник на угол $4 - 5^{\circ}$ от положения равновесия.
5. Нажмите клавишу СБРОС.
6. При подсчете измерителем 30-50 колебаний нажмите клавишу СТОП (при 30 колебаниях нажать при цифре 29, при 50 колебаниях – при цифре 49!). Измерения повторите не менее 5 раз для одного и того же числа колебаний.
7. Определите среднее арифметическое значение времени по формуле:

$$\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$$

где n – количество выполненных измерений; t_i – значение времени, полученное в i -ом измерении.

8. Определите период T_1 математического маятника.
9. По формуле определите ускорение свободного падения g_1 .

Определение ускорения свободного падения с помощью оборотного маятника

1. Поверните верхний кронштейн на 180° .
2. Установите оборотный маятник на ножке 14 как указано на рисунке.

3. Отклоните маятник на угол $4-5^{\circ}$ от положения равновесия.
4. Нажмите клавишу СБРОС.
5. После подсчета измерителем 30-50 колебаний нажмите клавишу СТОП. Измеряют не менее 5 раз время 30-50 колебаний маятника.
6. Определите период колебаний оборотного маятника T_2 .
7. Снимите маятник и, перевернув его, подвесьте на втором ноже 13.
8. Нижний кронштейн с фотоэлектрическим датчиком 6 переместите так, чтобы конец стержня маятника перекрывал световой луч, поступающий от лампочки на фотодатчик.
9. Повторите опыт согласно пунктам 3-5. Определив период колебаний T_2' , сравните результат с полученной выше величиной T_2 . Для оборотного маятника расхождения в значениях T_2 и T_2' не должны превышать 1%.
10. Определите приведенную длину оборотного маятника L , подсчитывая количество насечек на стержне между ножами, которые нанесены через каждые 10 мм.
11. По формуле определите ускорение свободного падения g_2 .
12. Оцените относительную (E) и абсолютную (Δg) погрешности результатов измерений по формулам, полученным дифференциальным методом:

$$E_1 = \frac{\Delta g_1}{g_1} = 2 \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta l}{l} + 2 \frac{\Delta T_1}{T_1}, \quad \Delta g_1 = E_1 g_1;$$

$$E_2 = \frac{\Delta g_2}{g_2} = 2 \frac{\Delta \pi}{\pi} + \frac{\Delta L}{L} + 2 \frac{\Delta T_2}{T_2}, \quad \Delta g_2 = E_2 g_2.$$

Результаты измерений и вычислений заносят в таблицы.

Вопросы для допуска к работе

1. Цель работы.
2. Что называется физическим и математическими маятниками? Какой маятник является оборотным?
3. Запишите формулу периода колебаний физического маятника и поясните физический смысл входящих в нее величин.
4. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.

Вопросы для защиты работы

1. Выведите формулу для периода колебаний физического и математического маятников.
2. Выведите дифференциальные уравнения гармонических колебаний физического и математического маятников, приведите их решения.
3. Что называется приведенной длиной физического маятника?
4. Выведите рабочую формулу для определения ускорения свободного падения.
5. Оцените погрешность методов измерения ускорения свободного падения с помощью математического и оборотного маятников.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 7

Определение скорости звука в воздухе методом резонанса

Цель работы: ознакомление с резонансным методом определения скорости звука.

Приборы и принадлежности:

металлическая трубка с подвижным поршнем, электронный осциллограф,
звуковой генератор, измерительная линейка, микрофон.

Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента

1. включить генератор ГЗ-102 в сеть. Предварительно следует установить ручки на панели генератора: «множитель частот» – в положение 10, «регулировка напряжения» – в крайнее левое положение 50.

2. Включают в сеть осциллограф.
3. Медленно и равномерно отодвигается поршень от телефона по шкале, нанесенной на штоке, последовательно отмечают и записывают положения l_i , при которых сигнал на экране осциллографа максимально усиливается.
4. Вычисляется расстояние $\delta l = l_{i+1} - l_i$. Следует найти не менее пяти значений δl .
5. По формуле вычисляют длину звуковой волны для каждого из опытов, вычисляют фазовую скорость распространения звука
6. Находят среднюю скорость звука и подсчитывают абсолютную и относительную погрешности результата, исходя из среднего значения искомой величины.
7. Измерения повторяют при частоте 2000 Гц.
8. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите метод нахождения длины звуковой волны в работе.
3. Запишите формулу для определения скорости звука в работе.

Вопросы для защиты работы

1. Что называется механической волной? Какая волна является продольной? Поперечной?
2. Получите уравнение плоской бегущей волны.
3. Что называется интерференцией волн? Выведите уравнение стоячей волны.
4. Что такое пучность, узел стоячей волны?
5. Какими свойствами обладают механические волны?
6. Что называется звуком? От чего зависит скорость распространения звуковой волны в твердых, жидких, газообразных веществах? Выведите ее.
7. Выведите энергию и интенсивность бегущей волны.
8. Что называется высотой звука? От чего зависит громкость звука?
9. Что называется инфразвуком, ультразвуком? Расскажите об их применении.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 8

Изучение газовых законов

Цель работы: изучение газовых законов;
проверка уравнения Клапейрона.

Приборы и принадлежности: колба с термометром, водяной манометр,
стакан с водой, электрическая плитка со штативом.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Воздух в закрытой колбе нагревают от комнатной температуры до $40 - 50^\circ\text{C}$ и через каждые $4 - 6^\circ\text{C}$, в зависимости от цены деления термометра, фиксируют по шкале манометра значения $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$ соответствующие температурам $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$. Данные измерений занести в таблицу.
2. По формулам вычисляют значения давлений $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$ и объемов $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$, соответствующие температурам $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$.
3. Используя выражения осуществляют проверку закона Клапейрона. Результаты вычислений занести в таблицу

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дайте понятие идеального газа.
3. Опишите установку и порядок выполнения работы.
4. Запишите рабочую формулу для проверки уравнения Клапейрона и поясните ее.

Вопросы для защиты работы

1. Поясните, почему изучая поведение реальных газов, мы часто пользуемся моделью идеального газа?
2. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа и поясните его.
3. Дайте понятие моля вещества, как рассчитывается количество молей идеального газа, число молекул газа?
4. Сформулируйте законы идеального газа. Приведите графики изотерм, изобар, изохор.
5. Используя уравнение Клапейрона, выведите и поясните уравнение.
6. Поясните физический смысл газовой постоянной R .
7. Что называется термодинамическим процессом?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

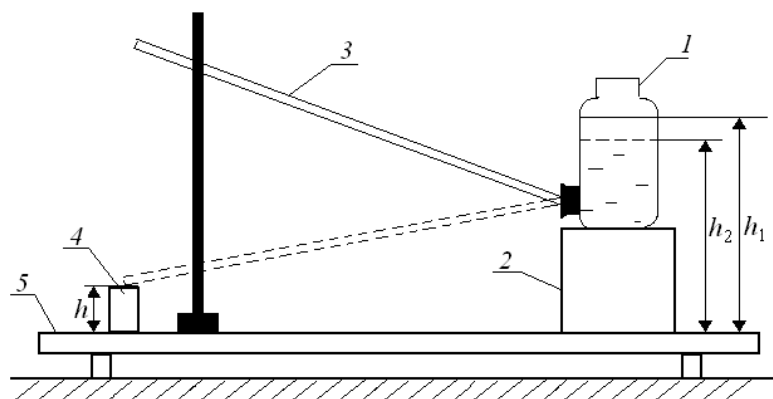
Лабораторная работа № 9

Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.

Цель работы: экспериментальное определение коэффициента динамической вязкости воды при ламинарном течении жидкости через капиллярную трубку.

Приборы и принадлежности:

сосуд с водой, капиллярная трубка, мерный стакан, секундомер, измерительная линейка.



Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Линейкой измеряют высоту уровня жидкости h_1 в сосуде 1 от поверхности стойки 5.
2. Опускают трубку свободным концом в мерный стакан 4, одновременно включают секундомер и измеряют время t , в течение которого через трубку в стакан перетекает жидкость объемом 0,1–0,2 литра (по указанию преподавателя).
3. Измеряют высоту уровня жидкости в сосуде h_2 после вытекания и высоту конца трубки h над поверхностью стойки.
4. Опыт повторяют 5 раз для одного и того же объема жидкости. Результаты измерений занесите в таблицу.
5. Вычислите среднее арифметическое значение времени.
6. По формуле рассчитайте значение коэффициента динамической вязкости $\langle \eta \rangle$, подставив среднее арифметическое значение времени $\langle t \rangle$. Значение радиуса R и длины l трубки спросите у преподавателя или у лаборанта.
7. Найдите абсолютную $\Delta \eta$ и относительную E погрешность результата, исходя из табличного значения искомой величины.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.

2. Что называется коэффициентом динамической вязкости?
3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
4. Запишите рабочую формулу и поясните физический смысл, входящих в нее величин.

Вопросы для защиты работы

1. Объясните возникновение вязкости (внутреннего трения) в жидкостях и запишите формулу Ньютона.
2. Поясните физический смысл коэффициента вязкости η и от чего он зависит?
3. Назовите виды течения вязкой жидкости. Напишите формулу Рейнольдса для течения жидкости в круглой трубе.
4. Выведите формулу Пуазейля и исследуйте ее.
5. Выведите рабочую формулу.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 10

Определение вязкости воздуха

Цель работы: определить коэффициент вязкости воздуха по истечению через капилляр.

Приборы и принадлежности:

капилляр, манометр, груша, баллон,
зажим, соединительные шланги, секундомер.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Ознакомиться с работой секундомера (см. на корпусе установки). Если в вашем мобильном телефоне есть секундомер с памятью, то можете использовать его при выполнении работы.

2. Перекрыть капилляр 4 зажимом 5 (кольцо зажима перемещают в сторону капилляра до упора) и с помощью груши 2 накачать в баллон 1 воздух до разности давлений $\Delta P \approx 200 \div 220$ мм.рт.ст.

3. Подождать несколько секунд, пока стрелка манометра 3 не остановится.

4. Открыть капилляр, ослабив зажим 5, снять зависимость давления в баллоне от времени. Для этого при подходе давления к выбранному значению $\Delta P_{нач}$ (можно взять $\Delta P_{нач} = 160$ мм.рт.ст.) включить секундомер. При достижении заданных значений ΔP зафиксировать показания секундомера с помощью кнопки А (этап), т.е. последовательно при достижении заданных значений ΔP быстро нажимаем и отпускаем только кнопку А! Таким образом, в память секундомера заносятся значения «промежуточных результатов» (этапов). После записи времени последнего этапа останавливаем секундомер, нажимая на кнопку С (стоп). Считывание этапов из памяти осуществляется последовательным нажатием кнопки D. Соответствующие значения времени занести в таблицу.

Внимание! Значения времени этапов удобнее заносить в таблицу снизу вверх, т.е. от последнего этапа к первому.

5. Стирание занесенных в память «промежуточных результатов» (этапов) осуществляется нажатием и удержанием кнопки D в течение *не менее 3 секунд* (пока не обнулятся показания всех этапов). После этого нужно еще раз быстро нажать на кнопку D. Таким образом, осуществится полное «обнуление» секундомера и он снова будет готов к работе.

6. Операции по пунктам 2 – 6 повторить не менее пяти раз, результаты измерений времени занести в таблицу.

7. Рассчитать среднее арифметическое значение времени $\langle t \rangle$ для заданных значений ΔP .

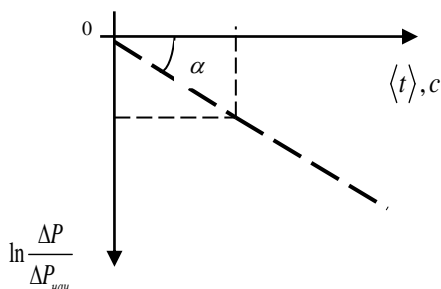
8. Рассчитать логарифмы отношений ΔP к $\Delta P_{нач}$ и занести их значения в таблицу.

9. Среднее значение давления $\langle P \rangle$ в сосуде за время проведения эксперимента можно рассчитать по формуле:

$$\langle P \rangle = \frac{(P_{атм} + \Delta P_{нач}) + (P_{атм} + \Delta P_{кон})}{2},$$

где атмосферное давление $P_{атм}$ определяется по барометру, находящемуся в лаборатории, а $\Delta P_{нач}$ и $\Delta P_{кон}$ – разности избыточных давлений на концах капилляра в начале и в конце эксперимента, измеряются с помощью манометра в мм рт.ст. Для расчета вязкости воздуха по формуле давление $\langle P \rangle$ нужно выразить в паскалях: 1 мм рт.ст. = 133 Па.

10. Для определения углового коэффициента A (тангенса наклона прямой $Y = A \cdot X$, где $Y = \ln\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_{нач}}\right)$, а $X = t$) постройте, используя данные из таблицы, соответствующий график зависимости, примерный вид которого приводится на рис. .



Для расчета коэффициента A можно взять любую экспериментальную точку, которая лежит на прямой:

$$|A| = \operatorname{tg} \alpha = \frac{\ln\left(\frac{\Delta P}{\Delta P_{нач}}\right)_i}{\langle t \rangle_i},$$

где i – номер опыта или номер экспериментальной точки.

11. По формуле (205.9) рассчитайте вязкость воздуха η . Диаметр D и длина L капилляра, а также объем V баллона указаны на корпусе экспериментальной установки.

12. Сравните полученный результат с табличным (см. в табл. значение вязкости воздуха при соответствующей температуре):

$$\Delta \eta = |\eta - \eta_{табл}|$$

и оцените относительную погрешность измерений в процентах.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Поясните принцип эксперимента и ход работы.
3. Запишите рабочую формулу для определения коэффициента вязкости воздуха и поясните все величины, входящие в эту формулу.

Вопросы для защиты работы

1. Объясните молекулярно-кинетический механизм внутреннего трения.
2. Объясните формулу, выражающую величину силы внутреннего трения. Что такое градиент скорости?
3. Какие существуют виды течения молекул газа (жидкостей) по капиллярным трубкам? При каком течении справедлива формула Пуазейля?
4. Что показывает число Рейнольдса? Каков его физический смысл?
5. Выведите расчетную формулу для коэффициента динамической вязкости воздуха.
6. Покажите, используя формулу, в каких единицах системы СИ измеряется коэффициент динамической вязкости.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2; дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 11

Определение отношения теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме

Цель работы: определить методом Клемана-Дезорма отношение теплоемкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме.

Приборы и принадлежности: стеклянный баллон, насос Камовского, U-образный водяной манометр, соединительные шланги

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Пробкой перекрыть отверстие в крышке баллона и открыть кран, соединяющий баллон с насосом.
2. Вращая рукоятку насоса, накачивают воздух в баллон так, чтобы разность уровней жидкости в трубках U-образного манометра составила 25 – 30 см.
3. Подождать 2-3 мин. пока жидкость не перестанет перетекать из одной трубки манометра в другую. По шкале манометра измерьте установившуюся в конце изохорного разность уровней жидкости в обоих коленах манометра h_1 .
4. На 2-3 секунды вынимают пробку в крышке баллона и выпускают из него часть воздуха. Выждав 1-2 мин. пока газ, охлажденный при адиабатическом расширении, нагреется до комнатной температуры, измеряют разность уровней жидкости в коленах манометра h_2 в конце изохорного нагревания
5. По формуле вычисляют значение γ . Опыт повторяют 8 – 10 раз,
6. Вычисляют абсолютную $\Delta\gamma$ и относительную E погрешности
7. Данные результатов измерений и вычислений занесите в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите устройство рабочей установки и ход эксперимента.
3. Какой процесс называется адиабатическим? Какие условия соответствуют осуществлению адиабатического процесса на данной установке?

Вопросы для защиты работы

1. Что называют удельной теплоемкостью вещества? Молярной теплоемкостью? Какая связь между ними?
2. Сформулируйте первый закон термодинамики.
3. Чему равны молярные теплоемкости идеальных газов при изопроцессах?
4. Докажите, что $C_p > C_v$.
5. Получите уравнение Пуассона для адиабатического процесса.
6. Что называется числом степеней свободы?
7. Запишите выражение для внутренней энергии идеального газа и поясните его.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 4

Лабораторная работа № 12

Изучение электростатического поля

Цель работы: получить распределение потенциала для различных конфигураций электрических полей, моделируемых с помощью электролитической ванны.

Приборы и принадлежности: источник питания, осциллограф, ванна с электролитом, набор электродов.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Собрать схему

2. На листе миллиметровой бумаги выбрать масштаб и заготовить сетки для каждой пары электродов А и В в соответствующем масштабе.

3. Установить движок потенциометра R на 1-е деление.

4. Перемещать зондовый электрод С в ванне до тех пор, пока вертикальная линия на экране осциллографа не сожмется в точку. На заготовленную координатную сетку нанести координаты положения зонда С.

5. Не меняя положения движка потенциометра R, найти еще 9-10 точек с таким же потенциалом φ . Соединить найденные точки линией, это и будет эквипотенциальная линия.

6. Определить потенциал и напряженность поля в 4-5 произвольно выбранных или заданных преподавателем точках для одного из смоделированных полей.

7. Полученные результаты занести в таблицу. Над таблицей следует указать, для какого поля проводились измерения.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Что в себя включает понятие электростатического поля?
3. Графически изобразите электростатическое поле в случае одиночного заряда, одной заряженной плоскости

Вопросы для защиты работы

1. Дайте определение электростатического поля.
2. Назовите основные характеристики электростатического поля и их единицы измерения.
3. Что называется силовой линией электростатического поля?
4. Дайте определение напряженности E и потенциала φ электростатического поля.
5. Приведите примеры расчета E и φ для точечного заряда.
6. Что называется разностью потенциалов? Приведите примеры расчета разности потенциалов между двумя заряженными пластинами.
7. Найдите связь между E и φ .
8. Дайте анализ результатов исследований электростатического поля.
9. Каковы Ваши критические замечания по данной работе?
10. Сформулируйте теорему Гаусса для вектора \vec{E} .

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 5

Лабораторная работа № 13

Измерение величины электрического сопротивления с помощью R моста Уитстона

Цель работы:

1. Изучение принципа работы измерительной мостовой схемы.
2. Определение величины сопротивления двух проводников и величины сопротивления при их последовательном и параллельном соединении.

Приборы и принадлежности: реохорд, набор резисторов с неизвестными сопротивлениями, магазин сопротивлений, милливольтметр, источник постоянного тока.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Измерение величины сопротивления двух проводников, а также общего сопротивления при их последовательном и параллельном соединениях.

1. Собрать схему.
2. Измерить величину сопротивления R_{x1} , а также последующих сопротивлений (три раза)
3. Повторить измерения при $l_1 < l_2$ и $l_1 > l_2$,
4. Измеряемая величина сопротивления определяется по формуле $R_x = R \frac{l_1}{l_2}$.
5. Включить в цепь R_{x2} вместо R_{x1} и измерить его величину.

6. Измерить величины сопротивлений последовательного и параллельного соединений R_{x1} и R_{x2} , включаемых вместо R_x
7. По формулам $R_{x\text{послед}} = R_{x1} + R_{x2}$ и $R_{x\text{пар}} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}$ рассчитать значения величин сопротивлений
8. Результат измерений занести в таблицу

Вопросы для допуска к работе

1. Назовите цель работы.
2. Каков принцип действия моста Уитстона?
3. Изменится ли условие равновесия моста, если гальванометр и источник тока поменять местами?
4. Почему гальванометр, применяемый в мосте Уитстона, имеет двухстороннюю шкалу с нулем посередине?

Вопросы для защиты работы

1. Используя законы Кирхгофа, выведите условия равновесия моста Уитстона.
 2. Нарисуйте электрическую цепь последовательного и параллельного соединения проводников и рассчитайте их сопротивления.
 3. От каких величин зависит сопротивление изотропного проводника?
 4. Каково практическое использование моста Уитстона?
 5. Дайте определение электрического потенциала, ЭДС, напряжения.
 6. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
- Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 5

Лабораторная работа № 14

Измерение удельного сопротивления

Цель работы: изучение законов постоянного тока и простейших приемов расчета разветвленных электрических цепей; определение удельного сопротивления материала проводника.

Приборы и принадлежности: установка FPM-01.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Включить прибор на «Точное измерение тока». Установить различные значения длины реостата и снять показание вольтметра U .
2. По формуле рассчитать удельное сопротивление ρ .
3. Измерения и вычисления повторить для значений $l=0,36$ м; 0,40 м; 0,44 м; 0,48 м. Полученные данные занести в таблицу, представив результаты в виде $\rho = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho$.
4. Включить прибор на «точное измерение напряжения». Провести операции, указанные в пп. 1-4. Данные, полученные при вычислениях и измерениях в таблицу, представив результаты измерений в виде $\rho = \langle \rho \rangle \pm \Delta \rho$.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Какие способы измерения активного сопротивления используются в данной работе?
3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
4. Запишите рабочие формулы и поясните физический смысл входящих в них величин.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте правила Кирхгофа для расчета разветвленных электрических цепей.
2. Выведите рабочие формулы.
3. При каких соотношениях R , R_A и R_V пользуются первой схемой измерения? Второй? Объясните.

4. Сравните результаты, полученные в данной работе первым и вторым способом. Какие выводы можно сделать относительно точности измерений этими способами? Почему?

5. Почему в п.4 регулятор устанавливают в такое положение, чтобы стрелка вольтметра отклонялась не менее чем на $2/3$ шкалы?

6. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.

7. Сформулируйте физический смысл удельного сопротивления ρ .

8. От каких факторов зависит сопротивление R однородного изотропного металлического проводника?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 5

Лабораторная работа № 15

Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли

Цель работы: определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра.

Приборы и принадлежности: тангенс-гальванометр, амперметр, реостат, источник постоянного тока, ключ, переключатель полярности.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Собрать электрическую цепь из тангенс-гальванометра, реостата R , ключа K , амперметра A и источника E
2. Совместить плоскость кольца катушки с плоскостью магнитного меридиана.
3. Включить постоянный ток, движком реостата установить по круговой шкале компаса угол отклонения стрелки $\alpha_1 = 45^\circ$. Величину тока измерять по амперметру, угол α_2 – по шкале тангенс-гальванометра.
4. Поменять направление тока, поддерживая его по величине неизменным и проделать те же измерения
5. Вычислить $\operatorname{tg} \langle \alpha \rangle$ и по формуле вычислить H_3 . Все измеренные значения и результаты вычислений записать в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Дайте понятие магнитного поля Земли.
3. Опишите метод определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли H_3 с помощью тангенс-гальванометра.
4. Почему измерения выгоднее проводить при угле отклонения магнитной стрелки $\alpha = 45^\circ$?

Вопросы для защиты работы

1. Дайте понятие магнитного поля.
2. Дайте характеристики магнитного поля. Каковы их единицы измерения в системе СИ?
3. Сформулируйте и запишите закон Био-Савара – Лапласа.
4. Выведите формулу напряженности в центре кругового тока и рабочую формулу.
5. Выведите формулу напряженности магнитного поля, создаваемого прямым током (конечной длины и бесконечной длины).
6. Дайте определение силовой линии магнитного поля.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 5

Лабораторная работа № 16

Изучение вакуумного диода и определение удельного заряда электрона

Цель работы: исследование вольтамперной характеристики вакуумного диода; определение удельного заряда электрона на основании уравнения Богуславского-Лэнгмюра.

Приборы и принадлежности:

вакуумный диод, источник тока, миллиамперметр, вольтметр, реостат, соединительные провода.

Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента

1. Собрать схему согласно рис. 1.
2. Снять зависимость анодного тока от анодного напряжения, изменяя анодное напряжение от 0 В до 120 В через 10 В. Данные измерений и вычисленных значений $U^{3/2}$ занести в таблицу.

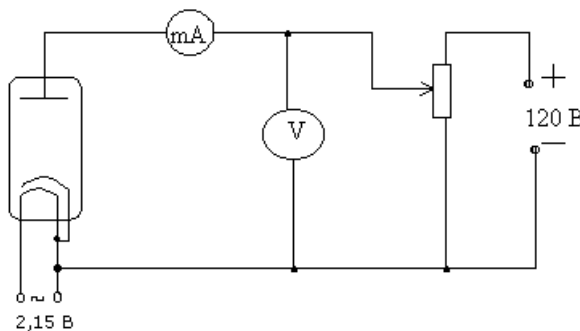


Рис. 1

3. Построить графическую зависимость I_a от $U_a^{3/2}$.
4. Определить угловой коэффициент полученной прямой согласно (3) и рассчитать по формуле (5) $\frac{e}{m}$.

Теоретическое значение удельного заряда равно $\frac{e}{m} = 1,76 \cdot 10^{11}$ Кл/кг.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите устройство и принцип действия вакуумного диода.
3. Опишите метод измерения удельного заряда электрона.
4. Оцените погрешность метода измерения удельного заряда электрона.

Вопросы для защиты работы

1. Что называется термоэлектронной эмиссией?
2. Каким законам подчиняется ток в вакууме?
3. Объясните отклонение силы тока от закона Ома в вакуумном диоде.
4. Дайте анализ результатов вычислений и измерений.
5. Каковы Ваши критические замечания и суждения по данной работе?

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 3, № 5

Лабораторная работа № 17

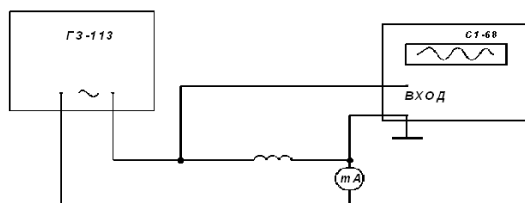
Определение индуктивности соленоида

Цель работы: определение индуктивности соленоида по его сопротивлению переменному току.

Приборы и принадлежности: исследуемый соленоид, звуковой генератор, электронный осциллограф, миллиамперметр, соединительные провода.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Для выполнения работы собрать цепь по схеме



1. Установить на звуковом генераторе частоту колебаний
2. Измерить с помощью осциллографа амплитуду напряжения U_m и частоту ν .
3. С помощью миллиамперметра определить действующее значение силы тока в цепи; пользуясь соотношением $I_e = I_m / \sqrt{2}$ и решая его относительно $I_m = \sqrt{2} I_e$, определить амплитуду тока.
4. Данные занести в таблицу.
5. По формуле рассчитать индуктивность соленоида.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дайте определение индуктивности?
3. Какова единица измерения индуктивности?
4. Запишите рабочую формулу для определения индуктивности соленоида.

Вопросы для защиты работы

1. Получите формулу для определения индуктивности соленоида, исходя из его геометрических размеров и числа витков.
2. Что называется импедансом?
3. Как связаны между собой максимальное и действующее значения силы тока и напряжения в цепи переменного тока?
4. Выведите рабочую формулу индуктивности соленоида.
5. Опишите явление самоиндукции.
6. Каков физический смысл индуктивности?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 5

Лабораторная работа № 18

Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа

Цель работы: снятие кривой намагничивания; снятие петли гистерезиса и определение затрат энергии на перемагничивание.

Приборы и принадлежности:

электронный осциллограф, трансформатор, вольтметр, реостат, исследуемый трансформатор, конденсатор, сопротивления

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Снятие кривой намагничивания

1. Собрать схему согласно рис. (прежде чем включить ток, обязательно проверить с преподавателем или лаборантом электрическую схему).
2. С помощью лабораторного автотрансформатора (ЛАТРа) установить максимальное значение напряжение по вольтметру.
3. Включить осциллограф. Рукоятку «Усиление» установить в положение «0,1 В/см». Напряжение U_y подать на вход «Y» усилителя осциллографа, напряжение U_x на вход «X» осциллографа.

Для построения графика зависимости $B = f(H)$ определить координаты вершины петли (x, y) , уменьшая напряжение U_{ab} через 4 – 5 вольт от максимального значения напряжения, при котором петля гистерезиса занимает практически всю площадь экрана осциллографа, до 0 В.

Вычислить U_x и U_y для каждой из координат и данные измерений и вычислений занести в таблицу 1.

Таблица результатов 1

x , мм	
y , мм	
U_x , В	
U_y , В	

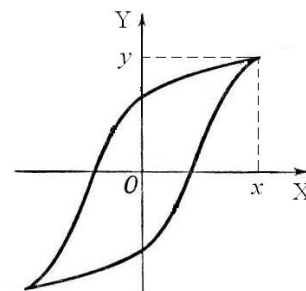


Рис. 12

$U_x = U'_x \cdot x$, где $U'_x = 0,1$ В/мм – масштаб по оси X.

$U_y = U'_y \cdot y$, где $U'_y = 0,01$ В/мм – масштаб по оси Y.

Используя значения таблицы 1 и расчетные формулы, вычислить H и B для каждой точки петли гистерезиса.

Численные параметры исследуемого образца:

$n_1 = 3,6 \cdot 10^4$ вит/м; $N_2 = 165$ витков; $C = 10^{-5}$ Ф; $R_1 = 150$ Ом; $R_2 = 11 \cdot 10^3$ Ом; $S = 1,6 \cdot 10^{-4}$ м².

4. Результаты расчетов занести в таблицу 2.

Таблица результатов 2

B , Тл	
H , А/м	

5. Построить график зависимости $B = f(H)$.

2. Снятие петли гистерезиса и определение потерь на перемагничивание сердечника

1. Изображение петли гистерезиса скопировать с экрана осциллографа на кальку при максимальном напряжении и затем перевести изображение с кальки на миллиметровую бумагу.

2. Определить площадь S_n полученной петли гистерезиса в мм².

3. Вычисление затрат энергии на перемагничивание в единицу времени произвести по формуле

$$Q = k \cdot S_n \cdot \nu,$$

где Q – количество тепла, выделяемого в единице объема за единицу времени, Дж/(с · м³); ν – частота переменного тока ($\nu = 50$ Гц); k – переводной коэффициент, численно равный энергии, отнесенной к единице объема, соответствующей площади в 1 мм² на экране осциллографа; S_n – площадь петли гистерезиса в мм².

Так как масштаб по оси индукции при усилении вертикального усилителя 0,1 В/см равен $4,2 \cdot 10^{-2}$ Тл/мм, а масштаб по оси напряженности равен 24 А/(м·мм), то площадь 1 мм² соответствует 0,50 Дж/м³, т.е. $k = 1,01$ Дж/(м³·мм²). Величина $k \cdot S$ равна удельной энергии, затрачиваемой на перемагничивание за один цикл.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. В чем заключается явление гистерезиса?
3. Начертите принципиальную электрическую схему рабочей установки.
4. Опишите метод снятия кривой намагничивания.
5. Как определить затраты на перемагничивание ферромагнетика?

Вопросы для защиты работы

1. На какие типы делятся магнетики? Каковы их основные свойства?
2. Какие ферромагнетики называются «магнитотвердыми», какие «магнитомягкими»?

3. Из каких ферромагнетиков изготавливаются сердечники трансформаторов и дросселей и почему?
4. Как объяснить остаточную намагниченность ферромагнетика?
5. Объясните физический смысл коэрцитивной силы.
6. Выведите рабочие формулы (18) и (19).
7. Что собой представляет ферромагнитный домен?
8. Опишите кривую намагничивания и применение ферромагнетиков.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 5

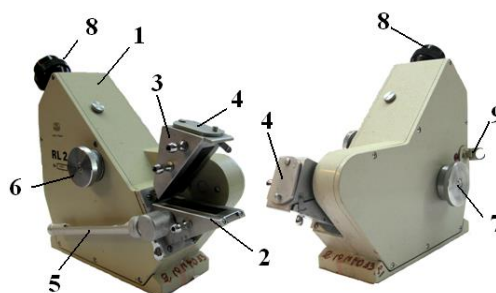
Лабораторная работа № 19

Изучение зависимости показателя преломления раствора от его концентрации

Цель работы: Изучение рефрактометра и измерение с его помощью показателя преломления ряда жидкостей относительно воздуха; нахождение зависимости показателя преломления раствора сахара от его концентрации.

Приборы и принадлежности:

рефрактометр,
набор исследуемых жидкостей,
растворы сахара с разными концентрациями.



Порядок выполнения работы на рефрактометре rl -2

1. Открывают зеркало подсветки шкалы 9 и устанавливают его так, чтобы изображение шкалы, наблюдаемое в окуляре, было равномерно освещено. Если дневного света недостаточно, включают электролампу. Резкость изображения устанавливается вращением головки окуляра 8.
2. Открывают заслонку окна осветительной призмы 4.
3. Осторожно откидывают верхнюю призму 3 и на поверхность нижней (измерительной) призмы 2 наносят 2-3 капли исследуемого раствора.
4. Опускают верхнюю призму 3.
5. Вращают маховик 7 до тех пор, пока в поле зрения окуляра не появится граница света и тени.
6. Устраняют окраску светотени, вращая рукоятку компенсатора 6.
7. Вращением окуляра 8 зрительной трубы производят дополнительную настройку на резкость изображения.
8. Вращая маховик 7 совмещают границу раздела светотени с центром перекрестия и по шкале показателей преломления производят отсчет.
9. Всего производят 3 измерения с каждым раствором. Результаты измерений записывают в таблицы.
10. Вычерчивают диаграмму зависимости показателя преломления n от концентрации раствора C . На ось ординат также наносятся значения показателя преломления n_0 для дистиллированной воды. Через полученные точки проводят прямую.

11. Из диаграммы $n = f(C)$ находят значение k – инкремента показателя преломления:

$k = \operatorname{tg} \gamma = \frac{BC}{AC}$, где BC – разность показателей преломления, AC – разность значений концентрации растворов. Значения AC и BC берут не в сантиметрах, а в единицах величин соответствующих осей.

12. Записывают аналитическую зависимость $n = f(C)$, используя формулу и подставляя вместо k и n_0 найденные значения.

Вопросы для допуска к работе

1. Какие приборы называются рефрактометрами? Где они применяются?
2. Что называется относительным показателем преломления? Абсолютным?
3. Каков физический смысл абсолютного показателя преломления?
4. Как зависит показатель преломления от концентрации раствора?
5. Объясните принцип действия рефрактометра.

Вопросы для защиты работы

1. Поясните оптическую схему рефрактометра.
2. В чем заключается явление полного внутреннего отражения?
3. Проанализируйте по диаграмме полученные результаты и сделайте выводы.
4. Критические замечания к методу измерений.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 6

Лабораторная работа № 20

Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки

Цель работы: изучение дифракционного спектра; определение спектрального состава излучения.

Приборы и принадлежности: источник света, дифракционная решетка, щель, шкала с делениями.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Включают лампу накаливания;
2. Передвигают ползушку с прорезанной в ней щелью, устанавливая расстояние R – от щели до решетки, заданное преподавателем.
3. Измеряют расстояния S – от центра щели, до красной линии спектра первого порядка, от центра щели до зелёной линии спектра первого порядка и от центра щели до фиолетовой линии спектра первого порядка.
4. Изменяют расстояние R , перемещая ползушку на следующее заданное расстояние и измеряют следующие значения S – от центра щели до красной, зелёной, фиолетовой линии спектра первого порядка.
5. Данные заносят в таблицу, которая представлена ниже.
6. Вычисляют длину волн по формуле.
7. Рассчитывают абсолютную и относительную погрешности.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Объясните, в чем заключается явление дифракции света.
3. Опишите порядок выполнения работы.
4. Опишите устройство и назначение дифракционной решетки в данной работе.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса–Френеля.
2. Что такое зоны Френеля? Как они строятся?
3. При каких условиях наблюдается дифракция Фраунгофера? Дифракция Френеля?

4. Поясните дифракцию от одной щели и постройте ход лучей. Каковы условия усиления и ослабления света в этом случае?
5. Дайте определение дифракционной решетки.
6. Постройте ход лучей при дифракции от N щелей. Каковы условия усиления и ослабления света в этом случае?
7. Почему при использовании белого света боковые максимумы радужно окрашены, а центральный максимум белый?

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 6.

Лабораторная работа № 21

Изучение спектрального аппарата

Цель работы: изучение и градуировка монохроматора, определение дисперсии и разрешающей способности призмы монохроматора.

Приборы и принадлежности: монохроматор УМ-2, ртутная лампа.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Задание А. Отградуировать монохроматор.



1. Включают ртутную лампу.
2. Поворачивая барабан, просматривают через окуляр весь спектр (см. рис. 1). На рисунке 4 изображен вид поля зрения окуляра с набором спектральных линий и указателем.
3. Совмещают с указателем окуляра последовательно линии ртути от красной до фиолетовой и делают отсчеты по барабану монохроматора, отмечая цвет линий.
4. Измерения повторяют два раза. При этом следует подводить каждую линию к центру щели только с одной стороны во избежание погрешности за счет люфта барабана.
5. Полученные данные заносят в таблицу 1.
6. Вычисляют среднее значение показаний барабана для каждой линии.
7. По данным таблицы 1 строят градуировочную кривую монохроматора $N_{\text{бар}} = f_1(\lambda)$. Масштаб следует выбрать так, чтобы диаграмма была достаточно большой и позволяла четко определить длину волны до 1 нм.

Таблица результатов 1

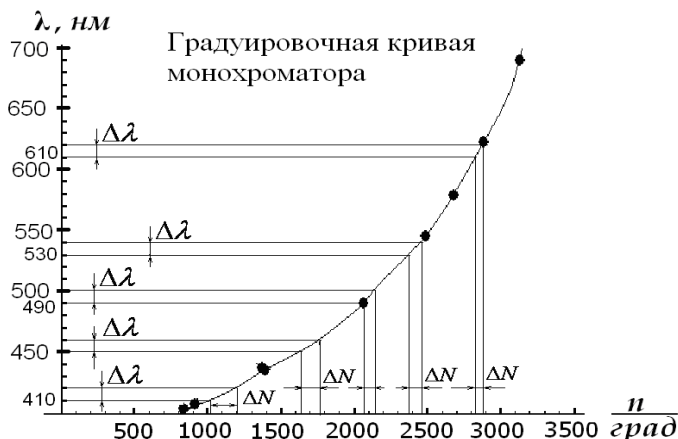
Окраска линии	Относительная яркость	Длина волны λ , нм	Отсчет по барабану		Среднее значение отсчетов $\langle N \rangle$, ...°
			N_1, \dots°	N_2, \dots°	
Красная	8	690,7			
Оранжевая	4	623,2			
Желтая	10	579,0			
Желтая	10	577,0			
Зеленая	10	546,1			
Голубая	10	491,6			
Синяя	10	435,8			
Синяя	7	434,7			
Фиолетовая	7	407,8			
Фиолетовая	7	404,7			

Задание В. Рассчитать линейную дисперсию прибора.

1. По градуировочной кривой монохроматора определяют интервалы значений показаний барабана $\Delta N_{\text{бар}}$ для следующих участков спектра: 410, 450, 490, 530, 570, 610 нм. Величина $\Delta\lambda$ берется по указанию преподавателя. Данные заносят в таблицу.

Таблица результатов 2

Длина волны λ , нм	$\Delta\lambda$, нм	$\Delta N_{\text{бар}}, \dots^\circ$	$\Delta\varphi''$	$\Delta\varphi$, рад	D_φ , рад/нм	D_l мм/нм
410						
450						
490						
530						
570						
610						



2. Переводят интервалы показаний барабана $\Delta N_{\text{бар}}, \dots^\circ$ в интервалы угла поворота диспергирующей призмы $\Delta\varphi''$, учитывая, что 2° по барабану соответствуют $20''$ поворота призмы. Тогда $\Delta\varphi'' = 10 \cdot \Delta N_{\text{бар}}$. Затем переводят секунды в радианы: ($1'' = 4.84 \cdot 10^{-6}$ рад).

3. По формуле (1) вычисляют угловую дисперсию монохроматора, заменяя малые интервалы $\delta\varphi$ и $\delta\lambda$ на $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$.

4. По формуле (4) и данным таблицы 2 вычисляют линейную дисперсию призмы монохроматора: $D_l = f \cdot D_\varphi$ для соответствующих участков спектра (фокусное расстояние $f = 280$ мм).

5. По полученным данным строят дисперсионную кривую $D_l = f_2(\lambda)$ на одном графике с градуировочной кривой.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Каково назначение монохроматора?
3. Как градуируется монохроматор?
4. Как рассчитать линейную дисперсию призмы монохроматора и определить ее разрешающую способность?

Вопросы для защиты работы

1. Поясните оптическую схему монохроматора.
2. Каково назначение основных частей монохроматора?
3. По диаграммам $N_{\text{бар}} = f_1(\lambda)$, $D_l = f_2(\lambda)$, $R = f_3(\lambda)$ проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.
4. Опишите практическое использование монохроматора.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 6.

Лабораторная работа № 22

Изучение явления поляризации света

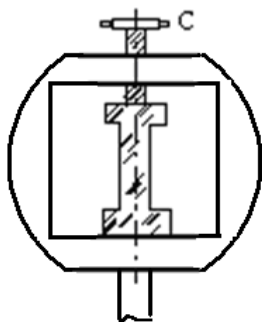
Цель работы: получение и наблюдение картины распределения механических напряжений в прозрачных моделях; проверка закона Малюса.

Приборы и принадлежности: полярископ, набор прозрачных моделей, микрометр, фотоэлемент, гальванометр.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Задание А. Наблюдение картины распределения механических напряжений

1. Включают лампу осветителя в сеть переменного тока.
3. Исследуемый образец устанавливают в пресс для сжатия, не зажимая его (рис. 1), и помещают его между поляризатором и анализатором. Наблюдают в окуляр b положение образца. Затем дают нагрузку (деформация сжатия), для чего закручивают винт C .



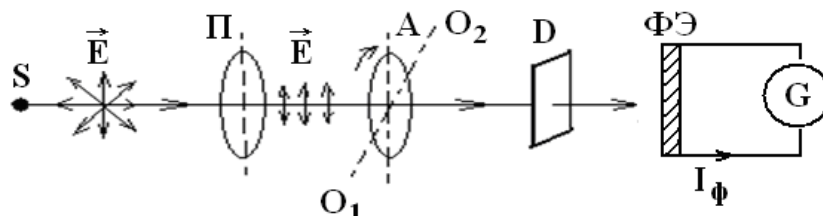
4. Рассматривают картину интерференции и зарисовывают изохроматические линии.

5. Такие же действия производят с другими моделями.

Задание В. Проверка закона Малюса

Проверка закона Малюса проводится на установке, оптическая схема которой изображена на рис. 2.

1. Включают установку в сеть переменного тока.
2. Снимают крышку с фотоэлемента и помещают его вплотную к окуляру.
3. Устанавливают на лимбе анализатора угол $\alpha = 90^\circ$, что соответствует углу $\varphi = \alpha - \frac{\pi}{2} = 0^\circ$ и максимальному значению фототока.
4. Поворачивая анализатор, через каждые 30° снимают зависимость силы тока от угла поворота анализатора. Отсчеты производят от 0° до 360° . Результаты измерений заносят таблицу.



S – источник света; P – поляризатор; A – анализатор;
 O_1O_2 – ось вращения анализатора; D – матовое стекло;
 $\Phi Э$ – фотоэлемент; G – гальванометр.

Анализатор A может вращаться вокруг оси O_1O_2 (см. рис. 9). Поворачивая анализатор, изменяем интенсивность света, падающего на фотоэлемент $\Phi Э$, соединенный с гальванометром. В зависимости от интенсивности света сила фототока I_ϕ будет меняться. Для проверки закона Малюса снимают зависимость силы фототока I_ϕ от квадрата косинуса угла φ .

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. В чем заключается явление поляризации света?
3. В чем различие естественного света от поляризованного?
4. В чем заключается явление фотоупругости?
5. Сформулируйте закон Малюса.
6. Опишите порядок проведения работы.

Вопросы для защиты работы

1. Виды поляризации. Определение плоскополяризованной волны?

2. Явление двойного лучепреломления. Его суть.
3. Свойства обыкновенного и необыкновенного лучей.
4. Волновая поверхность в кристалле. Оптически положительные и оптически отрицательные одноосные кристаллы.
5. Интерференция поляризованных лучей.
6. Призма Николя.
7. Практическое использование метода фотоупругости.
8. Критические замечания к рабочей установке и методу измерений.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 6

Лабораторная работа № 23

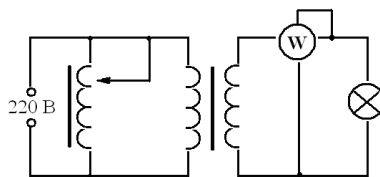
Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра

Цель работы: изучение работы оптического пирометра и измерение с его помощью температуры нагретого тела; определение постоянной, в законе Стефана-Больцмана и расчёт постоянной Планка.

Приборы и принадлежности: пирометр с исчезающей нитью, лампа с вольфрамовой нитью, ваттметр, трансформатор.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Собирают электрическую цепь.



2. Перемещая окуляр пирометра, устанавливают его так, чтобы стала отчетливо видна нить пирометрической лампы.

3. Медленно вращая кольцо пирометра, изменяют яркость нити пирометра до тех пор, пока средний участок нити эталонной лампы не сравняется с яркостью нити испытуемой лампы (их яркости станут одинаковыми и поэтому нити станут трудноотличимыми). В этот момент производят отсчет по нижней шкале пирометра значения яркостной температуры нити лампы.

4. Так как волосок лампочки накаливания не является абсолютно черным телом, то для определения действительной температуры вводят поправку Δt , которую определяют по диаграмме
5. Опыт повторяют три раза для различных значений мощности P . Полученные данные записывают в таблицу результатов



Вопросы для допуска к работе

1. Опишите экспериментальную установку и порядок выполнения работы.
2. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана и поясните физический смысл величин, входящих в него.
3. Запишите рабочие формулы для определения постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка

Вопросы для защиты работы

1. Дайте определение основным спектральным характеристикам теплового излучения.
2. Сформулируйте закон Кирхгофа и поясните физический смысл величин, входящих в него.
3. Объясните физический смысл постоянной σ .
4. Запишите функцию Планка. Выведите закон Стефана-Больцмана.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 6

Лабораторная работа № 24

Исследование селективного фотоэффекта

Цель работы: снятие спектральной характеристики селенового фотоэлемента.

Приборы и принадлежности: монохроматор УМ-2, лампочка накаливания, селеновый фотоэлемент, гальванометр, дисперсионная кривая монохроматора УМ-2.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. В качестве источника света включают лампочку накаливания.
2. Устанавливают фотоэлемент вплотную к окуляру выходной щели монохроматора
3. Устанавливают необходимую ширину щелей монохроматора. Примерная ширина выходной и входной щелей (0,2...0,3) мм.
4. Вращая барабан монохроматора \mathcal{Z} , отмечают показания микроамперметра, соответствующие тем или иным значениям шкалы барабана. В районе максимума чувствительности фотоэлемента поворачивают барабан на меньший угол, чтобы получить большое количество экспериментальных точек (замеров).
5. Результаты измерений заносят в таблицу

Вопросы для допуска к работе

1. Поясните явление фотоэффекта. Какой тип фотоэффекта изучается в работе?
2. Дайте определение спектральной чувствительности фотоэлемента.
3. Опишите порядок выполнения работы.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта.
2. Поясните устройство и принцип действия вентильного селенового фотоэлемента.
3. Проведите анализ полученных результатов и сделайте выводы.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 3, № 6

Лабораторная работа № 25

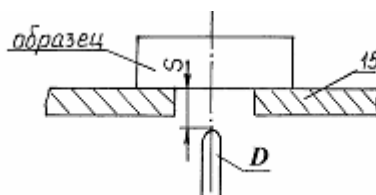
Изучение спектра излучения атомов цинка

Цель работы: исследование спектра излучения паров цинка в видимой области спектра.

Приборы и принадлежности: стилоскоп «Спектр», градуировочная кривая стилоскопа, образец цинка или цинкосодержашего вещества.

Порядок выполнения работы

1. Изучить описание стилоскопа «Спектр».
2. Расположить дисковый электрод D относительно поверхности столика 15 в соответствии с рис. 9 ($S = 2-3$ мм). Расстояние S регулируется вращением маховичка 16 . На столик 15 поместить образец цинка или цинкосодержашего вещества (например, латунь), расположив его над дисковым электродом.



Расположение дискового электрода относительно столика: 15 – столик для образца; D – дисковый электрод;
 S – расстояние между образцом и электродом

3. Установить переключатели «перекл. тока» в положение «5А», переключатели «катод» и «анод» – в положение «выкл.», «комбинированный разряд» – в положение П, «индуктивность» – «0», «емкость» – «0», «фаза» – «60°», «количество импульсов» – «1». Включить генератор в сеть 220 В и нажать кнопку «пуск». Если дуга не зажигается, обратиться к преподавателю или лаборанту.

4. Белую точку, нанесенную на маховичок 20 установить против обозначения 20 шкалы.

5. Исследовать спектр цинка, вращая маховичок 11 и рассматривая линии цинка в окуляр стилоскопа.

При этом необходимо учитывать, что *наблюдаемый спектр представляет собой наложение двух спектров*: спектра меди (от дискового электрода) и спектра цинка. Поэтому при определении искомым линий триплета цинка следует руководствоваться взаимным расположением линий, показанным на рис. 6, и градуировочным графиком стилоскопа. Линии триплета следует искать в диапазоне $465 < \lambda < 485 \text{ нм}$ (голубые линии спектра).

6. Установить каждую найденную линию триплета против треугольного выреза визира. Записать числовые отсчеты по барабану. По градуировочному графику определить длины волн линий триплета. Данные занести в таблицу результатов 3, заполнив пустые места.

Таблица результатов

Атом	Hg	Cd	Zn
Энергия ионизации, эВ	10,4	9,0	9,4
1. Переход $^3P_1 \rightarrow ^1S_0$: λ , нм ΔE , эВ	253,7 4,90	326,1 3,81	307,6 4,04
2. Переход $^3S_1 \rightarrow ^3P_0$: λ , нм ΔE , эВ	404,7 3,07	467,8 2,66	
3. Переход $^3S_1 \rightarrow ^3P_1$: λ , нм ΔE , эВ	435,8 2,85	4802,59	
4. Переход $^3S_1 \rightarrow ^3P_2$: λ , нм ΔE , эВ	546,1 2,27	508,6 2,44	

7. Выключить стилоскоп (кнопка «стоп»).

8. Определить расстояние между энергетическими уровнями, ответственными за спектральные линии по формуле:

$$\Delta E = h\nu = hc/\lambda,$$

где h – постоянная Планка; c – скорость света; λ, ν – длина волны и частота излучаемого света. Результат выразить в эВ.

9. Начертить для атома Hg ($n = 6$), Cd ($n = 5$) и Zn ($n = 4$) фрагменты полной энергетической схемы, отображающие расположение уровней энергии n^1S_0 , $(n+1)^3S_1$, n^3P_0 , n^3P_1 , n^3P_2 , используя таблицу и рис.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Опишите ход работы.
3. Опишите рабочую установку.
4. Поясните природу линейчатых спектров атомов.
5. Опишите порядок обработки результатов.

Вопросы для защиты работы

1. Какие квантовые числа задают состояние электронов в атоме? Как они обозначаются?
2. Сформулируйте принцип Паули.
3. Объясните энергетическую диаграмму атома натрия и ее отличие от энергетической диаграммы атома водорода
4. Объясните причины расщепления уровней натрия на 2 подуровня.
5. Объясните причину мультиплетности уровней атомов Hg, Cd и Zn.

6. Как определить для многоэлектронных атомов полные орбитальный и полный спиновый моменты импульсов атома? Какую связь называют LS -связью?
7. Какими выражениями определяются значения результирующих моментов атома?
8. Объясните схему энергетических уровней атома ртути.
9. Дайте анализ фрагментов полной схемы энергетических уровней атомов ртути, кадмия и цинка.

Форма отчетности: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6

9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

В процессе изучения физики студент должен выполнить контрольную работу. Решение задач в контрольной работе является проверкой степени усвоения студентом теоретического курса. Перед выполнением контрольной работы студенту необходимо внимательно ознакомиться с примерами решениями задач по данной контрольной работе, уравнениями и формулами, а также со справочным материалом, приведенным в конце методических указаний. Выбор задач производится по таблице вариантов, приведенной в методических указаниях (номером варианта является последняя цифра в номере зачетки). Правила оформления контрольной работы и примеры решения задач:

1. Условия задач студенты переписывают полностью без сокращений.
2. Все значения величин, заданных в условиях и привлекаемых из справочных таблиц, записывают для наглядности сокращенно (столбиком) в тех единицах, которые заданы, и в единицах той системы, в которой выполняют решение (в единицах СИ).

Пример такой записи.

В задаче указано: «За время $t = 0,5$ мин вагон прошел путь $s = 11$ км, масса вагона $m = 16$ т».

Записывают:

$$t = 0,5 \text{ мин} = 30 \text{ с};$$

$$s = 11 \text{ км} = 11 \cdot 10^3 \text{ м};$$

$$m = 16 \text{ т} = 16 \cdot 10^3 \text{ кг}.$$

Фрагмент задачи из раздела «Электромагнетизм».

«Рамка площадью $S = 50 \text{ см}^2$, содержащая $N = 100$ витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле ($B = 40 \text{ мТл}$). Частота вращения рамки $n = 960 \text{ об/мин}$ ».

Записывают:

$$S = 50 \text{ см}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

$$N = 100 \text{ витков};$$

$$B = 40 \text{ мТл} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Тл};$$

$$n = 960 \text{ об/мин} = 16 \text{ об/с}.$$

Еще один пример задачи из раздела «Оптика».

«На дифракционную решетку, содержащую $n = 500$ штрихов на 1 мм , падает нормально монохроматический свет с длиной волны $\lambda = 0,5 \text{ мкм}$ ».

Записывают:

$$n = 500 \frac{\text{шт}}{\text{мм}} = 5 \cdot 10^2 \frac{\text{шт}}{10^{-3} \text{ м}} = 5 \cdot 10^5 \text{ м}^{-1}$$

здесь слово «штрихи» можно опустить, тогда:

$$\lambda = 0,5 \text{ мкм} = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}.$$

3. Все задачи следует решать в международной системе единиц (СИ).
4. К большей части задач необходимы поясняющие чертежи или графики с обозначением всех величин. Чертежи следует выполнять аккуратно при помощи чертежных инструментов; объяснение решения должно быть согласовано с обозначениями на чертежах.
5. Необходимо указать физические законы, которые должны быть использованы, и аргументировать возможность их применения для решения данной задачи.

6. С помощью этих законов, учитывая условия задачи, получить необходимые расчетные формулы.

7. Вывод формул и решение задач следует сопровождать краткими, но исчерпывающими пояснениями.

8. Используемые в формулах буквенные обозначения должны быть согласованы с обозначениями, приведенными в условии задач и на приведенном рисунке. Дополнительные буквенные обозначения следует сопровождать соответствующими объяснениями.

9. Получив расчетную формулу, необходимо проверить ее размерность.

Например, для определения расстояния s , которое пройдет тело массой m до остановки, двигаясь равнозамедленно под действием силы трения $F_{\text{тр}}$, была получена формула:

$$s = \frac{V_0^2 \cdot m}{2F_{\text{тр}}},$$

где V_0 – скорость движения тела в начальный момент времени.

Осуществим проверку размерности полученной формулы:

$$[s] = \left[\frac{V_0^2 \cdot m}{F_{\text{тр}}} \right] = \left[\frac{\left(\frac{\text{м}^2}{\text{с}^2} \right) \cdot \text{кг}}{\text{Н}} \right] = \left[\frac{\text{м}^2 \cdot \text{кг}}{\text{с}^2 \cdot \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2}} \right] = [\text{м}].$$

Здесь, исходя из второго закона Ньютона, единицу измерения силы 1Н расписывают как $1(\text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2})$.

10. После проверки размерности полученных расчетных формул приводится численное решение задачи.

11. Вычисления следует производить с точностью, соответствующей точности исходных числовых данных условия задачи. Если исходные численные значения даны с точностью до одного знака, то и расчет выполняется с точностью до одного знака. Если они даны с точностью до двух (трех) знаков, то и расчет выполняется с точностью до двух (трех) знаков. Числа следует записывать, используя множитель 10, например, не 0,000347, а $3,47 \cdot 10^{-4}$.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Информационно-коммуникативные технологии (ИКТ) используются, для:

- получения информации при подготовке к занятиям;
- создания презентационного сопровождения практических занятий;
- работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Imagine Premium: Microsoft Windows Professional 7;

Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;

Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;

Adobe Reader.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Вид занятия	Наименование аудитории	Перечень основного оборудования	№ ЛР
ЛР	Лаборатория оптики и физики твердого тела	Учебная мебель, микроскоп МБУ-4А; пирометр с исчезающей нитью ОПИР-9, ЛАТР, ваттметр ДБ39; установка МУК-0; монохроматор УМ-2, УФ лампа, фотоэлемент источник питания ИПС1, блок амперметра-вольтметра АВ1, стенд с объектами исследований СЗ-ОК01; спектральный аппарат СПЕКТР; вольтметр В7-	19 – 25

		35; полярископ СМ-3; лампа ФЛ 74011; сахариметр RL-2	
ЛР	Лаборатория механики и молекулярной физики	Учебная мебель, FPM-07 – для измерения ускорения свободного падения; FPM-08 – для измерения импульса и механической энергии; FPM-09 – для определения скорости полета пули; FPM-15 – маятник Обербека; FPM-07 – наклонный маятник; FPM-03 – маятник Максвелла; FPM-05 – крутильный маятник с миллисекундомером; FPM-06 – универсальный маятник; установка для определения теплоемкостей газа методом Клемана-Дезорма; электрическая плитка ЭПШ1-0; FPM-10; звуковой генератор ГЗ-109, осциллограф Н3013; генератор сигналов низкочастотный ГЗ-102.	1 – 11
ЛР	Лаборатория электричества и электромагнетизма	Учебная мебель, магазин сопротивления МСР-60, гальванометр М45МОМЗ, реостат РСП; осциллограф С1-73, реостат РСП 500, магазин емкостей Р5025; реостат РСП 1280, вольтметр В7-35, эл. осциллограф УПМ; источник питания АГАТ, амперметр Э514, тангенсгальванометр, реостат РСП 33; вольтметр В7-35, вольтметр Э58; установка FPM-01; осциллограф С1-75, генератор Л 31, вольтметр В7-35; генератор сигналов ГЗ-102; плитка электрическая ЭПШ1-0; осциллограф Н3013, С1-68	12 – 18
кр	Лекционная / семинарская аудитория	Учебная мебель	
СР	Читальный зал №1	Учебная мебель, 10-ПК i5-2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-6	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Механика	1.1. Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения	экз. вопросы № 1.1–1.3
		1.2. Динамика материальной точки. Законы Ньютона	экз. вопросы № 1.4, 1.5	
		1.3. Силы в механике и их классификация	экз. вопросы № 1.6–1.9	
		1.4. Законы сохранения. Кинетическая энергия, работа, мощность	экз. вопросы № 1.10	
		1.5. Потенциальная энергия. Закон сохранения полной механической энергии.	экз. вопросы № 1.11, 1.12	
		1.6. Динамика вращательного движения твердого тела. Момент силы, момент инерции	экз. вопросы № 1.13, 1.14	
		1.7. Основной закон динамики вращательного движения	экз. вопросы № 1.15, 1.16	
		1.8. Кинематика гармонических колебаний	экз. вопросы № 1.17, 1.18	
		1.9. Сложение гармонических колебаний	экз. вопросы № 1.19, 1.20	
		1.10. Динамика гармонических колебаний.	экз. вопросы № 1.21, 1.22	
		1.11. Затухающие и вынужденные механические колебания	экз. вопросы № 1.23, 1.24	
		1.12. Волны в упругих средах	экз. вопросы № 1.25, 1.26.	
		2. Молекулярная физика и термодинамика	2.1. Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния.	экз. вопросы № 2.1
		2.2. Основное уравнение МКТ идеального газа	экз. вопросы № 2.2–2.4	
		2.3. Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана.	экз. вопросы № 2.5–2.7	
		2.4. Физическая кинетика: явления переноса	экз. вопросы № 2.8	
		2.5. Первый закон термодинамики и его применение к изопроцессам.	экз. вопросы № 2.9–2.10	
		2.6. МКТ теплоемкости идеального газа	экз. вопросы № 2.11–2.13	

		2.7. Круговой процесс. Энтропия. Второй закон термодинамики. Цикл Карно и его КПД	экз. вопросы № 2.14–2.16
		2.8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	экз. вопросы № 2.17
		экз. билеты	
	3. Электромагнетизм	3.1. Электрическое поле в вакууме. Закон Кулона. Напряженность как силовая характеристика поля	вопросы к зачету № 3.1, 3.2
		3.2. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме	вопросы к зачету № 3.3
		3.3. Потенциал электрического поля. Работа сил электростатического поля.	вопросы к зачету № 3.4 – 3.6
		3.4. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле	вопросы к зачету № 3.7 – 3.9
		3.5. Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле	вопросы к зачету № 3.10–3.11
		3.6. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия электрического поля.	вопросы к зачету № 3.12
		3.7. Постоянный электрический ток. Закон Ома. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока	вопросы к зачету № 3.13–3.15
		3.8. Классическая электронная теория электропроводности металлов	вопросы к зачету № 3.14–3.18
		3.9. Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	
		3.10. Постоянное магнитное поле в вакууме. Закон Био-Савара-Лапласа. Сила Ампера и сила Лоренца	вопросы к зачету № 3.19–3.21
		3.11. Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле. Закон полного тока. Контур с током в магнитном поле	вопросы к зачету № 3.22
		3.12. Магнитное поле в веществе. Намагниченность вещества. Виды магнетиков и их свойства	вопросы к зачету № 3.28–3.31
		3.13. Электромагнитная индукция, самоиндукция, индуктивность, взаимная индукция	вопросы к зачету № 3.32–3.36
		3.14. Взаимные превращения электрических и магнитных полей	вопросы к зачету № 3.37
		3.15. Электрические колебания	
		вопросы для зачета	
	4. Оптика	4.1. Электромагнитные волны	
		4.2. Элементы геометрической оп-	экз. вопросы

		тики	№ 4.1 – 4.2
		4.3. Световая волна. Интерференция световых волн	экс. вопросы № 4.3 – 4.8
		4.4. Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	экс. вопросы № 4.9 – 4.13
		4.5. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	экс. вопросы № 4.14–4.18
		4.6. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	
		4.7. Тепловое излучение и его основные характеристики. Законы теплового излучения	экс. вопросы № 4.19–4.22
		4.8. Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	экс. вопросы № 4.23
		4.9. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	экс. вопросы № 4.24, 4.25
	5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	5.1. Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома.	экс. вопросы № 5.1 – 5.3
		5.2. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества	экс. вопросы № 5.1 – 5.3
		5.3. Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса	экс. вопросы № 5.1 – 5.3
		5.4. Атом водорода в квантовой механике. Периодическая система элементов Менделеева.	экс. вопросы № 5.4 – 5.7
		5.5. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы и их свойства. Радиоактивность	экс. вопросы № 5.8 – 5.11
		5.6. Ядерные реакции. Деление ядер. Ядерный реактор.	экс. вопросы № 5.13, 5.14
		5.7. Термоядерные реакции синтеза – основной источник энергии звезд	экс. вопросы № 5.15
		5.8. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц	экс. вопросы № 5.16–5.17
		экс. билеты	

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-6	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности,	1.1. Кинематика поступательного движения: мат. точка, траектория, путь, вектор перемещения, скорость, ускорение. 1.2. Кинематика вращательного движе-	1. Механика

		<p>применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>ния: угловая скорость, ускорение. Связь между линейными и угловыми величинами.</p> <p>1.3. Нормальное, тангенциальное и полное ускорение.</p> <p>1.4. Масса тела. Сила. Законы Ньютона.</p> <p>1.5. Импульс тела, импульс силы. Закон сохранения импульса.</p> <p>1.6. Классификация сил. Вид трения. Силы трения.</p> <p>1.7. Виды деформации. Упругие силы. Закон Гука.</p> <p>1.8. Сила тяжести и вес.</p> <p>1.9. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Космические скорости.</p> <p>1.10. Работа и мощность механической силы. Кинетическая энергия.</p> <p>1.11. Поле сил. Консервативные и неконсервативные силы и системы. Потенциальная энергия.</p> <p>1.12. Закон сохранения полной энергии в механике.</p> <p>1.13. Момент инерции материальной точки, момент инерции твердого тела. Теорема Штейнера.</p> <p>1.14. Кинетическая энергия вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси.</p> <p>1.15. Понятие момента силы, момента инерции твердого тела относительно неподвижной оси. Основной закон динамики вращательного движения.</p> <p>1.16. Момент импульса материальной точки, твердого тела относительно неподвижной оси. Закон сохранения момента импульса.</p> <p>1.17. Основные характеристики колебательного движения: частота, фаза, период, амплитуда. Уравнение гармонического осциллятора.</p> <p>1.18. Скорость, ускорение и энергия частицы, совершающей гармонические колебания.</p> <p>1.19. Сложение двух гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биение.</p> <p>1.20. Сложение двух взаимноперпендикулярных колебаний одинаковой частоты. Фигуры Лиссажу.</p> <p>1.21. Пружинный маятник. Период колебания пружинного маятника.</p> <p>1.22. Физический и математический маятники. Периоды их колебаний.</p>	
--	--	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

			<p>Приведенная длина физического маятника.</p> <p>1.23. Затухающие колебания. Логарифмический декремент затухания. Добротность системы.</p> <p>1.24. Вынужденные колебания. Амплитуда и фаза при вынужденных колебаниях. Резонанс и его роль в технике.</p> <p>1.25. Продольные и поперечные волны. Длина волны. Уравнение бегущей плоской волны. Энергия упругой волны.</p> <p>1.26. Интерференция волн. Стоячие волны.</p>	
			<p>2.1. Термодинамический и статический методы исследования. Модель идеального газа и его уравнение состояния.</p> <p>2.2. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа. Давление идеального газа.</p> <p>2.3. Средняя кинетическая энергия молекул идеального газа. Молекулярно-кинетический смысл температуры.</p> <p>2.4. Газовые законы и их графики.</p> <p>2.5. Число степеней свободы. Теорема о равномерном распределении энергии. Внутренняя энергия идеального газа.</p> <p>2.6. Распределение Максвелла. Опыт Штерна.</p> <p>2.7. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.</p> <p>2.8. Явление переноса. Число столкновений. Эффективное сечение, средняя длина свободного пробега. Диффузия, теплопроводность, внутреннее трение (вязкость) газов.</p> <p>2.9. Внутренняя энергия идеального газа. Количество теплоты. Первый закон термодинамики.</p> <p>2.10. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.</p> <p>2.11. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.</p> <p>2.12. Работа газа в изопроцессах.</p> <p>2.13. Теплоемкость вещества. МКТ теплоемкости идеального газа.</p> <p>2.14. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Принцип работы тепловой и холодильной машин.</p> <p>2.15. Цикл Карно и его КПД.</p> <p>2.16. Приведенная теплота. Энтропия. Второй закон термодинамики. Неравенство Клаузиуса.</p> <p>2.17. Реальные газы. Изотермы реаль-</p>	<p>2. Молекулярная физика и термодинамика</p>

			<p>ного газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p> <p>4.1. Законы геометрической оптики.</p> <p>4.2. Смысл абсолютного и относительного показателя преломления. Закон отражения. Явление полного внутреннего отражения.</p> <p>4.3. Интерференция световых волн. Условия максимума и минимума интерференции.</p> <p>4.4. Интерференция от когерентных источников. Оптический путь. Оптическая разность хода волн.</p> <p>4.5. Способы получения интерференции: опыт Юнга, бизеркало и бипризма Френеля.</p> <p>4.6. Интерференция от тонких пленок.</p> <p>4.7. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.</p> <p>4.8. Применение интерференции: просветление оптики, интерферометр Майкельсона.</p> <p>4.9. Явление дифракции света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.</p> <p>4.10. Дифракция света от круглого отверстия и диска.</p> <p>4.11. Дифракция Фраунгофера: дифракция света на одной щели, на N-щелях. Дифракционная решетка.</p> <p>4.12. Характеристики спектральных приборов и аппаратов: дисперсия и разрешающая сила.</p> <p>4.13. Пространственная решетка. Дифракция рентгеновских лучей на кристаллах. Формула Вульфа-Брэггов. Рентгеноструктурный анализ.</p> <p>4.14. Естественный и поляризованный свет. Поляроид</p> <p>4.15. Закон Малюса.</p> <p>4.16. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера.</p> <p>4.17. Двойное лучепреломление. Поляризационные приборы.</p> <p>4.18. Оптически активные вещества. Вращение плоскости поляризации.</p> <p>4.19. Виды излучений. Основные характеристики теплового излучения.</p> <p>4.20. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина и Релея-Джинса.</p> <p>4.21. Квантовая природа излучения. Формула Планка. Объяснение законов Стефана-Больцмана, Вина и Релея-Джинса.</p> <p>4.22. Оптическая пирометрия.</p> <p>4.23. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Красная грани-</p>	<p>4. Оптика</p>
--	--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------

			<p>ца фотоэффекта. 4.24. Энергия и импульс фотона. Давление света. 4.25. Эффект Комптона и его элементарная теория. 4.26. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества 4.27. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. 4.28. Уравнение Шредингера. Физический смысл Ψ-функции. 4.29 Квантование энергии и момента импульса. 4.30. Прохождение частиц через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p>	
			<p>5.1. Закономерности в атомных спектрах. 5.2. Ядерная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. 5.3. Теория Бора водородоподобного атома. Недостатки теории Бора. 5.4. Атом водорода в квантовой механике. 5.5. Спин электрона. Спиновое квантовое число. 5.6. Квантовые числа. Принцип Паули. 5.7. Периодическая система элементов Менделеева. 5.8. Основные свойства и строение атомных ядер. 5.9. Энергия связи ядер, дефект массы. 5.10. Ядерные силы и их свойства. 5.11. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада 5.12. Правила радиоактивного смещения, α-, β-распад, γ-излучение. 5.13. Типы ядерных реакций. Деление ядер. Цепная реакция. 5.14. Ядерный реактор. Атомная электростанция. 5.15. Термоядерный синтез. Проблемы и перспективы управления термоядерного синтеза. 5.16. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц. 5.17. Частицы и античастицы. Нейтрино. Кварки. Великое объединение.</p>	<p>5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц</p>

Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЕТА	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-6	способность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<p>3.1. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.</p> <p>3.2. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Силовые линии электрического поля. Напряженность поля точечного заряда.</p> <p>3.3. Принцип суперпозиции полей. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса и ее применение к расчету электрических полей.</p> <p>3.4. Работа электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.</p> <p>3.5. Потенциал и разность потенциалов. Потенциал поля точечного заряда.</p> <p>3.6. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.</p> <p>3.7. Диполь в электрическом поле. Диелектрики. Свободные и связанные заряды. Поляризация диэлектриков. Вектор поляризации.</p> <p>3.8. Электрическое поле внутри диэлектрика. Электрическое смещение.</p> <p>3.9. Сегнетоэлектрики и их свойства.</p> <p>3.10. Проводники в электрическом поле. Свойства заряженных проводников.</p> <p>3.11. Емкость проводников и конденсаторов. Соединение конденсаторов.</p> <p>3.12. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Плотность энергии электростатического поля.</p> <p>3.13. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Сила и плотность тока.</p> <p>3.14. Закон Ома для однородной цепи в интегральной и дифференциальной форме.</p> <p>3.15. Сопротивление проводника. Соединение проводников. Сверхпроводники и их свойства.</p> <p>3.16. Разность потенциалов. ЭДС и напряжение. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи.</p> <p>3.17. Законы Кирхгофа.</p> <p>4.18. Работа силы тока. Мощность тока.</p>	3. Электромагнетизм

		<p>КПД источника тока. Закон Джоуля-Ленца.</p> <p>3.19. Магнитное поле токов. Вектор магнитной индукции.</p> <p>3.20. Закон Био-Савара-Лапласа. Поле прямолинейного проводника с током конечной и бесконечной длины; поле кругового тока.</p> <p>3.21. Закон Ампера. Сила Ампера. Взаимодействие параллельных токов.</p> <p>3.22. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Формула Лоренца. Ускорители заряженных частиц.</p> <p>3.23. Магнитный момент кругового тока. Рамка с током в магнитном поле.</p> <p>3.24. Магнитный поток. Работа проводника и контура с током в магнитном поле.</p> <p>3.25. Закон полного тока для магнитного поля в вакууме (теорема о циркуляции вектора B)</p> <p>3.26. Поле соленоида и тороида.</p> <p>3.27. Эффект Холла.</p> <p>3.28. Молекулярные токи. Намагниченность.</p> <p>3.29. Напряженность магнитного поля.</p> <p>3.30. Вычисление поля в магнетиках.</p> <p>3.31. Виды магнетиков и их свойства.</p> <p>3.32. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца.</p> <p>3.33. Вывод уравнения Фарадея-Максвелла для ЭДС.</p> <p>3.34. Вращение рамки в магнитном поле.</p> <p>3.35. Индуктивность контура. Самоиндукция.</p> <p>3.36. Энергия магнитного поля.</p> <p>3.37. Токи смещения. Вихревое электрическое поле. Уравнения Максвелла и их физический смысл.</p>	
--	--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>знать: ОПК-6 - основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изго-</p>	отлично	<p>обучающийся</p> <p>1) знает основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции;</p> <p>2) умеет применять физико-математиче-</p>

<p>товлении лесопромышленной продукции;</p> <p>уметь: ОПК-6</p> <p>- применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</p> <p>владеть: ОПК-6</p> <p>- навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>		<p>ские методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</p> <p>3) владеет навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>
	хорошо	<p>обучающийся</p> <p>1) знает основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции;</p> <p>2) умеет применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</p> <p>3) владеет навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p> <p>Но обучающийся допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p>
	удовлетворительно	<p>Оценки «удовлетворительно» заслуживает обучающийся, обнаруживший знания основного учебного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением практических заданий, предусмотренных программой, знакомых с основной литературой, рекомендованной программой. Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающимся, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя</p>
	неудовлетворительно	<p>обучающийся</p> <p>1) не знает основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции;</p> <p>2) не умеет применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в</p>

		машиностроении с применением стандартных программных средств; 3) не владеет навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.
--	--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина физика направлена на ознакомление с фундаментальными физическими законами, теориями, методами классической и современной физики; на получение теоретических знаний и практических навыков использования физических законов и явлений, проведения экспериментальных исследований, ознакомление с современной научной аппаратурой и оценки погрешности измерения для их дальнейшего использования в практической деятельности.

Изучение дисциплины «Физика» предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу обучающихся;
- зачёт;
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Механика» студенты должны уяснить представления об инерциальной системе отсчета, о материальной точке, о массе, силе, механической работе и механической энергии, Ознакомиться с понятиями: механическое движение, путь, перемещение, равномерное и неравномерное движение, мгновенная скорость, средняя скорость, ускорение, импульс тела, мощность, КПД простого механизма, амплитуда, период и частота колебаний, поперечные и продольные волны. Изучить законы: первый, второй и третий законы Ньютона, всемирного тяготения, Гука, сохранения импульса тела, сохранения механической энергии. Знать формулы расчёта силы тяжести, силы трения, работы силы, потенциальной и кинетической энергии тела, мощности, КПД, периода колебаний математического, физического и пружинного маятников, длины волны. Получить представления об условии равновесия тел и равновесия рычага, принципом действия гидравлических устройств. Изучить характеристики колебаний и волн. На конкретных примерах обсудить экологические проблемы связанные с изучением механики: строительство высотных сооружений и сейсмическая неустойчивость; механические колебания сооружений, конструкций и их влияние на окружающую среду; волны на поверхности и в твёрдом теле и др.

В ходе освоения раздела 2 Молекулярная физика и термодинамика студенты должны уяснить представление о б идеальном газе, законных которым подчиняется идеальный газ, получить представления о термодинамическом и статистическом методах исследований, Знать основные положения молекулярно кинетической теории, законы термодинамики.

В ходе освоения раздела 3 «Электромагнетизм» студенты должны уяснить основные характеристики электростатического поля: электрический заряд, напряженность, потенциал, взаимосвязь напряженности и потенциала, закон Кулона взаимодействие точечных зарядов, теореме Гаусса. Законы постоянного электрического тока. Характеристики магнитного поля, взаимодействие проводников с током, действие магнитного поля на проводники с током и электрические заряды. Явление электромагнитной индукции, явление самоиндукции.

При освоении раздела 4 «Оптика» студенты получить представления о волновых и квантовых свойствах излучения, гипотезе Планка о квантовании энергии, явлении фотоэффекта, эффекта Комптона, фотонах, волновых свойствах микрочастиц, корпускулярно волновом дуализме микрочастиц. Волнах де Бройля.

В ходе освоения раздела 5 «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц» студенты должны получить знания о закономерностях в спектре атома водорода. Рассмотреть

теорию атома водорода Н. Бора, постулаты Бора. Значение теории Бора. Получить представление об необычных свойствах микрочастиц в квантовой механике, размерах атомного ядра, его строении, составе, о характеристиках атомного ядра, ядерных силах, дефекте масс и энергии связи ядра. Получить представление об явлении радиоактивности, естественной и искусственной радиоактивности, законе радиоактивного распада, α -, β -, γ -излучении.

Необходимо овладеть навыками и умениями применения полученных знаний для формирования современного физического мышления у обучающихся; создания основ теоретической подготовки в области физики, позволяющей в будущем ориентироваться в потоке научной и технической информации, обеспечивающей им возможность использования физических законов в процессе их работы; формирование правильного понимания границ применимости физических понятий, законов теории и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью эксперимента и теоретических методов исследования.

Подготовка к зачёту заключается в изучении и тщательной проработке учебного материала дисциплины с учетом конспектов лекций, учебников сгруппированном в виде контрольных вопросов для зачёта. Вопросы зачёта, которые остаются неувоенными, необходимо выяснить на консультации. Основные формулы и законы необходимо заучить наизусть.

При подготовке к зачету рекомендуется внимательно прочитать и уяснить суть требований конкретного экзаменационного вопроса. В отдельной тетради на каждый экзаменационный вопрос следует составить краткий план ответа в логической последовательности и с фиксацией необходимого иллюстративного материала (примеры, рисунки, схемы, цифры). Вопросы программы, которые остаются неясными, необходимо написать на полях конспекта, чтобы выяснить на консультации. Основные положения темы (правила, законы, определения и др.) после глубокого осознания их сути следует заучить, повторяя несколько раз.

При подготовке к экзамену рекомендуется внимательно прочитать и уяснить суть требований конкретного экзаменационного вопроса. В отдельной тетради на каждый экзаменационный вопрос следует составить краткий план ответа в логической последовательности и с фиксацией необходимого иллюстративного материала (примеры, рисунки, схемы, цифры). Вопросы программы, которые остаются неясными, необходимо написать на полях конспекта, чтобы выяснить на консультации. Основные положения темы (правила, законы, определения и др.) после глубокого осознания их сути следует заучить, повторяя несколько раз.

Выполнение лабораторных работ помогает лучше понять суть изучаемых теоретических явлений и процессов, а также на практике познакомиться с физическими приборами и методикой физических измерений, что обеспечивает осознанное и прочное усвоение изучаемых основ дисциплины.

При подготовке к контрольной работе происходит закрепление навыков самостоятельной работы, способности использовать полученные теоретические знания при решении различных физических задач.

Самостоятельную работу необходимо начинать с проработки конспекта лекций, лекций делая в нем соответствующие записи из основной и дополнительной литературы, а также рекомендуемых ресурсов и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Самостоятельная работа создаёт условия для формирования у обучающихся готовность и умения использовать различные средства информации с целью поиска необходимого знания.

В процессе консультации с преподавателем необходимо выяснять вопросы, вызвавшие трудности при самостоятельной работе или недостаточно усвоенные на лекционных, практических и лабораторных занятиях.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций, практических и лабораторных занятий) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины ФИЗИКА

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: формирование научных знаний о системе фундаментальных физических закономерностей, представлений о физических теориях и их эволюции, о единстве науки физики и ее роли как фундамента современного естествознания, овладение простейшими методами физического эксперимента и теоретического аппарата.

Задача дисциплины физики состоит

- в изучении основных физических явлений; овладение фундаментальными понятиями, законами и теориями классической и современной физики, а также методами физического исследования;
- в овладении приемами и методами решения конкретных задач из различных областей физики;
- в ознакомлении с современной научной аппаратурой, формирование навыков проведения физического эксперимента, умение выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности.

2. Структура дисциплины

2.1. Общая трудоемкость дисциплины составляет 504 часа, 14 зачетных единиц.

2.2. Основные разделы дисциплины:

- 1 – Механика
- 2 – Молекулярная физика и термодинамика
- 3 – Электромагнетизм
- 4 – Оптика
- 5 – Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-6: способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, зачет, экзамен

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «__» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____

(подпись)

(Ф.И.О.)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО
КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС	
ОПК-6	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Механика	1.1. Введение. Кинематика поступательного и вращательного движения	1 кр	
			1.2. Динамика материальной точки. Инертная масса. Импульс тела. Законы Ньютона	1 кр л/р 1	
			1.3. Силы в механике и их классификация	1 кр л/р 1; 5	
			1.4. Законы сохранения. Сохраняющиеся величины. Кинетическая энергия. Работа и мощность. Консервативные силы	1 кр л/р 2; 3; 5	
			1.5. Потенциальная энергия частицы во внешнем поле сил. Потенциальная энергия взаимодействия двух материальных точек. Энергия упругой деформации. Закон сохранения энергии.	1 кр л/р 5	
			1.6. Механика твердого тела. Момент силы, момент инерции, теорема Штейнера. Кинетическая энергия вращения.	1 кр л/р 4	
			1.7. Основной закон динамики вращательного движения. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса.	1 кр л/р 4	
			1.8. Колебательные процессы в природе. Уравнение гармонических колебаний: амплитуда, период, частота, фаза, скорость, ускорение. Уравнение гармонического осциллятора.	1 кр л/р 6	
			1.9. Сложение гармонических колебаний. Биения. Фигуры Лиссажу.	1 кр	
			1.10. Маятники: пружинный, математический, физический. Приведенная длина. Энергия гармонических колебаний.	1 кр л/р 6	
			1.11. Затухающие колебания, декремент затухания, добротность. Вынужденные колебания, резонанс.	1 кр	
			1.12. Волны в упругих средах. Уравнение бегущей плоской волны. Энергия упругой волны. Интерференция волн, стоячие волны.	1 кр л/р 7	
			2. Молекулярная физика и термодинамика	2.1. Статистический и термодинамический методы исследования. Понятие состояния термодинамической системы. Модель идеального газа и его уравнение состояния.	1 кр л/р 8
				2.2. Основное уравнение МКТ идеального газа. Давление. Температура. Законы идеального газа.	1 кр л/р 8

		2.3. Элементы классической статистики: распределение Максвелла, Больцмана.	1 кр
		2.4. Физическая кинетика. Явления переноса. Средняя длина свободного пробега. Диффузия, теплопроводность, вязкость газов.	1 кр л/р 9, 10
		2.5. Внутренняя энергия термодинамической системы. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Работа газа.	1 кр л/р 11
		2.6. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.	1 кр л/р 11
		2.7. Круговой процесс, тепловой и холодильный циклы. Цикл Карно и его КПД. Второй закон термодинамики. Энтропия. Неравенство Клаузиуса.	1 кр
		2.8. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Изотермы реального газа. Критическое состояние вещества.	1 кр
		экс. билеты	
	3. Электромагнетизм	3.1. Электрическое поле в вакууме. Точечный заряд, закон Кулона. Понятие электростатического поля, напряженность как силовая характеристика поля. Силовые линии поля, поток вектора напряженности.	1 кр л/р 12
		3.2. Принцип суперпозиции полей. Теорема Гаусса и ее применение к расчету электростатических полей.	1 кр
		3.3. Потенциал электрического поля. Работа кулоновских сил. Потенциальная энергия взаимодействия системы точечных зарядов. Связь между напряженностью электрического поля и потенциалом.	1 кр л/р 12
		3.4. Электрическое поле в диэлектриках. Диполь. Полярные и неполярные диэлектрики. Поляризация диэлектриков, вектор поляризации; виды поляризации. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса для поля в диэлектрике. Сегнетоэлектрики.	1 кр
		3.5. Проводники в электрическом поле. Емкость уединенного проводника. Конденсаторы. Емкость плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов. Соединение конденсаторов.	1 кр
		3.6. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Объемная плотность энергии электрического поля.	1 кр
		3.7. Электрический ток, плотность и си-	1 кр

			ла тока. Уравнение непрерывности. Электродвижущая сила. Закон Ома, сопротивление проводников.	л/р 13, 14
			3.8. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Правила Кирхгофа. Работа и мощность тока, закон Джоуля-Ленца.	1 кр л/р 13, 14
			3.9. Магнитное поле в вакууме и его характеристики. Закон Ампера, взаимодействие параллельных токов. Закон Био-Савара-Лапласа.	2 кр л/р 15
			3.10. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях, формула Лоренца. Ускорители заряженных частиц.	2 кр
			3.11. Контур с током в магнитном поле. Работа по перемещению проводника и контура с током в магнитном поле. Поле соленоида и тороида. Эффект Холла.	2 кр
			3.12. Магнитное поле в веществе. Молекулярные токи; намагниченность. Напряженность магнитного поля. Виды и свойства магнетиков.	2 кр л/р 18
			3.13. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея, правило Ленца. Основной закон электромагнитной индукции. Самоиндукция, индуктивность, взаимная индукция. Энергия магнитного поля.	2 кр л/р 17
			3.14. Взаимные превращения электрических и магнитных полей. Вихревое электрическое поле. Ток смещения. Уравнения Максвелла и их физический смысл.	2 кр
			вопросы для зачета	
		4. Оптика	4.1. Элементы геометрической оптики. Основные законы геометрической оптики. Абсолютный и относительный показатели преломления. Явление полного отражения.	2 кр л/р 19
			4.2. Световая волна. Интерференция световых волн. Когерентность. Способы наблюдения интерференции света. Интерференция света при отражении от тонких пленок. Применение интерференции.	2 кр
			4.3. Дифракция света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля. Дифракция от круглого отверстия и диска. Дифракция Фраунгофера: на одной щели, на N-щелях. Дифракция рентгеновских лучей. Разрешающая сила объектива.	2 кр л/р 20
			4.4. Поляризация света. Естественный и поляризованный свет; закон Малюса;	2 кр л/р 22

			поляризация при отражении и преломлении. Двойное лучепреломление; вращение плоскости поляризации.	
			4.5. Тепловое излучение и его основные характеристики. Понятие абсолютно черного тела. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и Вина. Формула Планка.	2 кр л/р 23
			4.6. Фотоэффект. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна, красная граница фотоэффекта.	2 кр л/р 24
			4.7. Энергия и импульс фотона. Давление света; эффект Комптона и его элементарная теория.	2 кр
			4.8. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	2 кр
			4.9. Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса. Прохождение частицы через потенциальный барьер, туннельный эффект	2 кр
	5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц		5.1. Боровская теория атома. Закономерности в атомных спектрах. Опыты по рассеянию α -частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора. Теория Бора водородоподобного атома.	2 кр л/р 25
			5.2. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства вещества. Принцип неопределенностей Гейзенберга.	2 кр
			5.3. Уравнение Шредингера. Квантование энергии и момента импульса. Прохождение частицы через потенциальный барьер, туннельный эффект.	2 кр
			5.4. Атом водорода. Квантовые числа. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома. Периодическая система элементов Менделеева.	2 кр л/р 25
			5.5. Состав и характеристики атомного ядра. Энергия связи ядра, дефект массы. Ядерные силы и их свойства. Естественная радиоактивность, закон радиоактивного распада.	2 кр
			5.6. α , β и γ -распад; правила радиоактивного смещения. Изотопы.	2 кр
			5.7. Ядерные реакции. Деление ядер. Цепная реакция. Ядерный реактор.	2 кр
			5.8. Термоядерные реакции синтеза. Проблемы получения управляемой термоядерной реакции.	2 кр
			5.9. Физическая картина мира. Виды взаимодействия и классы элементарных частиц. Частицы и античастицы. Нейтрино. Кварки.	2 кр
				экз. билеты

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>знать: ОПК-6 - основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции;</p> <p>уметь: ОПК-6 - применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</p>	зачтено	<p>обучающийся</p> <p>1) знает основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции;</p> <p>2) умеет применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</p> <p>3) владеет навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>
<p>владеть: ОПК-6 - навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>	не зачтено	<p>обучающийся</p> <p>1) не знает основные физические законы и другие сведения, необходимые для применения в конкретной области при изготовлении лесопромышленной продукции;</p> <p>2) не умеет применять физико-математические методы для проектирования изделий и технологических процессов в машиностроении с применением стандартных программных средств;</p> <p>3) не владеет навыками разработки новых и применения стандартных программных средств на базе физико-математических моделей в конкретной предметной области.</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» от «20» октября 2015 г. № 1170

для набора 2014 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413,

для набора 2015 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. № 769,

для набора 2016 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. № 429,

для набора 2017 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125.

Программу составил:

Махро И.Г., к.ф.-м.н., доцент _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры физики
от « ____ » _____ 20____ г., протокол № ____

И.о. заведующего кафедрой МиФ _____ Медведева О.И.

СОГЛАСОВАНО:

И.о. заведующего выпускающей кафедрой ВиПЛР _____ Иванов В.А.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

Рабочая программа одобрена методической комиссией естественнонаучного факультета
от « ____ » _____ 20____ г., протокол № ____

Председатель методической комиссии ЕН факультета _____ Варданян В.А.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____