

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра математики и физики

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. проректора по учебной работе

_____ Е.И. Луковникова

«_____» _____ 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ФИЗИКА**

Б1.Б.06

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.02 Электроэнергетика и электротехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Электроснабжение

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	4
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	9
4.3 Лабораторные работы	18
4.4 Практические занятия.....	20
4.5 Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	20
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	23
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	24
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	24
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	25
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	25
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	25
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы	110
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....	114
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	115
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	116
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	130
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе.....	131

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

Вид деятельности выпускника

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

Цель дисциплины

Формирование научных знаний о фундаментальных физических закономерностях, приобретение теоретической и практической подготовки, позволяющей ориентироваться в потоке научно-технической информации, использование физических принципов в своей дальнейшей профессиональной деятельности.

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-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	знать: – основные физические явления и основные законы физики, границы их применимости; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл и единицы их измерения; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики; уметь: – выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности; владеть: – методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.06 физика относится к базовой части.

Дисциплина физика базируется на знаниях, полученных при изучении учебных дисциплин основных общеобразовательных программ.

Основываясь на изучении дисциплин, физика представляет основу для изучения дисциплин: «Безопасность жизнедеятельности», «Теоретические основы электротехники», «Электроснабжение», «Техника высоких напряжений», «Полупроводниковая техника в электроэнергетике».

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	1,2	1-3	360	208	69	87	52	116	1кр,2кр,3кр	1,3 зачет, 2 экзамен
Заочная	1	–	360	38	14	12	12	313	1кр,1кр	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 семестрам, час		
			1	2	3
1	2	3	4	5	6
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	208	30	68	72	68
Лекции (Лк)	69	30	17	18	34
Лабораторные работы (ЛР)	87	–	34	36	17
Практические занятия (ПЗ)	52	–	17	18	17
Контрольная работа (кр)	+	–	+	+	+
Индивидуальные консультации	+	–	+	+	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	116	–	40	–	76
Подготовка к лабораторным работам	39	–	13	–	26
Подготовка к практическим занятиям	39	–	13	–	26
Подготовка к зачету	30	–	10	–	20
Подготовка к экзамену в течение семестра	6	–	–	–	–
Выполнение контрольной работы	8	–	4	–	4
III. Промежуточная аттестация зачет экзамен	+	–	+	–	+
	27	–	–	27	–
Общая трудоемкость дисциплины, час	360		108	108	144
	10		3	3	4

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

– для очной формы обучения

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (час.)			
			учебные занятия			самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	практические занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Механика	72	12	24	12	24
1.1	Кинематика поступательного и вращательного движения	8	2	2	2	2
1.2	Динамика прямолинейного и криволинейного движения	7	2	2	1	2
1.3	Деформация тел. Закон Гука. Трение	5,5	1	2	0,5	2
1.4	Динамика вращательного движения	8,5	2	4	0,5	2
1.5	Законы сохранения	10	2	4	2	2
1.6	Механические колебания (кинематика колебаний)	7	1	2	2	2
1.7	Механические колебания (динамика колебаний)	9	1	4	2	2
1.8	Механические волны	7	1	2	2	2
1.9	Механика жидкостей и газов	6	–	2	–	4
1.10	Элементы специальной теории относительности (СТО)	4	–	–	–	4
2.	Молекулярная физика и термодинамика	33	5	10	5	13
2.1	Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния	5	1	2	2	1
2.2	Внутренняя энергия идеального газа. Первое начало термодинамики	4,5	1	2	1,5	1
2.3	Второе начало термодинамики. Энтропия	5,5	1	2	1,5	1
2.4	Элементы статистической физики	5	1	2	–	2
2.5	Явления переноса в термодинамически неравновесных системах	4	1	2	–	1
2.6	Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	3	–	–	–	3
2.7	Твердые тела. Кристаллические и аморфные тела	4	–	–	–	4
3.	Электромагнетизм	81	18	36	18	9
3.1	Электрическое поле в вакууме. Теорема Гаусса	5,5	2	2	1	0,5
3.2	Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля	6,5	1	4	1	0,5
3.3	Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле	6	2	2	1	1
3.4	Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле	7	1	4	1	1

3.5	Постоянный электрический ток	7,5	1	4	2	0,5
3.6	Классическая электронная теория электропроводности металлов	4	1	2	–	1
3.7	Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	5	–	4	–	1
3.8	Магнитное поле в вакууме	9	2	4	2	1
3.9	Магнитное поле в веществе	9	2	4	2	1
3.10	Электромагнитные явления	9	4	2	2	1
3.11	Электрические колебания и электромагнитные волны	12,5	2	4	6	0,5
4.	Оптика	64	14	11	10	29
4.1	Интерференция света	9	2	1	2	4
4.2	Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	10	2	2	2	4
4.3	Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	10	2	2	2	4
4.4	Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	8	2	2	–	4
4.5	Тепловое излучение. Законы теплового излучения	11	2	2	2	5
4.6	Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	9	2	2	1	4
4.7	Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	7	2	–	1	4
5.	Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	74	20	6	7	41
5.1	Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома	9	2	2	1	4
5.2	Элементы квантовой механики	7	2	–	1	4
5.3	Физика атомов и молекул	9	2	2	1	4
5.4	Атомное ядро. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы	6,5	2	–	0,5	4
5.5	Радиоактивность. Закон радиоактивного распада	6,5	2	–	0,5	4
5.6	Взаимодействие частиц и ионизирующего излучения с веществом	6	2	–	–	4
5.7	Ядерная энергетика	6	2	–	–	4
5.8	Термоядерные реакции – основной источник энергии звезд. Космические лучи	6	2	–	–	4
5.9	Элементарные частицы. Стандартная модель	6	2	–	–	4
5.10	Элементы физики твердого тела	11	2	2	3	4
	ИТОГО	324	69	87	52	116

– для заочной формы обучения

№ раз-дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо-е-м-к-о-с-ть (час.)	Виды учебных занятий, включая само-стоятельную работу обучающихся и трудоемкость (час.)			
			учебные занятия			само-стоя-тельная работа обучающихся
			лекции	лабора-торные работы	практи-ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Механика	79	3	3	3	70
1.1	Кинематика поступательного и вращательного движения	4,9	0,3	0,3	0,3	4
1.2	Динамика прямолинейного и криволинейного движения	8,5	0,5	0,5	0,5	7
1.3	Деформация тел. Закон Гука. Трение	4,9	0,3	0,3	0,3	4
1.4	Динамика вращательного движения	8,5	0,5	0,5	0,5	7
1.5	Законы сохранения	8,5	0,5	0,5	0,5	7
1.6	Механические колебания (кинематика колебаний)	7,9	0,3	0,3	0,3	7
1.7	Механические колебания (динамика колебаний)	7,9	0,3	0,3	0,3	7
1.8	Механические волны	7,9	0,3	0,3	0,3	7
1.9	Механика жидкостей и газов	10	–	–	–	10
1.10	Элементы специальной теории относительности (СТО)	10	–	–	–	10
2.	Молекулярная физика и термодинамика	56	2	2	2	50
2.1	Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния	7,3	0,4	0,4	0,5	6
2.2	Внутренняя энергия идеального газа. Первое начало термодинамики	7,3	0,4	0,4	0,5	6
2.3	Второе начало термодинамики. Энтропия	8,3	0,4	0,4	0,5	7
2.4	Элементы статистической физики	9,3	0,4	0,4	0,5	8
2.5	Явления переноса в термодинамически неравновесных системах	7,8	0,4	0,4	–	7
2.6	Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	8	–	–	–	8
2.7	Твердые тела. Кристаллические и аморфные тела	8	–	–	–	8
3.	Электромагнетизм	92	4	4	4	80
3.1	Электрическое поле в вакууме. Теорема Гаусса	8,4	0,4	0,5	0,5	7
3.2	Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля	8,4	0,4	0,5	0,5	7
3.3	Электрическое поле в веществе: ди-электрики в электрическом поле	8,4	0,4	0,5	0,5	7
3.4	Электрическое поле в веществе: про-водники в электрическом поле	8,4	0,4	0,5	0,5	7
3.5	Постоянный электрический ток	8,4	0,4	0,5	0,5	7

3.6	Классическая электронная теория электропроводности металлов	8,3	0,3	–	–	8
3.7	Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	8,3	0,3	–	–	8
3.8	Магнитное поле в вакууме	8,4	0,4	0,5	0,5	7
3.9	Магнитное поле в веществе	8,3	0,3	–	–	8
3.10	Электромагнитные явления	8,4	0,4	0,5	0,5	7
3.11	Электрические колебания и электромагнитные волны	8,3	0,3	0,5	0,5	7
4.	Оптика	56	2	2	2	50
4.1	Интерференция света	7,05	0,25	0,4	0,4	6
4.2	Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	8,05	0,25	0,4	0,4	7
4.3	Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	7,05	0,25	0,4	0,4	6
4.4	Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	9,25	0,25	–	–	9
4.5	Тепловое излучение. Законы теплового излучения	8,05	0,25	0,4	0,4	7
4.6	Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	7,3	0,5	0,4	0,4	6
4.7	Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	9,25	0,25	–	–	9
5.	Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	68	3	1	1	63
5.1	Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома	7	0,3	0,5	0,2	6
5.2	Элементы квантовой механики	6,5	0,3	–	0,2	6
5.3	Физика атомов и молекул	6,5	0,3	–	0,2	6
5.4	Атомное ядро. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы	6,5	0,3	–	0,2	6
5.5	Радиоактивность. Закон радиоактивного распада	6,5	0,3	–	0,2	6
5.6	Взаимодействие частиц и ионизирующего излучения с веществом	6,3	0,3	–	–	6
5.7	Ядерная энергетика	6,3	0,3	–	–	6
5.8	Термоядерные реакции – основной источник энергии звезд. Космические лучи	6,3	0,3	–	–	6
5.9	Элементарные частицы. Стандартная модель	6,3	0,3	–	–	6
5.10	Элементы физики твердого тела	9,8	0,3	0,5	–	9
	ИТОГО	351	14	12	12	313

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. МЕХАНИКА

Тема 1.1. Кинематика поступательного и вращательного движения

1) Введение. Предмет изучения физики.

Физика – наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности природы, свойства и строение материи, законы ее движения.

2) Основные характеристики кинематики: материальная точка, система отсчета, траектория, путь и вектор перемещения. Кинематические уравнения.

3) Скорость и ускорение: средняя и мгновенная скорость, ускорение и его составляющие, среднее и мгновенное ускорение.

4) Ускорение при криволинейном движении. Нормальное и тангенциальное ускорения.

5) Кинематика вращательного движения. Угловое перемещение, угловая скорость и ускорение.

6) Связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями.

Тема 1.2. Динамика прямолинейного и криволинейного движения

1) Первый закон Ньютона. Инерциальная система отсчета (ИСО).

2) Сила. Масса тела. Импульс тела. Второй закон Ньютона. Следствия второго закона Ньютона.

3) Третий закон Ньютона.

4) Классификация сил. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения и его применение.

5) Примеры применения законов Ньютона при решении задач.

Тема 1.3. Деформация тел. Закон Гука. Трение

1) Деформация тел. Типы деформации.

2) Характеристики упругих деформаций; абсолютная и относительная деформации. Механические напряжения и усилия.

3) Закон Гука. Энергия упругой деформации.

4) Трение. Сухое трение: трение покоя, скольжения, качения.

5) Вязкое трение. Падение твердого шарика в вязкой среде.

Тема 1.4. Динамика вращательного движения

1) Момент силы, момент импульса и момент инерции.

2) Примеры расчета момента инерции:

– момент инерции однородного изотропного диска (сплошного цилиндра);

– момент инерции длинного тонкого однородного стержня;

– момент инерции однородного шара;

– момент инерции тонкого однородного кольца;

– момент инерции сплошного однородного конуса;

– моменты инерции полого и сплошного цилиндров, полого шара.

3) Теорема Штейнера.

4) Примеры применения теоремы Штейнера.

5) Закон вращательного движения.

Тема 1.5. Законы сохранения

1) Сохраняющиеся величины.

2) Импульс тела. Закон сохранения импульса.

3) Энергия. Работа и мощность силы.

4) Кинетическая энергия.

5) Поле сил. Консервативные и диссипативные силы.

6) Потенциальная энергия:

- тела, находящегося в поле силы тяжести;
 - тела в гравитационном поле;
 - упруго деформированного тела.
- 7) Связь между потенциальной энергией и консервативной силой.
 - 8) Закон сохранения механической энергии.
 - 9) Применение законов сохранения импульса и механической энергии.
 - 10) Закон сохранения момента импульса.
 - 11) Кинетическая энергия твердого тела при вращательном и плоском движении.
 - 12) Работа при вращательном движении.
 - 13) Применение законов вращательного движения и сохранения момента импульса.

Тема 1.6. Механические колебания (кинематика колебаний)

- 1) Основные характеристики колебаний: амплитуда. Частота, фаза и период.
- 2) Скорость и ускорение 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 1.7. Механические колебания (динамика колебаний)

- 1) Динамика колебаний. Пружинный маятник.
- 2) Физический и математический маятники.
- 3) Свободные затухающие механические колебания.
- 4) Вынужденные механические колебания. Резонанс.

Тема 1.8. Механические волны

- 1) Продольные и поперечные волны. Длина волны.
- 2) Уравнение плоской и сферической бегущих волн.
- 3) Фазовая и групповая скорости волн.
- 4) Фазовая скорость распространения волн в различных средах.
- 5) Энергия и интенсивность волны.
- 6) Интерференция механических волн.
- 7) Стоячие механические волны.
- 8) Звуковые волны. Эффект Доплера.

Тема 1.9. Механика жидкостей и газов

Свойства жидких и газообразных тел.

- 1) Гидростатика жидкостей. Давление в жидкости. Закон Паскаля.
- 2) Давление однородной жидкости в поле тяжести. Закон Архимеда.
- 3) Гидродинамика. Линии и трубки тока жидкости. Уравнение неразрывности.
- 4) Динамика идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Следствия уравнения Бернулли и его применение.
- 5) Динамика реальной жидкости и газа.

Тема 1.10. Элементы специальной теории относительности (СТО)

- 1) Принцип относительности и преобразования Галилея.
- 2) Следствия преобразования Галилея.
- 3) Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца.
- 4) Пространство и время в СТО.
- 5) Релятивистская динамика.

- 6) Понятие общей теории относительности (ОТО).

Раздел 2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА

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

- 1) Предмет молекулярной физики.
- 2) Два метода исследования: термодинамический и молекулярно-кинетический.
- 3) Состояние термодинамической системы. Процессы. Параметры системы.
- 4) Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа.
- 5) Температура как термодинамический параметр, характеризующий состояние термодинамического равновесия макроскопической системы. Термодинамическая шкала температур, её связь со шкалой Цельсия. Абсолютный нуль температуры.
- 6) Уравнение состояния идеального газа.
- 7) Газовые законы при изопроцессах.

Тема 2.2. Внутренняя энергия идеального газа. Первое начало термодинамики

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 1) Число степеней свободы молекулы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.
- 2) Внутренняя энергия идеального газа. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.
- 3) Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.
- 4) Работа газа при изопроцессах.
- 5) Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Работа при адиабатном процессе.
- 6) Теплоемкость вещества и идеального газа.

Тема 2.3. Второе начало термодинамики. Энтропия

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 1) Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс (цикл).
- 2) Принцип действия тепловых и холодильных машин. Коэффициент полезного действия (КПД).
- 3) Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики.
- 4) Энтропия, ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью.
- 5) Расчет энтропии идеального газа при изопроцессах.

Тема 2.4. Элементы статистической физики

- 1) Закон Максвелла о распределении молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения. Опыт Штерна.
- 2) Барометрическая формула. Распределение Больцмана.
- 3) Функция распределения Максвелла-Больцмана.

Тема 2.5. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах

- 1) Явления переноса: диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.
- 2) Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.
- 3) Теплопроводность и диффузия газа и жидкости. Закон Фика. Закон Фурье.
- 4) Вязкость (внутреннее трение) газа и жидкости. Коэффициент вязкости.

Тема 2.6. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса

- 1) Реальные газы. Силы и потенциальная энергия межмолекулярного взаимодействия.
- 2) Изотермы реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса. Критические параметры.
- 3) Внутренняя энергия реального газа. Эффект Джоуля-Томсона. Сжижение газов.
- 4) Кривая фазового равновесия. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Тема 2.7. Твердые тела. Кристаллические и аморфные тела

- 1) Твердые тела. Кристаллические и аморфные тела.
- 2) Структура кристаллических тел. Кристаллические решетки и их типы. Симметрия кристаллов.
- 3) Дефекты в кристаллах.

Раздел 3. ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

Тема 3.1. Электрическое поле в вакууме. Теорема Гаусса

- 1) Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.
- 2) Электрическое поле. Напряженность и силовые линии электрического поля.
- 3) Поток вектора напряженности E электростатического поля. Теорема Гаусса.
- 4) Применение теоремы Гаусса для расчета напряженности поля.

Тема 3.2. Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля

- 1) Электрический потенциал. Расчет потенциала.
- 2) Разность потенциалов. Расчет разности потенциалов.
- 3) Связь между напряженностью E и потенциалом φ электрического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.
- 4) Работа сил электростатического поля. Циркуляция вектора E .

Тема 3.3. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 1) Электрический диполь. Напряженность E и потенциал φ электрического диполя.
- 2) Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризованности P .
- 3) Виды поляризации. Классификация диэлектриков по видам поляризации.
- 4) Объемные и поверхностные связанные заряды. Поле внутри диэлектрика.
- 5) Вектор электрической индукции D . Теорема Гаусса для вектора D .
- 6) Граничные условия на границе двух диэлектриков. Полная система уравнений электростатики в интегральной форме.
- 7) Применение теоремы Гаусса для расчета напряженности, потенциала и разности потенциалов электростатического поля в изотропных однородных диэлектриках.
- 8) Сегнетоэлектрики и их свойства. Пьезоэффект.

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

- 1) Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике.
- 2) Емкость уединенного проводника и конденсаторов. Соединения конденсаторов.
- 3) Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.
- 4) Энергия электрического поля. Работа поля при поляризации диэлектрика.

Тема 3.5. Постоянный электрический ток

- 1) Сила тока, плотность тока. Условия существования тока.
- 2) Закон Ома для однородного участка цепи. Электрическое сопротивление. Соединение проводников.
- 3) Разность потенциалов, электродвижущая сила (ЭДС) 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.
- 7) Мощность тока. КПД источника тока.

Тема 3.6. Классическая электронная теория электропроводности металлов

- 1) Природа носителей тока в металлах. Опыт Рикке.
- 2) Опыт Толмена-Стюарта.
- 3) Классическая теория электропроводности металлов.
- 4) Объяснение законов Ома, Джоуля-Ленца и Видемана-Франца на основе классической теории Друде-Лоренца.
- 5) Недостатки теории Друде-Лоренца.

Тема 3.7. 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.
- 4) Несамостоятельный и самостоятельный газовый разряд (СГР).
- 5) Тлеющий и дуговой газы разряды.
- 6) Искровой и коронный газы разряды.
- 7) Электрический ток в плазме.

Тема 3.8. Постоянное магнитное поле в вакууме

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 1) Опыты Ампера и Эрстеда.
- 2) Магнитное поле токов. Вектор магнитной индукции \mathbf{B} . Силовые линии магнитного поля.
- 3) Закон Био-Савара-Лапласа. Расчет индукции \mathbf{B} магнитных полей, создаваемых токами различной конфигурации.
- 4) Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитных и электрических полях.
- 5) Эффект Холла. Циклотрон. Магнетрон.
- 6) Магнитный поток Φ_B . Работа проводника с током в однородном магнитном поле.
- 7) Циркуляция вектора магнитной индукции \mathbf{B} (закон полного тока). Поле тороида.
- 8) Магнитный момент тока. Контур с током в магнитном поле.

Тема 3.9. Магнитное поле в веществе

- 1) Намагничивание вещества. Элементарная теория Ампера намагничивания вещества. Вектор намагниченности \mathbf{J} .
- 2) Напряженность \mathbf{H} магнитного поля. Циркуляция вектора \mathbf{H} (закон полного тока). Магнитная проницаемость.
- 3) Граничные условия на границе двух магнетиков. Уравнения магнитостатики для вещества.
- 4) Магнитное поле разомкнутой магнитной цепи.
- 5) Расчет индукции магнитного поля в веществе.
- 6) Виды магнетиков и их свойства.
- 7) Элементарная теория диа- и парамагнетизма.
- 8) Гиромагнитное отношение. Опыты Эйнштейна-де-Гааза и Барнетта.
- 9) Элементарная теория ферромагнетизма.
- 10) Кривая намагничивания ферромагнетиков.
- 11) Полная потеря энергии при перемагничивании ферромагнетика.
- 12) Применение магнитных материалов.

Тема 3.10. Электромагнитные явления

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 1) Опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции.
- 2) Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея-Максвелла). Правило Ленца.

- 3) Вывод закона Фарадея-Максвелла.
- 4) Явление самоиндукции. Индуктивность.
- 5) Токи при замыкании и размыкании электрической цепи.
- 6) Взаимная индукция. Трансформаторы.
- 7) Токи Фуко (вихревые) и их применение.
- 8) Энергия магнитного поля. Энергия перемещения ферромагнетика.
- 9) Вихревое электрическое поле. Первое уравнение Максвелла.
- 10) Токи смещения. Второе уравнение Максвелла.
- 11) Полная система уравнений Максвелла в интегральной форме.

Тема 3.11. Электрические колебания и электромагнитные волны

- 1) Свободные незатухающие электрические колебания в колебательном контуре.
- 2) Свободные затухающие электрические колебания. Добротность системы.
- 3) Вынужденные электрические колебания. Резонанс колебаний.
- 4) Переменный электрический ток. Закон Ома. Мощность переменного тока.
- 5) Уравнения электромагнитных волн.
- 6) Опыты Герца по исследованию электромагнитных волн.
- 7) Энергия, импульс и давление электромагнитных волн.
- 8) Шкала электромагнитных волн.

Раздел 4. ОПТИКА

Тема 4.1. Интерференция света

- 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 4.2. 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 4.3. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 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 4.4. 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 4.5. Тепловое излучение. Законы теплового излучения

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 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 4.6. 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 4.7. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона

- 1) Энергия, масса и импульс фотона.
- 2) Давление света. Коэффициент отражения.
- 3) Корпускулярно-волновая природа света: свет 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. Элементы квантовой механики

- 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.

4) Ψ -функция – волновая функция, характеризует состояние микрочастицы, движущейся в силовом поле. Уравнение Шредингера для стационарных состояний. Смысл Ψ -функции.

5) Квантование энергии. Полная энергия частицы. Собственные значения энергии и собственные функции. Дискретный и непрерывный (сплошной) спектр.

6) 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.

7) Квантование момента импульса частицы.

8) Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.

Тема 5.3. Физика атомов и молекул

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

1) Атом водорода в квантовой механике. 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).

4) Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Молекулярные спектры.

5) Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.

Тема 5.4. Атомное ядро. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы

1) Состав атомного ядра.

2) Характеристики атомного ядра.

3) Магнитный момент, спин и радиус ядра.

4) Дефект массы и энергия связи атомного ядра.

5) Модели атомных ядер: капельная, оболочечная, обобщенная, сверхтекучая.

6) Ядерные силы.

Тема 5.5. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада

1) Естественная и искусственная радиоактивность.

2) Закон радиоактивного распада.

3) Альфа-распад.

4) Бета-распад

5) Характер β -спектра и гипотеза нейтрино.

6) Теория β -распада Ферми.

7) Происхождение γ -лучей и взаимодействие их с веществом.

8) Эффект Мессбауэра.

Тема 5.6. Взаимодействие частиц и ионизирующего излучения с веществом

1) Прохождение ядерных заряженных частиц через вещество.

2) Прохождение электронов и позитронов через вещество.

3) Прохождение нейтронов через вещество.

4) Взаимодействие γ -излучения с веществом.

5) Доза излучения. Единицы измерения радиоактивности.

Тема 5.7. Ядерная энергетика

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

1) Основные типы ядерных реакций.

2) Деление тяжелых ядер.

3) Цепная реакция. Коэффициент размножения нейтронов.

4) Ядерные реакторы и атомная электростанция (АЭС):

- ядерные реакторы;
- атомная электростанция и ядерная энергетика.

Тема 5.8. Термоядерные реакции – основной источник энергии звезд.

Космические лучи

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).

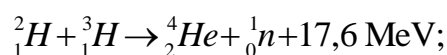
4) Проблемы осуществления управляемого термоядерного синтеза (УТС). Сложность проведения термоядерной реакции характеризуют тройным произведением:

$$nT\tau,$$

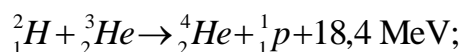
(плотность – температура – время удержания плазмы).

5) Типы перспективных управляемых термоядерных реакций:

– реакция дейтерий + тритий (осуществляется при наиболее низкой температуре):



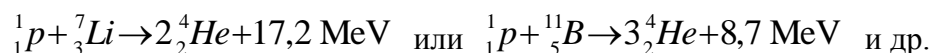
– реакции дейтерий + гелий-3 (более сложная, на пределе возможного):



– реакции между ядрами дейтерия:



– возможны другие типы реакций, например, с участием лития или бора:



Реакции на легком водороде, например, протон-протонные реакции синтеза, идущие в звездах, не рассматриваются как перспективное термоядерное горючее, т.к. они идут через слабое взаимодействие с излучением нейтрино, и по этой причине требуют астрономических размеров реактора для сколь-либо заметного энерговыделения.

- 6) Типы космических лучей.
- 7) Солнечные космические лучи.
- 8) Вторичные космические лучи.
- 9) Радиационные пояса Земли.

Тема 5.9. Элементарные частицы. Стандартная модель

- 1) Классификация элементарных частиц.
- 2) Характеристики частиц.
- 3) Лептоны.
- 4) Странные частицы (СЧ) – элементарные частицы, имеющие в своем составе s-кварк.
- 5) Изоспин протона и нейтрона.
- 6) Резонансы – элементарные частицы, представляющие собой возбужденное состояние адрона.
- 7) Античастицы.
- 8) Кварки.
- 9) Адронные струи.
- 10) Открытие t-кварков.
- 11) Кванты фундаментальных взаимодействий – калибровочные бозоны: фотоны, W- и Z-бозоны и глюоны.
- 12) Стандартная модель.

Тема 5.10. Элементы физики твердого тела

Интерактивная форма занятия – лекция-визуализация

- 1) Теплоемкость кристаллов. Теория Эйнштейна.
- 2) Колебания систем с большим числом степеней свободы. Теория Дебая. Характеристическая температура Дебая. Фононы.
- 3) Квантовая теория свободных электронов в металле. Электронный газ.
- 4) Энергетические зоны в кристаллах.
- 5) Металлы, диэлектрики и полупроводники в зонной теории твердых тел.
- 6) Собственная и примесная проводимость полупроводников.
- 7) Контактные и термоэлектрические явления:
 - работа выхода;
 - термоэлектронная эмиссия;
 - контактная разность потенциалов;
 - термоэлектрические явления;
 - полупроводниковые диоды и триоды.

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер разде- ла дисци- плины</i>	<i>Наименование лабораторных работ</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инно- вационной фор- мах, (час.)</i>
1	1.	Определение ускорения свободного падения	2	–
2	1.	Изучение законов сохранения импульса и энергии	2	–
3	1.	Определение модуля кручения и модуля сдвига с помощью крутильного маятника	1	–
4	1.	Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника	1	–
5	1.	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника	1	–
6	1.	Проверка основного уравнения динамики вращательного движения	2	–
7	1.	Маятник Максвелла	1	–
8	1.	Определение момента инерции тела методом крутильных колебаний	1	–
9	1.	Определение момента инерции крутильного маятника методом колебаний	1	–
10	1.	Наклонный маятник	1	–
11	1.	Проверка закона сохранения механической энергии	2	–
12	1.	Проверка теоремы Штейнера методом линеаризации экспериментальной кривой	1	–
13	1.	Градуировка звукового генератора	1	–
14	1.	Математический маятник	1	–
15	1.	Физический маятник	1	–
16	1.	Универсальный маятник	2	–
17	1.	Определение коэффициента упругости.	1	–
18	1.	Изучение затухающих колебаний	1	–
19	1.	Определение скорости звука в воздухе методом резонанса	1	–
20	2.	Изучение газовых законов	2	–
21	2.	Экспериментальное определение постоянной Больцмана	1	–

22	2.	Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке	1	–
23	2.	Определение вязкости жидкости методом Стокса.	1	–
24	2.	Определение вязкости воздуха	1	–
25	2.	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха	1	–
26	2.	Определение отношения теплоёмкостей воздуха при постоянном давлении и постоянном объеме	1	–
27	2.	Определение изменения энтропии реальных систем	2	–
28	3.	Изучение электростатического поля	4	–
29	3.	Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона	4	–
30	3.	Измерение величины электрического сопротивления с помощью R-моста Уитстона	3	–
31	3.	Измерение удельного сопротивления	3	–
32	3.	Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли	3	М
33	3.	Изучение работы электронного осциллографа	3	–
34	3.	Изучение стабилитрона и снятие его характеристик	3	–
35	3.	Изучение вакуумного диода и определение удельного заряда электрона	3	–
36	3.	Определение индуктивности соленоида	3	–
37	3.	Определение кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа	4	–
38	3.	Затухающие электрические колебания	3	–
39	4.	Изучение зависимости показателя преломления раствора от его концентрации	1	–
40	4.	Определение показателя преломления вещества при помощи микроскопа	1	–
41	4.	Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки	1	–
42	4.	Исследование дифракции Фраунгофера	1	–
43	4.	Изучение спектрального аппарата	1	–
44	4.	Изучение явления поляризации	1	–
45	4.	Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков	1	–
46	4.	Определение концентрации сахара в растворе по углу вращения плоскости поляризации	1	–
47	4.	Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра	1	–
48	4.	Исследование селективного фотоэффекта	1	–
49	4.	Туннельный эффект. Исследование вольтамперной характеристики туннельного диода	1	–
50	5.	Изучение спектра излучения атомов цинка	1	–
51	5.	Качественный спектральный анализ	1	–
52	5.	Изучение зависимости сопротивления полупроводника от температуры и определение энергии активации полупроводника	2	–
53	5.	Определение концентрации носителей тока в полупроводнике с помощью эффекта Холла	2	–
		ИТОГО	87	12

4.4. Практические занятия

№ п/п	Номер раздела дисциплины	Наименование тем практических занятий	Объем (час)	Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час)
1	1.	Кинематика поступательного и вращательного движения	2	–
2	1.	Динамика поступательного и вращательного движения	2	–
3	1.	Законы сохранения	2	–
4	1.	Механические колебания (кинематика колебаний)	2	–
5	1.	Механические колебания (динамика колебаний)	2	–
6	1.	Механические волны	2	–
7	2.	Законы идеального газа	2	–
8	2.	Законы термодинамики	3	–
9	3.	Электрическое поле в вакууме	2	–
10	3.	Электрическое поле в веществе	2	–
11	3.	Постоянный электрический ток	2	–
12	3.	Магнитное поле в вакууме	2	–
13	3.	Магнитное поле в веществе	2	–
14	3.	Электромагнитные явления	2	–
15–16	3.	Электрические колебания	4	–
17	3.	Электромагнитные волны	2	–
18	4.	Интерференция света	2	–
19	4.	Дифракция света	2	–
20	4.	Поляризация света	2	–
21	4.	Тепловое излучение	2	–
22	4.	Квантовая природа света	2	–
23	4.	Элементы квантовой механики	2	–
24	5.	Физика атома и атомного ядра	2	–
25	5.	Физика твердого тела	3	–
		ИТОГО	52	

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Цель: Контрольная работа позволяет закрепить теоретический материал курса физики.

Структура: В контрольной работе необходимо указать номер варианта, записать условие задачи, решение, в тех случаях, когда это возможно сделать чертеж, выполнить вычисления, проверку единиц измерений и записать ответ.

Основная тематика (для дневной формы обучения):

Контрольная работа № 1 (курс 1, семестр 1) включает следующие разделы физики:
 – физические основы классической механики (раздел «Механика»);
 – молекулярная физика и термодинамика.

Контрольная работа № 2 (курс 1, семестр 2) включает раздел физики:
 – электромагнетизм.

Контрольная работа № 3 (курс 2, семестр 3) включает следующие разделы физики:
 – волновая и квантовая оптика (раздел «Оптика»);
 – элементы атомной и ядерной физики (раздел «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц»).

При выполнении контрольной работы каждый студент выполняет 5 задач своего варианта.

Рекомендуемый объем: 2 – 3 рукописных листа с пояснением решения. Выполняется на бумаге формата А4 с титульным листом.

отлично	Обучающийся правильно решает все пять задач своего варианта, оформляет контрольную работу по образцу, вывод формул и решение задач сопровождается краткими, но исчерпывающими пояснениями
хорошо	Обучающийся правильно решает четыре задачи (или пять с небольшими замечаниями: есть одна ошибка в расчетах или не везде указаны единицы измерения) своего варианта, оформляет контрольную работу по образцу, вывод формул и решение задач сопровождается краткими, но исчерпывающими пояснениями
удовлетворительно	Обучающийся правильно решает только три задачи своего варианта (или четыре с небольшими замечаниями: есть одна ошибка в расчетах или не везде указаны единицы измерения), оформляет контрольную работу по образцу с некоторыми замечаниями, практически не поясняет решение задач
неудовлетворительно	Обучающийся правильно решает только две задачи своего варианта (или три, есть грубые ошибки), неаккуратно оформляет контрольную работу, с большими замечаниями, не может пояснить решение задач

Согласно учебному плану студенты профиля подготовки 13.03.02 «Электроснабжение» заочной формы обучения выполняют две контрольные работы.

Основная тематика контрольных работ.

Первая контрольная работа включает задачи из следующих разделов физики:

- механика;
- молекулярная физика и термодинамика;
- электромагнетизм.

Вторая контрольная работа включает задачи из разделов:

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

Содержание.

Каждая контрольная работа содержит 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. На обложке тетради указывается ФИО студента, группа, шифр зачетной книжки.

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>Компетенции</i>	<i>Компетенции</i>		<i>Σ комп.</i>	<i>t_{ср}, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
		<i>Кол-во часов</i>	<i>ОПК</i>				
		<i>2</i>					
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	
1. Механика		72	+	1	72	Лк, ЛР, ПЗ, СР	1 кр, зачет
2. Молекулярная физика и термодинамика		33	+	1	33	Лк, ЛР, ПЗ, СР	1 кр, зачет
3. Электромагнетизм		81	+	1	81	Лк, ЛР, ПЗ, СР	2 кр, экзамен
4. Оптика		64	+	1	64	Лк, ЛР, ПЗ, СР	3 кр, зачет
5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц		74	+	1	74	Лк, ЛР, ПЗ, СР	3 кр, зачет
<i>всего часов</i>		324		1	324		

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

1. Ким, Д.Б. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учебное пособие/ Д.Б. Ким, Д.И. Левит. – Братск: БрГУ, 2012. –145 с.
2. Ким, Д.Б. Физика. Механика: лабораторный практикум /Ким Д.Б., Кропотов А.А., Махро И.Г. – 5-е изд. перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2016. – 142 с.
3. 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.
4. Рудя, С.С. Физика. Оптика: методические указания по лабораторным работам/ С.С. Рудя, Е.Т. Агеева, И.Г. Махро. – Братск: БрГУ, 2016. – 164 с.
5. Физика. Молекулярная физика и термодинамика: лабораторный практикум /Д.Б. Ким [и др.]. – Братск: БрГУ, 2014. –112с.
6. 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.
7. Физика: методические указания и контрольные задания для бакалавров заочной формы обучения технических профилей/ Д.Б. Ким [и др.]. – Братск: БрГУ, 2013. – 140 с.

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

№	<i>Наименование издания</i>	<i>Вид занятия</i>	<i>Количество экземпляров в библиотеке, шт.</i>	<i>Обеспеченность, (экз./чел.)</i>
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Трофимова, Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов/Т.И. Трофимова. – 12-е стереотипное – Москва: Академия, 2006. – 560 с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР, кр	96	1
2.	Детлаф, А.А. Курс физики: учебное пособие для вузов/ А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. – 7-е изд., стереотип. – Москва: Академия, 2008. – 720 с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР, кр	99	1
Дополнительная литература				
3.	Волькенштейн, В.С. Сборник задач по общему курсу физики: для студентов технических вузов / В.С. Волькенштейн. – 3-е изд., испр. и доп. – Санкт-Петербург: Книжный мир, 2007. – 328 с.	ПЗ, кр	98	1
4.	Чертов, А.Г. Задачник по физике: учебное пособие для втузов / А.Г. Чертов, А.А. Воробьев. – 8-е изд., перераб. и доп. –Москва: Физматлит, 2009. – 640 с.	ПЗ, кр	20	0,8
5.	Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3-х т. Т.1-3: учебник для втузов/И.В. Савельев. – Москва: Наука, 1987 –. Т.1: Механика. Молекулярная физика. – 3-е изд., испр. – 432 с.	Лк, ПЗ, СР, кр	97	1
6.	Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3-х т. Т.1-3: учебник для втузов/И.В. Савельев. – Москва: Наука, 1988 –. Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. – 3-е изд., испр. – 496 с.	Лк, ПЗ, СР, кр	97	1
7.	Савельев, И.В. Курс общей физики. В 3-х т. Т.1-3: учебное пособие/И.В. Савельев. – Москва: Наука, 1987 –. Т. 3: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела. Физика атомного ядра и элементарных частиц. – 317 с.	Лк, ПЗ, СР, кр	101	1

8.	Ким, Д.Б. Физика. Механика: лабораторный практикум /Ким Д.Б., Кропотов А.А., Махро И.Г. – 5-е изд. перераб. и доп. – Братск: БрГУ, 2016. – 142 с.	ЛР, СР	159	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-p1ai/how-to-search/>.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических 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, 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

Измерение величины электрического сопротивления
с помощью R-моста Уитстона

ОТЧЕТ

Выполнил:
студент гр. ЭП–17

М.В. Хомченко

Руководитель:
доцент, к.ф.-м.н.

Д.Б. Ким

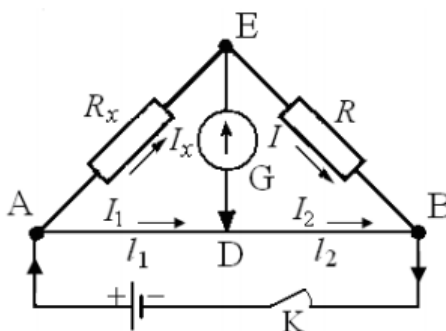
Братск 2018

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 (цена деления =1мм),
 набор резисторов с неизвестными сопротивлениями,
 магазин сопротивления МСР-60, класс 0,02
 милливольтметр М45М0МЗ, 1.0, \square , \square , \star 2 kV, \cap
 источник постоянного тока.

Принципиальная схема рабочей установки:**Рис. 1**

R_x – неизвестное сопротивление; R – прибор с известным сопротивлением (магазин сопротивления); G – гальванометр; AB – реохорд; K – ключ.

Рабочие формулы:

$$R_x = R \frac{l_1}{l_2}; \quad R_{\text{х посл}} = R_{x1} + R_{x2}; \quad R_{\text{х пар}} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}},$$

где R_{x1} – сопротивление первого резистора, R_{x2} – сопротивление второго резистора; l_1 и l_2 – длины плеч реохорда.

Таблица результатов

Измеряемое сопротивление	№ n/n	l_1	l_2	R	R_x	R_{xcp}	Расчетные значения $R_{xпосл}$, $R_{xпар}$
		мм	мм	Ом	Ом	Ом	
R_{x1}	1	90	90	163	163	161	—
	2	80	100	193	154		
	3	100	80	133	166		
R_{x2}	1	90	90	25	25	25,3	—
	2	80	100	31	25		
	3	100	80	21	26		
$R_{xпосл}$	1	90	90	181	181	183	181
	2	80	100	222	178		
	3	100	80	152	190		
$R_{xпар}$	1	90	90	22	22	22,3	22
	2	80	100	27	22		
	3	100	80	18	23		

Формулы расчета погрешности:

$$E_1 = \frac{\Delta R_{x1}}{\langle R_{x1cp} \rangle} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2}; \quad E_2 = \frac{\Delta R_{x2}}{\langle R_{x2cp} \rangle} = \frac{\Delta R}{R} + \frac{\Delta l_1}{l_1} + \frac{\Delta l_2}{l_2}.$$

Конечный результат:

$$R_{x1} = (161 \pm 4) \text{ Ом}$$

$$R_{x2} = (25,3 \pm 0,6) \text{ Ом}$$

Вывод:

Изучен принцип работы измерительной мостовой схемы; определены величины сопротивления двух проводников и величины сопротивления при их последовательном и параллельном соединении с относительной погрешностью $E = 2,4\%$.

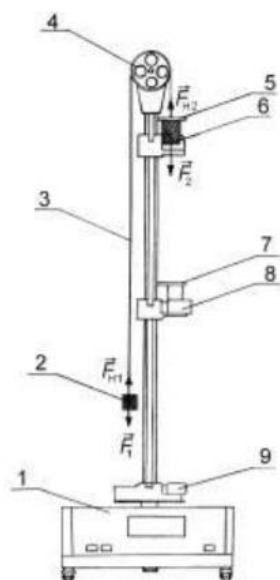
Лабораторная работа № 1

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 – миллисекундомер;
- 2,6 – грузы (цилиндры) одинаковой массы m_1 ;
- 3 – нерастяжимая нить;
- 4 – легкий блок;
- 5 – перегрузок (кольцо) массой m_2 ;
- 7 – кольцо;
- 8,9 – фотоэлектрические датчики (фиксируют время t_2 движения груза массой m_1 на пути S_2)

1. Включить прибор Атвуда в сеть.
2. Переместить правый груз в верхнее положение, положить на него один из дополнительных грузиков массой m_2 .
3. Измерить с помощью шкалы на колонке прибора, заданные пути равноускоренного S_1 и равномерного S_2 движений грузов и время падения груза массой m_1 на пути S_2 .
4. Измерение повторить 5-10 раз.
5. Подставив среднее значение времени $\langle t_2 \rangle$ в расчётную формулу

$$\langle g \rangle = \frac{2m_1 + m_2}{m_2} \cdot \frac{S_2^2}{2S_1 \langle t_2 \rangle^2},$$

определить ускорение свободного падения $\langle g \rangle$.

6. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти относительную E и абсолютную Δg погрешности величины $\langle g \rangle$:

$$E = \frac{\Delta g}{\langle g \rangle} = \frac{2\Delta m_1 + \Delta m_2}{2m_1 + m_2} + 2 \frac{\Delta S_2}{S_2} + \frac{\Delta m_2}{m_2} + \frac{\Delta S_1}{S_1} + 2 \frac{\Delta t_2}{\langle t_2 \rangle} \quad \text{и} \quad \Delta g = E \langle g \rangle.$$

7. 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 формулу, поясните ее.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте законы Ньютона и раскройте их смысл.
2. Дайте определение импульса тела и импульса силы.
3. Дайте определение массы тела.
4. Дайте понятие силы и приведите примеры измерения сил.
5. От чего зависит ускорение g свободного падения тел?

6. Поясните, почему на участке S_1 груз движется равноускоренно, а на участке S_2 – равномерно?

7. Выведите рабочую формулу.

8. Получите формулу для расчета относительной погрешности, пользуясь дифференциальным методом, и укажите пути повышения точности результатов эксперимента.

9. Пусть в блоке действует постоянная сила трения $F_{тр}$, получите рабочую формулу для определения ускорения свободного падения с учетом силы трения.

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 5, № 8.

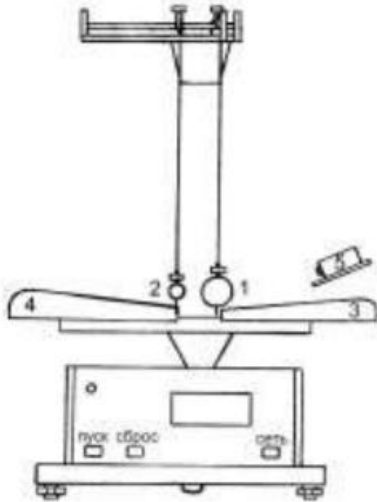
Лабораторная работа № 2

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 ФРМ-08.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1,2 – стальные шары массами m_1 и m_2 ;
3,4 – угловые шкалы;
5 – электромагнит

1. Провести корректировку осевой установки шаров, ослабив фиксирующие гайки, установить шкалы 3, 4 таким образом, чтобы указатели подвесов шаров занимали на шкалах нулевое положение.

2. Нажать клавишу «СЕТЬ».

3. Правый шар 1 отодвинуть в сторону электромагнита 5 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 $V = \sqrt{2gl(1 - \cos \alpha)} = 2 \sin \frac{\alpha}{2} \sqrt{gl}$ 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 $\langle V_1 \rangle$, $\langle V_2 \rangle$ шаров после соударения.

8. Результаты вычислений занести в таблицу.

9. Подставив значения скоростей шаров до и после удара в формулы $p = m_1 V$;

$p' = m_1 \langle V_1 \rangle + m_2 \langle V_2 \rangle$; $E_k = \frac{m_1 V^2}{2}$ и $E'_k = \frac{m_1 \langle V_1 \rangle^2}{2} + \frac{m_2 \langle V_2 \rangle^2}{2}$ вычислить сумму импульсов и кинетической энергии до и после удара. Затем сравнить их значения.

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

11. Рассчитать относительную погрешность вычисления импульса по формуле:

$$E_p = \frac{|p - p'|}{p} \cdot 100\% .$$

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 5, № 8.

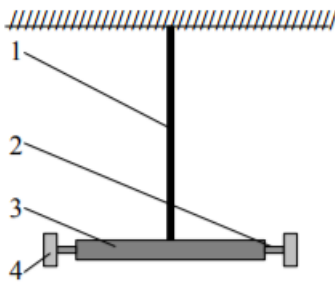
Лабораторная работа № 3

Определение модуля кручения и модуля сдвига с помощью крутильного маятника

Цель работы: экспериментальное определение модуля кручения и модуля сдвига стальной проволоки методом крутильных колебаний.

Приборы и принадлежности: крутильный маятник, секундомер, штангенциркуль, измерительная линейка.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – стальная проволока;
- 2 – горизонтальный стержень;
- 3 – средний груз;
- 4 – подвижные грузы

1. Расположить подвижные грузы 4 на минимальном расстоянии от оси вращения крутильного маятника. Измерить расстояние l_1 от оси маятника до центра подвижного груза. Закручивают маятник на малый угол (не более 6^0) относительно оси проволоки в горизонтальной плоскости. Секундомером измерить время t_1 30–50 полных колебаний. Опыт повторяют не менее 5 раз с одним и тем же выбранным числом колебаний. Находят среднее значение

времени $\langle t_1 \rangle$ и определяют период колебаний маятника по формуле: $T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n}$

2. Раздвинуть подвижные грузы 4 на максимальное расстояние от оси маятника. Измерить расстояние l_2 от оси маятника до центра подвижного груза.

3. Определить период колебаний маятника T_2 при раздвинутых грузах, измеряя время t_2 не менее 5 раз для того же числа колебаний n , что и при измерении T_1 .

4. По формуле $\langle D \rangle = \frac{8\pi^2 m (l_2^2 - l_1^2)}{T_2^2 - T_1^2}$ найти среднее значение модуля кручения $\langle D \rangle$.

5. Штангенциркулем измерить радиус проволоки R .

6. По формуле $\langle G \rangle = \frac{2\langle D \rangle L}{\pi R^4}$ определить модуль сдвига материала проволоки. Длина проволоки $L = 1,82$ м.

7. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти абсолютные погрешности результатов ΔD и ΔG .

8. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Запишите рабочую формулу для определения модуля кручения. При каких условиях справедлива эта формула?

Вопросы для защиты работы

1. Какие виды деформации существуют?
2. Что называется абсолютной и относительной деформацией?
3. Запишите закон Гука для деформации сдвига и кручения.
4. Каков физический смысл модуля сдвига и модуля кручения?
5. Выведите формулу для периода колебаний крутильного маятника:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{J}{D}}.$$

6. Сформулируйте теорему Гюйгенса-Штейнера и покажите, как она применяется в проделанной работе.

7. Выведите рабочие формулы для определения модуля кручения и модуля сдвига:

$$D = \frac{8\pi^2 m(l_2^2 - l_1^2)}{T_2^2 - T_1^2}; \quad G = \frac{2DL}{\pi R^4}.$$

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 4, № 7.

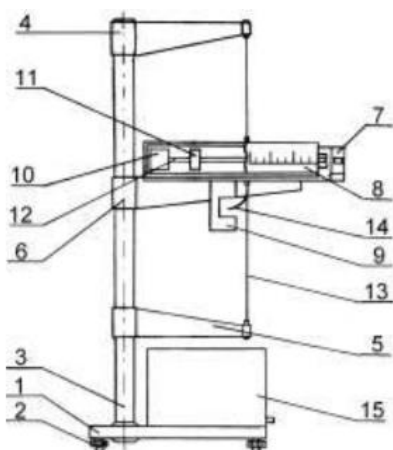
Лабораторная работа № 4

Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника

Цель работы: определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника.

Приборы и принадлежности: баллистический крутильный маятник FPM-09, пуля, измерительная линейка.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1. Включить прибор, нажав клавишу «СЕТЬ». Пулю закрепить в стреляющем устройстве.

2. Расположить подвижные грузы на минимальном расстоянии от оси вращения крутильного маятника. Измерить расстояние R_1 от оси вращения до центра подвижного груза.

3. Крутильный маятник установить на черте 0° угловой шкалы.

- 1 – основание маятника FPM-09;
- 2 – регулируемые ножки основания;
- 3 – колонка;

- 4, 5, 6 – верхний, нижний и средний кронштейны;
- 7 – стреляющее устройство;
- 8 – угловая шкала;
- 9 – фотоэлектрический датчик;
- 10 – мисочка (мишень), наполненная пластилином;
- 11 – подвижный груз массой M ;
- 12 – стержень; 13 – стальная проволока;
- 14 – водилка (пластинка, перекрывающая луч фотодатчика при колебаниях маятника);
- 15 – встроенный миллисекундомер

4. Произвести выстрел, измеряя максимальный угол α поворота маятника по угловой шкале (в радианах) и расстояние r от оси вращения маятника до точки застревания пули в пластилине.

5. Отклонить рукой маятник на максимальный угол α , нажать клавишу «СБРОС», одновременно пустив маятник, измерить время десяти полных колебаний, нажать клавишу «СТОП» в конце измерения. Опыт повторяют 5 раз с одним и тем же числом колебаний, где

n – число полных колебаний маятника. Определить период колебаний по формуле: $T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n}$,

где $\langle t_1 \rangle$ – среднее арифметическое значение времени колебаний маятника.

6. Раздвинуть подвижные грузы M на максимальное расстояние от оси вращения и измерить расстояние R_2 от оси вращения до центра подвижного груза. Согласно пункту 5 определить период колебаний T_2 через среднее значение времени $\langle t_2 \rangle$.

7. Вычислить скорость пули по формуле: $V = \frac{4\pi\alpha M}{m r} \cdot \frac{T_1}{T_2^2 - T_1^2} (R_2^2 - R_1^2)$, где m – масса пули ($m = 2,03$ г), масса подвижного груза $M = 200$ г.

8. Методом расчета погрешностей косвенных измерений находят относительную E и абсолютную погрешности измерений скорости пули ΔV .

9. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Запишите рабочую формулу для определения скорости полета пули.
4. На основе каких законов получена рабочая формула?

Вопросы для защиты работы

1. Какой удар называется абсолютно упругим, абсолютно неупругим?
2. Что называется моментом силы, моментом импульса, моментом инерции материальной точки, твердого тела?
3. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения, закон сохранения момента импульса.
4. Сформулируйте теорему Штейнера.
5. Назовите виды механической энергии. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
6. Выведите рабочую формулу

$$V = \frac{4\pi\alpha M}{m r} \cdot \frac{T_1}{T_2^2 - T_1^2} (R_2^2 - R_1^2).$$

7. Есть ли критические замечания к рабочей установке, как повысить точность результата эксперимента? Какой еще эксперимент можно осуществить на данной установке?

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 5, № 8.

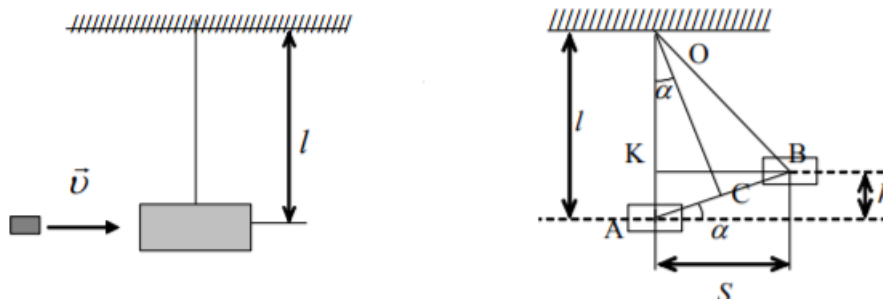
Лабораторная работа № 5

Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника

Цель работы: определение скорости пули с помощью баллистического маятника с использованием законов сохранения импульса и энергии

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 $\langle V \rangle = \frac{M+m}{m} \langle S \rangle \sqrt{\frac{g}{l}}$, где M – масса маятника, m – масса пули.

4. Вычислить абсолютную погрешность прямых многократных измерений S :

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

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

5. Вычислить относительную погрешность измерения скорости пули:

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

6. Найти абсолютную погрешность $\Delta V = V \cdot E$.
7. 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.
5. Какие законы используются для получения расчетной формулы

$$\langle V \rangle = \frac{M+m}{m} \langle S \rangle \sqrt{\frac{g}{l}} ?$$

6. Как в установке обеспечить условия, при которых удар пули в маятник можно считать неупругим, центральным и прямым?

Вопросы для защиты работы

1. Что называется импульсом тела и в каких единицах импульс 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. Выведите формулу кинетической энергии.
8. Выведите расчетную формулу.
9. Какой удар называют абсолютно упругим и какой абсолютно неупругим?

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 5, № 8.

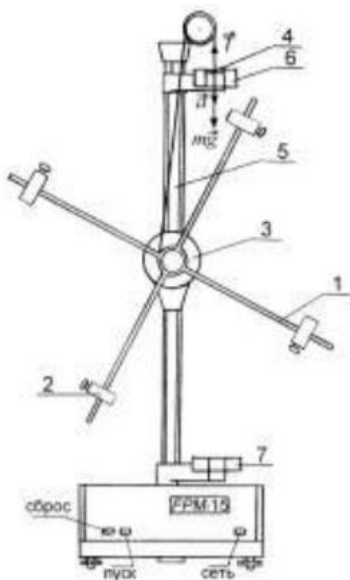
Лабораторная работа № 6

Проверка основного уравнения динамики вращательного движения

Цель работы: экспериментальная проверка основного закона динамики вращательного движения с помощью маятника Обербека.

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

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – взаимно перпендикулярные стержни;
- 2 – подвижные цилиндрические грузы;
- 3 – двухступенчатый диск;
- 4 – груз массой m ;
- 5 – колонка с миллиметровой шкалой;
- 6, 7 – фотоэлектрические датчики;

1. Измерить штангенциркулем радиус большого и малого шкивов r_1 и r_2 двухступенчатого диска 3.
2. Определить массу груза m взвешиванием на технических весах с точностью $\pm 0,1$ г.
3. Проверить соотношение $\varepsilon_1 / \varepsilon_2 = M_1 / M_2$. Для этого:

- закрепить цилиндрические подвижные грузы 2 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 $a_1 = \frac{2h}{\langle t_1 \rangle^2}$, $\varepsilon_1 = \frac{a_1}{r_1}$, $M_1 = m(g - a_1)r_1$ вычислить значения a_1 , ε_1 , M_1 ;

- не меняя расположения подвижных грузов массой m и оставляя тем самым неизменным момент инерции системы, опыт повторить, наматывая нить с грузом на малый шкив радиусом r_2 ;

- по вышеприведенным формулам вычислить значения a_2 , ε_2 , M_2 , подставив в формулу для ускорения a_2 среднее значение времени $\langle t_2 \rangle$;

- проверить справедливость следствия основного закона динамики вращательного движения: $\varepsilon_1 / \varepsilon_2 = M_1 / M_2$, при $J = \text{const}$.

- данные результатов измерений и вычислений занести в таблицы.

4. Проверить соотношение $\varepsilon' / \varepsilon_2 = J_2 / J'$. Для этого:

- раздвинуть подвижные грузы до упоров на концах стержней, но так, чтобы крестовина маятника находилась в положении безразличного равновесия;

- для малого шкива r_2 определить время движения груза t' по данным 5 опытов;

- по формулам $a' = \frac{2h}{\langle t' \rangle^2}$, $\varepsilon' = \frac{a'}{r_2}$, $J' = \frac{mr_2^2(g - a')}{a'}$ определить значения a' , ε' , J' ;

- при проверке соотношения $\varepsilon' / \varepsilon_2 = J_2 / J'$ при $M = \text{const}$ используют значения предыдущего опыта;

- по формуле $J_2 = \frac{mr_2^2(g - a_2)}{a_2}$ определить значение J_2 ;

- вычислить соотношение $\varepsilon' / \varepsilon_2 = J_2 / J'$ при $M = \text{const}$;

- результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

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 $J = \text{const}$.

6. Есть ли критические замечания к данной работе?

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

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 5, № 8.

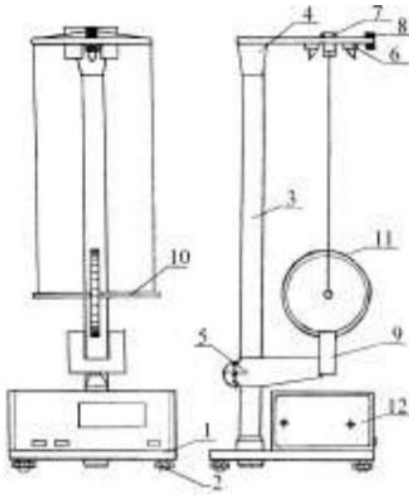
Лабораторная работа № 7

Маятник Максвелла

Цель работы: определение момента инерции маятника Максвелла.

Приборы и принадлежности: маятник Максвелла ФРМ–03, комплект сменных колец.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – основание маятника Максвелла FPM–03;
- 2 – регулируемые ножки основания;
- 3 – колонка с миллиметровой шкалой;
- 4, 5 – кронштейны;
- 6 – электромагнит;
- 7, 9 – фотоэлектрические датчики;
- 10 – ролик;
- 11 – сменное кольцо массы m_k ;
- 12 – встроенный миллисекундомер

1. Включить клавишу «СЕТЬ».
 2. На ролик 10 маятника надеть кольцо 11, прижимая его до упора.
 3. На ось маятника намотать нить подвески и зафиксировать ее. Нажать клавишу «ПУСК» миллисекундомера FPM-03.
 4. Нажать клавишу «СБРОС». Нажать клавишу «ПУСК».
 5. Определить значение времени падения маятника. Опыт повторить 5 – 10 раз.
 6. Определить среднее значение времени падения маятника по формуле $\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$,
- где n – количество выполненных замеров; t_i – значение времени, полученное в i -ом замере.
7. Со шкалы на вертикальной колонке прибора определить длину h маятника.
 8. По формуле $J_1 = \frac{1}{4} m_1 D^2 \left(\frac{g t_1^2}{2h} - 1 \right)$, используя среднее значение времени $\langle t_1 \rangle$ определить момент инерции J_1 маятника. Здесь $m_1 = m_0 + m_p + m_{k1}$, где m_0 – масса оси маятника (стержня), m_p – масса ролика, m_{k1} – масса съемного кольца.
 9. Снять первое съемное кольцо и насадить на ролик второе кольцо массы m_{k2} , затем третье кольцо массы m_{k3} . Опыт повторить.
 10. Оценить относительную E и абсолютную ΔJ погрешность результатов измерений.
 11. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Дать определение момента инерции.
3. Записать формулу момента инерции маятника Максвелла и пояснить величины, входящие в нее.
4. Описать рабочую установку и ход работы.

Вопросы для защиты работы

1. Записать основной закон динамики для поступательного и вращательного движения твердого тела.
2. Вывести формулу для момента инерции маятника Максвелла.
3. Записать закон сохранения механической энергии для маятника Максвелла.
4. Получить дифференциальным методом формулу для расчета относительной погрешности E .
5. Дать определение момента инерции материальной точки и твердого тела относительно неподвижной оси.

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 5, № 8.

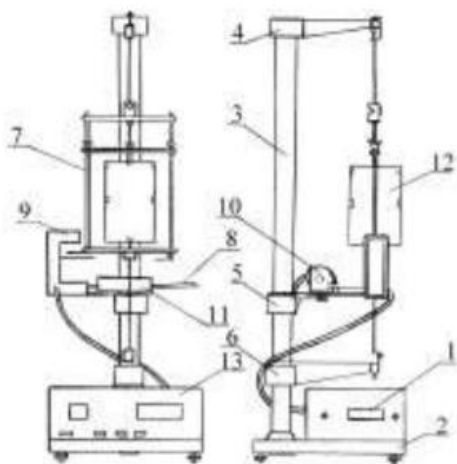
Лабораторная работа № 8

Определение момента инерции крутильного маятника методом колебаний.

Цель работы: экспериментальное определение периода крутильных колебаний и момента инерции крутильного маятника.

Приборы и принадлежности: крутильный маятник с миллисекундомером FPM-05, микрометр.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – шкала миллисекундомера;
- 2 – основание прибора FPM-05;
- 3 – колонка;
- 4, 5, 6 – кронштейны;
- 7 – подвижная рамка;
- 8 – стальная плита;
- 9 – фотоэлектрический датчик;
- 10 – электромагнит;
- 11 – шкала;
- 12 – груз в форме куба;
- 13 – миллисекундомер FPM-05

1. Включить прибор в сеть;
2. поворачивая рамку прибора с закрепленным в ней грузом, приблизить ее стрелку к электромагниту таким образом, чтобы электромагнит фиксировал положение рамки;
3. нажать кнопку «ПУСК», при этом электромагнит обесточивается, и рамка с грузом начинает совершать колебания;
4. после того, как рамка совершит не менее 9 крутильных колебаний, нажать кнопку «СТОП»;

5. записать в таблицу результатов показания миллисекундомера;
6. повторить измерения 5 раз с одним и тем же числом колебаний; по результатам пяти измерений определить среднее арифметическое значение времени $\langle t \rangle$, вычислить период колебаний маятника

$$T = \frac{\langle t \rangle}{n};$$

7. по формуле $J = \frac{T^2 r^4}{8\pi L} G$ вычислить момент инерции крутильного маятника ($G = 8,0 \cdot 10^{10} \text{ Н/м}^2$).

8. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Что называется моментом инерции материальной точки? Моментом инерции тела?
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Запишите рабочую формулу момента инерции.
4. Оцените погрешность метода измерений периода колебаний и момента инерции крутильного маятника.

Вопросы для защиты работы

1. Выведите формулу периода крутильных колебаний и формулу для определения момента инерции крутильного маятника.
2. Выведите формулу модуля кручения D и модуля сдвига G твердого тела. Каков физический смысл модуля сдвига и модуля кручения?
3. Дайте определение момента инерции материальной точки.
4. Сформулируйте теорему Штейнера.

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

Основная литература № 1, № 2
Дополнительная литература № 5, № 8.

Лабораторная работа № 9

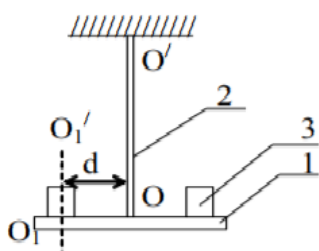
Определение момента инерции крутильного маятника методом колебаний

Цель работы: экспериментальное определение момента инерции диска методом крутильных колебаний.

Приборы и принадлежности:

диск на упругой проволоке, дополнительные грузы (цилиндры или шары), секундомер, линейка, штангенциркуль.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1 – диск радиуса R ;
2 – стальная упругая проволока;
3 – добавочные грузы (цилиндры или шары) массой m

1. Исследуемое тело привести в крутильное колебание. Для этого тело поворачивается относительно оси OO' на малый угол (не более 6°) в горизонтальной плоскости и после этого его предоставляют самому себе. Секундомером измерить время 30-50 полных колебаний. Опыт повторить не менее 5 раз с одним и тем же выбранным числом колебаний. Найти среднее значение $\langle t \rangle$. Определить период колебаний:

$$T = \frac{\langle t \rangle}{n}, \text{ где } n \text{ – число полных крутильных колебаний.}$$

2. На одинаковом расстоянии от проволоки на диск поставить добавочные грузы (шары или цилиндры), проделав 5 опытов для того же числа колебаний n , найти период колебаний диска с добавочными грузами

$$T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n}.$$

3. Линейкой измерить расстояние d между осями OO' и O_1O_1' .

4. Штангенциркулем измерить диаметр $2r$ добавочного груза (r – радиус груза).

5. В зависимости от вида используемых добавочных грузов вычислить момент инерции исследуемого тела по формуле

$$J = m(2d^2 + r^2) \frac{T^2}{T_1^2 - T^2} \text{ (для цилиндров)}$$

или

$$J = m \left(2d^2 + \frac{4}{5} r^2 \right) \frac{T^2}{T_1^2 - T^2} \text{ (для шаров).}$$

6. Измерить радиус исследуемого диска R и найти значение момента инерции по проверочной формуле $J_{\text{пров}} = \frac{m_1 R^2}{2}$. Масса диска $m_1 = 1,570$ кг.

7. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти абсолютную погрешность результата ΔJ .

8. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?

2. Что называется моментом инерции материальной точки? Каков физический смысл данного понятия?

3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента. Каково назначение в работе дополнительных грузов?

4. Запишите формулу для периода колебаний крутильного маятника. При каких условиях справедлива эта формула?

Вопросы для защиты работы

1. Выведите формулу периода колебаний крутильного маятника.

2. Сформулируйте теорему Штейнера и покажите, как она применяется в проделанной работе.

3. Пользуясь дифференциальным методом, получите формулу относительной погрешности $\Delta J/J$.

4. Как повысить точность эксперимента, проведенного на данной установке?

5. Выведите формулу момента инерции сплошного диска, кольца, стержня.

6. Сформулируйте закон сохранения момента импульса, основной закон динамики вращательного движения.

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

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 5, № 8.

Лабораторная работа № 10

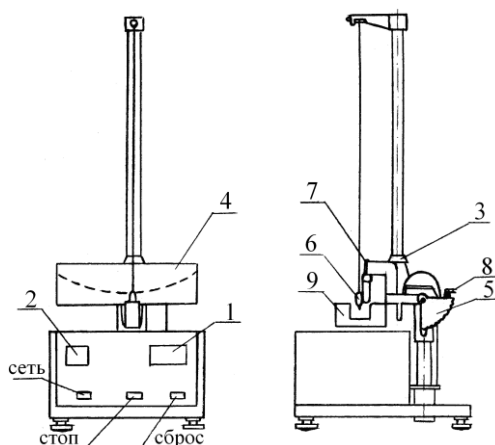
Наклонный маятник

Цель работы: экспериментальное изучение сил трения, возникающих при качении шара по плоской поверхности; определение коэффициента трения качения с помощью наклонного маятника.

Приборы и принадлежности:

установка FPM-07 – наклонный маятник.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1 – миллисекундомер;

2 – счетчик периодов (колебаний);

3 – кронштейн;

4 – шкала для измерения угла α ;

5 – шкала для установки угла β наклона маятника;

6 – тело (шарик);

7 – поверхность (полоска испытуемого образца), по которой катится шарик, совершая колебания;

8 – маховик для установки угла β ;

9 – фотоэлектрический датчик

1. Измерить штангенциркулем диаметр шара и определить его радиус.

2. С помощью маховика 8 установить угол наклона плоскости колебаний маятника $\beta = 45^\circ$. При таком угле погрешность измерений минимальна.

3. Отклонить подвешенный на нити шар вдоль шкалы 4 вправо на угол $\alpha_0 = 10^\circ$ и, удерживая его в этом положении, нажать последовательно кнопки СТОП и СБРОС – оба табло должны показать нули.

4. Отпустить шар. После того, как шар совершит n полных колебаний ($n = 10$), измерить максимальный угол отклонения шара α_n по шкале 4.

5. Опыт по п.п. 3 и 4 необходимо проделать пять раз и получить значения $\alpha_{n1}, \alpha_{n2}, \dots, \alpha_{n5}$.

6. Вычислить среднее значение угла $\langle \alpha_n \rangle$ из пяти значений полученных в п.5, а затем по формуле $k = r \cdot \text{tg} \beta \frac{\alpha_0 - \alpha_n}{4n}$ определить среднюю величину коэффициента трения $\langle k \rangle$, подставив вместо α_n его среднее значение $\langle \alpha_n \rangle$.

7. Рассчитать абсолютную погрешность $\Delta \alpha_n$ измерения конечного угла $\langle \alpha_n \rangle$.

8. Вычислить относительную погрешность (E) измерения k по следующей формуле:

$$E = \frac{\Delta k}{k} = \frac{\Delta r}{r} + \frac{2\Delta \beta}{\sin 2\beta} + \frac{\Delta \alpha_0 + \Delta \alpha_n}{\alpha_0 - \langle \alpha_n \rangle}$$

9. По формуле $\Delta k = \langle k \rangle \cdot E$ рассчитать абсолютную погрешность измерения k и окончательный результат измерений представить в виде $k = \langle k \rangle \pm \Delta k$.

10. Результаты измерений и расчетов по пп. 1–9 занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Запишите рабочую формулу для определения k , поясните смысл всех величин, входящих в нее.
4. Поясните смысл и метод определения всех величин, вносимых в таблицу.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте закон сохранения полной механической энергии.
2. Приведите формулу работы механической силы. Как связана работа силы трения качения с изменением максимальной потенциальной энергии шара?
3. Назовите виды трения и их характеристики.
4. Поясните природу силы трения качения.
5. Выведите рабочую формулу расчета коэффициента трения качения.
6. Выведите формулу для расчета относительной погрешности измерения E . Проанализируйте ее с точки зрения повышения точности эксперимента.

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

Основная литература № 1, № 2

Дополнительная литература № 5, № 8.

Лабораторная работа № 11

Проверка закона сохранения механической энергии

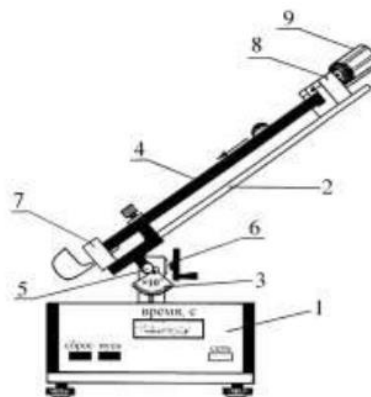
Цель работы: проверка закона сохранения механической энергии при скатывании тела с наклонной плоскости.

Приборы и принадлежности:

наклонный желоб с миллисекундомером FPM-15, шарик.

Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента

- 1 – миллисекундомер FPM-15;
- 2 – кронштейн;
- 3 – угловая шкала;
- 4 – наклонный желоб;
- 5 – винт;
- 6 – маховик;
- 7, 8 – фотоэлектрические датчики
- 9 – электромагнит;



1. Установить заданный угол наклона желоба α с горизонтом ($30^\circ \leq \alpha \leq 40^\circ$). Для этого по шкале 3 устанавливают угол β ($\alpha = \pi/2 - \beta$). Для наклона желоба и его прочной фиксации при заданном угле необходимо сначала ослабить винт 5, затем с помощью маховика 6 установить угол β по шкале 3 и окончательно зафиксировать его, затягивая винт 5 до упора.

2. Нажать клавишу СЕТЬ.

3. С помощью электромагнита 9 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 $V = \sqrt{\frac{10}{7} gl \sin \alpha}$, 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 $V_{\text{пров}} = \frac{2l}{\langle t \rangle}$, 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? Диссипативными? Приведите примеры этих сил.

4. Поясните физический смысл силы трения сцепления F_τ , и почему при отсутствии скольжения выполняется закон сохранения механической энергии.

5. Пользуясь законом сохранения механической энергии, получите формулу для расчета скорости шарика.

6. Используя дифференциальный метод, получите формулу для расчета относительной погрешности $\Delta V/V$.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

Лабораторная работа № 12

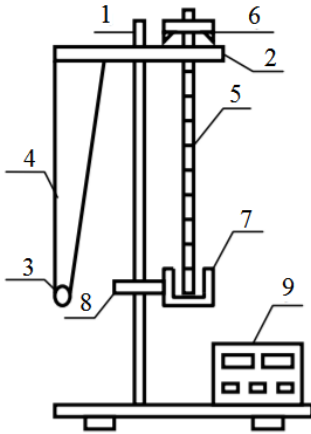
Проверка теоремы Штейнера методом линеаризации экспериментальной кривой

Цель работы: определение момента инерции твердых тел и экспериментальная проверка справедливости теоремы Штейнера на примере физического маятника.

Приборы и принадлежности:

универсальный маятник FPM-04.

Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента



- 1 – вертикальная стойка (колонка) маятника FPM-04;
- 2, 8 – кронштейны;
- 3 – шарик;
- 4 – нить математического маятника;
- 5 – стальной стержень (физический маятник);
- 6 – опорная призма;
- 7 – фотоэлектрический датчик;
- 9 – встроенный миллисекундомер FPM-04

1. Определяют центр тяжести физического маятника 5. Физический маятник представляет собой однородный стержень.

2. Устанавливают опорную призму 6 на физический маятник в крайнее положение, закрепляя ее с помощью винта. Острое ребро опорной призмы является осью качания. Определяют расстояние ℓ между центром масс и осью качания. Данные заносят в таблицу.

3. Устанавливают кронштейн 8 вместе с фотоэлектрическим датчиком 7 так, чтобы конец стержня маятника перекрывал световой луч, поступающий от лампочки на фотодатчик.

4. Отклоняют маятник на угол $\varphi = 5^{\circ} - 6^{\circ}$ от положения равновесия, после чего нажимают клавишу СБРОС на миллисекундомере.

5. После подсчета измерителем 10 колебаний нажимают клавишу СТОП. По показаниям секундомера определяют продолжительность 10 колебаний. Измерение повторяют не менее 5 раз. Данные заносят в таблицу.

6. По формуле $T = \frac{\langle t \rangle}{n}$ рассчитывают среднюю величину периода колебаний маятника, где $\langle t \rangle$ – средняя продолжительность 10 колебаний; n – число колебаний.

7. Изменяют расстояние ℓ , опуская опорную призму вниз на четыре деления и вновь проводят измерения (см. п. 4 – 6).

8. Изменяя ℓ , повторяют опыт шесть раз. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу.

9. По формуле $J = \frac{T^2 m g \ell}{4\pi^2}$ рассчитывают значения момента инерции J .

10. Используя результаты измерений и вычислений, строят зависимость $J = f(\ell^2)$.

11. Из графика определяют собственный момент инерции J_0 относительно оси, проходящей через его центр масс.

12. По проверочной формуле $J_{\text{опрос}} = \frac{1}{12} m \ell^2$, рассчитывают J_0 и сравнивают результаты расчета и опыта.

13. Из графика $J = f(\ell^2)$ определяют массу стержня $m = \frac{\Delta J}{\Delta(\ell^2)}$ и сравнивают с указанной в таблице.

14. Оценивают погрешность при определении J_0 и m .

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дайте определение физического маятника.
3. Запишите формулу для определения момента инерции физического маятника.

4. Как, используя метод линеаризации экспериментальной кривой, можно проверить справедливость теоремы Штейнера?

Вопросы для защиты работы

1. Как записывается основной закон динамики вращательного движения?
2. Как формулируется понятие момента инерции материальной точки и твердого тела?
3. Является ли момент инерции аддитивной величиной?
4. Как формулируется теорема Штейнера? В каких ситуациях эта теорема применима?
5. Выведите рабочую формулу для определения момента инерции физического маятника.
6. Проанализируйте полученные результаты и сделайте выводы.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

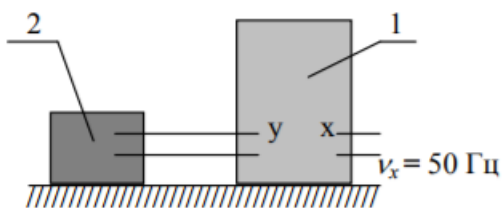
Лабораторная работа № 13

Градуировка звукового генератора

Цель работы: градуировка звукового генератора методом фигур Лиссажу.

Приборы и принадлежности: электронный осциллограф, звуковой генератор

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1 – осциллограф;

2 – звуковой генератор

1. Собрать схему.
2. Включить в сеть звуковой генератор 2, осциллограф 1. Сфокусировать и вывести световое пятно в центр координатной сетки осциллографа.
3. Вращая ручку частоты звукового генератора от начала шкалы, добиться появления устойчивой фигуры. Получить фигуры при сложении колебаний различных частот. Фигуры перерисовать и по формуле

$$v_y = v_x \frac{n_y}{n_x}$$

определить частоту колебаний генератора v_y . Проверить, соответствует ли значение v_y показанию лимба звукового генератора $v_{\text{лимба}}$.

4. Оценить абсолютные и относительные ошибки в отсчетах частоты по лимбу звукового генератора.
5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Опишите рабочую установку, указав назначение звукового генератора и электронного осциллографа.
3. Запишите рабочую формулу с пояснением величин, входящих в нее.
4. Что называют фигурами Лиссажу? Как определяют частоту колебаний звукового генератора по форме фигур Лиссажу?

Вопросы для защиты работы

1. Запишите уравнение гармонического колебания и поясните смысл входящих в него величин.
2. Получите уравнение траектории результирующего движения, получаемого при сложении взаимно перпендикулярных колебаний с одинаковыми частотами.
3. Исследуйте полученное уравнение в зависимости от разности фаз складываемых колебаний и амплитуд.
4. Чем определяется форма фигур Лиссажу?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

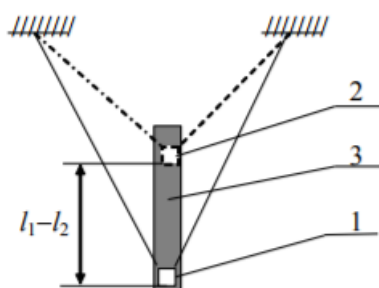
Лабораторная работа № 14

Математический маятник

Цель работы: экспериментальное определение ускорения силы тяжести методом колебаний математического маятника.

Приборы и принадлежности: математический маятник, секундомер, зеркальная шкала.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1, 2 – груз маятника в нижнем и верхнем положении шкалы;
3 – зеркальная миллиметровая шкала

1. Длину маятника подбирают так, чтобы груз 1 находился в нижней части шкалы 3. Отсчитывают положение нижней грани груза по шкале l_1 , располагая глаз так, чтобы эта грань и ее изображение в зеркале шкалы совпадали.
2. По секундомеру определяют время t_1 50-70 полных колебаний. Опыт повторяют не менее 5 раз и находят среднее значение $\langle t_1 \rangle$. Определяют период колебаний:

$$T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n},$$

где n – число колебаний маятника.

3. Укорачивая нить, перемещают груз в верхнюю часть шкалы 2 и отсчитывают положение нижней грани груза l_2 по шкале. Разность отсчетов $l_1 - l_2$ равна изменению длины маятника.
4. Измеряют не менее 5 раз время t_2 того же числа колебаний n . Вычисляют период колебаний:

$$T_2 = \frac{\langle t_2 \rangle}{n}.$$

5. По формуле $g = \frac{4\pi^2(l_1 - l_2)}{T_1^2 - T_2^2}$ вычисляют среднее значение $\langle g \rangle$.

6. Данные результатов измерений и вычислений заносят в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Что называется математическим маятником?

3. Запишите формулу периода колебаний математического маятника и поясните величины, входящие в нее. При каких условиях справедлива эта формула?

Вопросы для защиты работы

1. Под действием каких сил совершает гармонические колебания математический маятник?
2. Исходя из закона сохранения механической энергии, получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний математического маятника, приведите его решение.
3. При каких условиях маятник будет совершать гармонические колебания?
4. Выведите формулу периода колебаний математического маятника.
5. Оцените погрешность метода измерения ускорения свободного падения.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

Лабораторная работа № 15

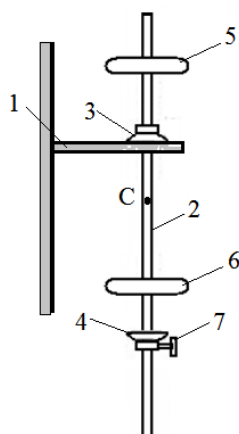
Физический маятник

Цель работы: 1) экспериментальное определение ускорения силы тяжести методом колебаний физического маятника;

2) определение момента инерции физического маятника

Приборы и принадлежности: универсальный маятник ФП-1, секундомер, линейка.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – настенный кронштейн;
- 2 – стальной стержень;
- 3,4 – опорные призмы;
- 5,6 – чечевицы;
- 7 – винт

1. Определение ускорения свободного падения

1) Подвесить маятник 2 на опорную призму 3, отклонить на небольшой угол и измерить секундомером время t_1 30–50 полных колебаний. Опыт повторяют не менее 5 раз.

2) Определить период колебаний T_1 :

$$T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n},$$

где n – число полных колебаний.

3) Перевернув маятник, подвешивают его на вторую опорную призму 4. Выбрать то же число колебаний n и, повторив опыт не менее 5 раз, найти период колебаний T_2 :

$$T_2 = \frac{\langle t_2 \rangle}{n}.$$

При этом измеренные значения периодов T_1 и T_2 должны отличаться не более чем на 5%.

4) Для нахождения положения центра масс маятника снять его с подушек опорных призм и балансировать на горизонтальном ребре призмы, укрепленном на столе, пока моменты сил тяжести, действующие на правую и левую часть маятника, окажутся равными. Не снимая

маятник с ребра призмы, линейкой измеряют расстояние l_1 между первой опорой и центром масс C .

- 5) Найти расстояние l_2 между ребром второй опорной призмы и центром масс маятника.
- 6) Вычислить среднее значение $\langle g \rangle$ по формуле:

$$g = \frac{4\pi^2 (l_2 - l_1)(l_2 + l_1)}{T_2^2 l_2 - T_1^2 l_1}.$$

7) Оценить абсолютную погрешность Δg результата, исходя из табличного значения искомой величины $g_{\text{табл}}$ для широты г. Братска: $g_{\text{табл}} = 9,816 \text{ м/с}^2$. Найти относительную погрешность E .

- 8) Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу 1.

2. Определение момента инерции физического маятника

1) Найти среднее значение момента инерции физического маятника J относительно оси колебаний по формуле:

$$J = \frac{mglT^2}{4\pi^2}$$

для колебаний маятника, подвешенного на опору 7, $T = T_2$ и $l = l_2$. Масса маятника $m = 10,65 \text{ кг}$.

2) Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти относительную E и абсолютную ΔJ погрешности результатов измерений.

- 3) Данные результатов измерений и вычислений занесите в таблицу 2.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Что называется физическим маятником? Какой маятник называется оборотным?
3. Запишите формулу периода колебаний физического маятника и поясните физический смысл величин, входящих в нее. При каких условиях справедлива эта формула?
4. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.

Вопросы для защиты работы

1. Выведите формулу для периода колебаний физического маятника.
2. Получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний физического маятника, приведите его решение.
3. Что называется приведенной длиной физического маятника?
4. Сформулируйте теорему Штейнера.
5. Выведите рабочую формулу:
 - а) для определения ускорения свободного падения;
 - б) для определения момента инерции физического маятника.
6. Получите дифференциальным методом формулу для расчета относительной погрешности $E = \Delta J / J$ и укажите пути повышения точности результатов эксперимента.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

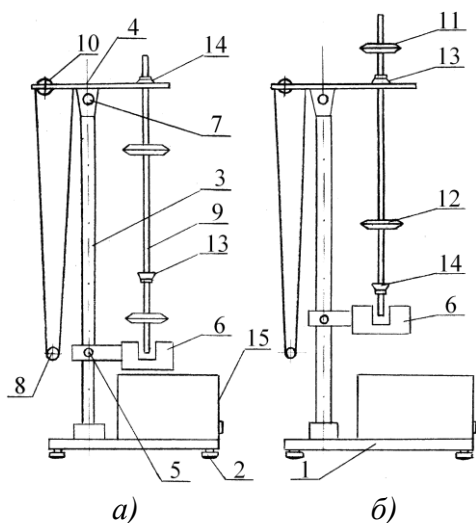
Лабораторная работа № 16

Универсальный маятник

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

Приборы и принадлежности:
установка FPM-04.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – основание установки FPM-04;
- 2 – регулируемые ножки основания маятника;
- 3 – колонка (вертикальная стойка) с миллиметровой шкалой;
- 4, 5 – кронштейны;
- 6 – фотоэлектрический датчик;
- 7 – вороток верхнего кронштейна 4;
- 8 – математический маятник;
- 9 – физический (оборотный) маятник;
- 10 – вороток для регулировки длины математического маятника;
- 11, 12 – стальные ролики физического маятника;
- 13, 14 – опорные призмы физического маятника

Определение ускорения свободного падения с помощью математического маятника

1. Нижний кронштейн *б* 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. Включите установку, нажав на кнопку ПУСК.
5. Отклоните математический маятник на угол $4 - 5^{\circ}$ от положения равновесия.
6. Нажмите клавишу СБРОС.
7. 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.
8. 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.

9. Определите период T_1 математического маятника.

10. По формуле $g_1 = \frac{4\pi^2 l}{T_1^2}$ 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 ноже *14* как указано на рисунке *а*).
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* (см. рис. *б*).
8. Нижний кронштейн с фотоэлектрическим датчиком *б* 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 обратного маятника расхождения в значениях T_2 и T_2' не должны превышать 1%.

10. Определите приведенную длину обратного маятника L , подсчитывая количество насечек на стержне между ножами, которые нанесены через каждые 10 мм.

11. По формуле $g_2 = \frac{4\pi^2 l}{T_2^2}$ 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 занесите в таблицы.

Вопросы для допуска к работе

1. Цель работы.
2. Что называется физическим и математическими маятниками? Какой маятник является обратным?
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 обратного маятников.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

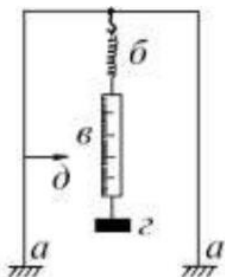
Лабораторная работа № 17

Определение коэффициента упругости

Цель работы: экспериментальное определение коэффициента упругости стальной пружины методом колебаний.

Приборы и принадлежности: пружинный маятник, секундомер, грузы, технические весы.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1. Определить массу груза m_1 взвешиванием на технических весах.
2. Исходя из 30–50 полных колебаний, определить период колебаний груза

$$T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n},$$

где $\langle t_1 \rangle$ – среднее время n полных колебаний. Время t_1 измерить секундомером. С данным грузом время t_1 измерить не менее 5 раз для одного и того же числа колебаний и определить среднее значение времени $\langle t_1 \rangle$.

3. По формуле $k = \frac{4\pi^2 m}{T^2}$ найти значение коэффициента упругости k .
4. По смещению линейки относительно указателя, определить удлинение пружины Δl_1 под действием веса груза.
5. По формуле $k_{\text{пров}} = \frac{mg}{\Delta l}$ найти среднее значение $k_{\text{пров}}$.
6. Опыт повторить при другой массе груза m_2 .
7. Данные вычислений и измерений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Запишите рабочую формулу и поясните величины, входящие в нее.
3. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.

Вопросы для защиты работы

1. Опишите колебания пружинного маятника.
2. Выведите дифференциальное уравнение гармонических колебаний для пружинного маятника.
3. Напишите уравнение гармонических колебаний пружинного маятника и поясните физический смысл всех величин.
4. Дайте определение циклической частоты и периода колебаний.
5. От чего зависят циклическая частота и период колебаний пружинного маятника?
6. Выведите рабочую формулу.
7. Каков физический смысл коэффициента упругости?
8. Какие колебания называются свободными? Вынужденными?
9. Вычислите погрешность результат эксперимента, пользуясь дифференциальным методом.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

Лабораторная работа № 18

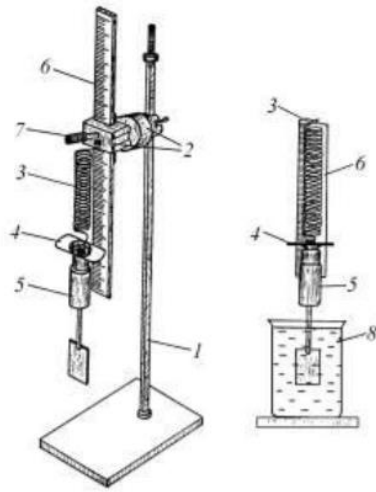
Изучение затухающих колебаний

Цель работы: изучение затухающих колебаний, определение логарифмического декремента затухания и коэффициента сопротивления среды с помощью пружинного маятника.

Приборы и принадлежности:

пружинный маятник с миллиметровой шкалой, груз с лопаткой, сосуд с водой, секундомер.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – штатив;
 2 – кронштейн;
 3 – пружина;
 4 – указательная пластинка;
 5 – груз с лопаткой;
 6 – миллиметровая шкала;
 7 – винт для перемещения миллиметровой шкалы;
 8 – сосуд с водой

1. Для измерения периода затухающих колебаний подвешенный на пружине груз 5 с лопаткой (вместе с указательной пластинкой) вывести из положения равновесия, оттянув его вниз на 3 или 4 см, и отпускают. При колебаниях груз и указательная пластинка не должны цепляться за шкалу.

2. Секундомером измерить промежуток времени t , в течение которого груз совершает 30 или 40 полных колебаний.

3. Внимание! В момент остановки секундомера необходимо одновременно зафиксировать амплитуду последнего n -го колебания A_n . Данные занести в таблицу.

4. Для увеличения точности следует сделать 5-10 таких измерений с одним и тем же числом колебаний, задавая одну и ту же начальную амплитуду A_0 .

5. В таблицу последовательно занести значения амплитуды начального колебания A_0 , амплитуды n -го колебания A_n и значение времени t для 5-10 отдельных измерений. Затем находят среднюю амплитуду $\langle A_n \rangle$.

6. Определить среднее значение времени $\langle t \rangle$ и по формуле

$$T = \frac{\langle t \rangle}{n}$$

рассчитать период затухающих колебаний системы.

7. По формуле $\delta = \ln \Delta = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_n}$ рассчитать логарифмический декремент затухания δ .

8. По формуле $r = \frac{2m}{T} \delta$ вычислить коэффициент r силы сопротивления вязкой среды.

Здесь m – масса груза с лопаткой.

9. Используя дифференциальный метод, рассчитать относительную E и абсолютную Δr погрешности коэффициента сопротивления. Данные занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Какие колебания называются гармоническими? Запишите уравнение гармонических колебаний и назовите величины, входящие в него.
3. Что называется декрементом затухания? Логарифмическим декрементом затухания?
4. Опишите установку и порядок выполнения работы.
5. Запишите рабочие формулы для определения логарифмического декремента затухания и коэффициента сопротивления среды.

Вопросы для защиты работы

1. Получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний и введите формулу периода колебаний пружинного маятника.
2. Почему реальные колебания являются затухающими? Получите дифференциальное уравнение затухающих колебаний.

3. Решая дифференциальное уравнение, получите формулу амплитуды, частоты и периода затухающих колебаний. Представьте графически затухающие колебания.

4. Каков физический смысл коэффициента затухания β ?

5. Выведите рабочую формулу $\delta = \ln \Delta = \frac{1}{n} \ln \frac{A_0}{A_n}$ для определения логарифмического декремента затухания. Каков его физический смысл?

6. Используя дифференциальный метод, получите формулу для расчета относительной погрешности коэффициента сопротивления r .

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 8.

Лабораторная работа № 19

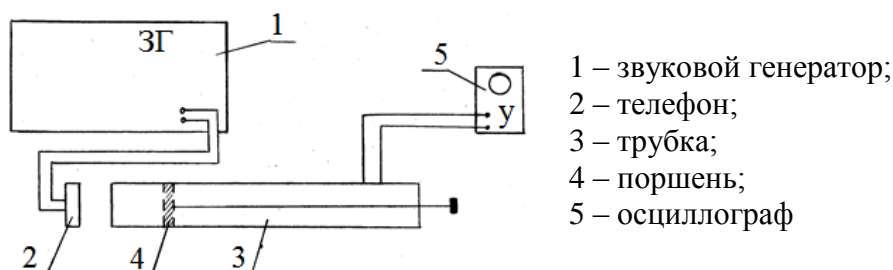
Определение скорости звука в воздухе методом резонанса

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 звуковой генератор 1 в сеть. Предварительно следует установить ручки на панели генератора: «множитель частот» – в положение 10, «регулировка напряжения» – в крайнее левое положение 50. Затем ручкой настройки устанавливают выходную частоту генератора 1500 Гц.
2. Включить в сеть осциллограф 5.
3. Медленно и равномерно отодвигаем поршень 4 от телефона 2 и по шкале, нанесенной на штоке, находящимся внутри трубки 3, последовательно отмечаем и записываем 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 $\lambda = 2\lambda_{cm} = 2\delta l$ вычислить длину звуковой волны для каждого из опытов, вычислить фазовую скорость распространения звука по формуле $v = \lambda \nu = 2\delta l \nu$.
6. Найти среднюю скорость звука и рассчитать абсолютную и относительную погрешности результатов измерений, исходя из среднего значения искомой величины.
7. Измерения повторить при частоте 2000 Гц.
8. Результаты измерений и вычислений занести 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?
4. Выведите уравнение стоячей волны.
5. Что такое пучность, узел стоячей волны?
6. Какими свойствами обладают механические волны?
7. Что называется звуком?
8. От чего зависит скорость распространения звуковой волны в твердых, жидких, газообразных веществах? Выведите ее.
9. Выведите формулы для энергии и интенсивности бегущей волны.
10. Что называется высотой звука? От чего зависит громкость звука?
11. 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

№ 5, № 8.

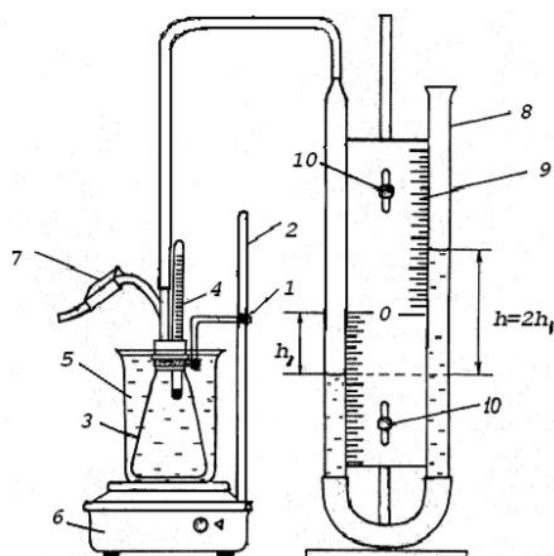
Лабораторная работа № 20

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 – регулировочный винт лапки штатива;
- 2 – штатив;
- 3 – колба;
- 4 – термометр;
- 5 – химический стакан с водой;
- 6 – электрическая плитка;
- 7 – зажим;
- 8 – водяной манометр;
- 9 – миллиметровая шкала;
- 10 – регулировочные винты шкалы манометра

1. Ослабить зажим 7 и проверить, совпадает ли уровень воды в коленах манометра с нулем шкалы.

2. Записать в таблицу 1 начальные значения параметров состояния воздуха в колбе: T_0 , p_0 , V_0 и S (первоначальные значения температуры воздуха, давления, объема и площади внутреннего сечения трубок манометра).

3. Перекрыть с помощью зажима 7 доступ воздуха в колбу и включить электрическую плитку 6.

4. Воздух в закрытой колбе нагревают от комнатной температуры до 40 – 50 °С и через каждые 4 – 6 °С, 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.

5. По формулам $p_i = p_0 + 2\rho gh_i$ и $V_i = V_0 + Sh_i$ 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 $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$.

6. Используя формулы

$$\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{(p_0 + 2\rho gh_1)(V_0 + Sh_1)}{T_1}, \quad \frac{p_2 V_2}{T_2} = \frac{(p_0 + 2\rho gh_2)(V_0 + Sh_2)}{T_2}, \dots,$$
$$\frac{p_n V_n}{T_n} = \frac{(p_0 + 2\rho gh_n)(V_0 + Sh_n)}{T_n},$$

осуществляют проверку закона Клапейрона. Результаты вычислений занести в таблицу 2.

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

$$\frac{pV}{T} = \text{const} \quad \text{при } N = \text{const},$$

выведите и поясните уравнение

$$\frac{p_n V_n}{T_n} = \frac{(p_0 + 2\rho gh_n)(V_0 + Sh_n)}{T_n}.$$

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

№ 5, № 9.

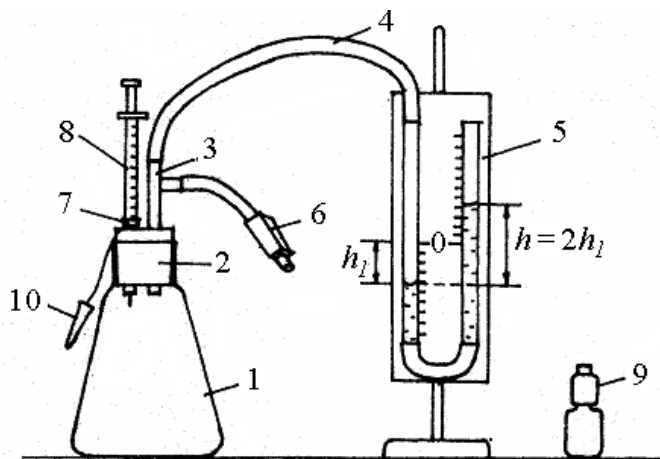
Лабораторная работа № 21

Экспериментальное определение постоянной Больцмана

Цель работы: измерение парциального давления паров летучей жидкости; экспериментальное определение постоянной Больцмана.

Приборы и принадлежности:

стеклянный сосуд известного объема, водяной манометр с миллиметровой шкалой, соединительные шланги, шприц для впрыскивания жидкости, термометр, зажим.



- 1 – стеклянный сосуд;
- 2 – резиновая пробка;
- 3 – стеклянная трубка с тройником;
- 4 – резиновый шланг;
- 5 – водяной манометр;
- 6 – зажим (клапан);
- 7 – отверстие для шприца;
- 8 – шприц;
- 9 – флакон с летучей жидкостью;
- 10 – пробка

*Порядок выполнения работы
и обработка результатов измерений*

1. Открыть зажим 6, обеспечив сообщением сосуда 1 с атмосферой, и обнулить показания манометра 5.
2. Закрыть зажим 6, перекрыв связь сосуда с атмосферой.
3. С помощью шприца 8 набрать из флакона 0,05 или 0,1 мл ($1 \text{ мл} = 10^{-6} \text{ м}^3$) летучей жидкости (это соответствует 2 или 4 делениям шкалы шприца, т.к. цена одного деления равна 0,025 мл).
4. Открыть отверстие 7 пробки сосуда и вставить туда шприц с набранной жидкостью.
5. Впрыснуть используемую жидкость с помощью шприца в сосуд и сразу же вынуть шприц, быстро закрыв отверстие 7 маленькой пробкой 10.
6. После этого дождаться момента, когда давление, измеряемое водяным манометром, перестанет увеличиваться (через 3 ÷ 5 мин), занести в таблицу изменение уровня воды h_1 в коленях манометра.
7. Открыть зажим 6, выпустив в атмосферу пары летучей жидкости, обнулив тем самым показания манометра.
8. Параметры установки V_0 , S (спросите у преподавателя, ведущего занятия, или лаборанта), а также данные об исследуемой жидкости и температуру воздуха, измеренную комнатным термометром, занести в таблицу результатов измерений.
9. По формуле $p = 2\rho_B g h_1$ рассчитать парциальное давление паров летучей жидкости, полученный результат занести в таблицу.
10. По формуле

$$k = \frac{2\rho_B g h_1 (V_0 + S h_1) \mu}{N_{\text{А}} \rho_{\text{ж}} V_{\text{ж}} T}$$

рассчитать постоянную Больцмана k , результат занести в таблицу.

11. Рассчитать абсолютную Δk и относительную E погрешности измерений, исходя из табличного значения постоянной Больцмана:

$$\Delta k = |k - k_{\text{табл}}|, \quad E = \frac{\Delta k}{k} 100 \%$$

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Дайте понятие идеального газа.
3. Опишите рабочую установку и порядок выполнения работы.
4. Запишите рабочую формулу и поясните входящие в нее величины.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте законы, описывающие изотермический, изохорический, изобарический процессы. Приведите графики этих процессов.

- Объединив законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, получите объединенный газовый закон (закон Клапейрона).
- Сформулируйте закон Авогадро.
- Объединив уравнение Клапейрона с законом Авогадро, получите уравнение Клапейрона-Менделеева.
- Сформулируйте закон Дальтона. Дайте определение парциального давления.
- Используя постоянную Больцмана k , получите уравнение состояния идеального газа, выраженное через концентрацию молекул.
- Что называется концентрацией молекул?
- Выведите рабочую формулу:

$$k = \frac{2\rho_B g h_1 (V_0 + S h_1) \mu}{N_A \rho_{ж} V_{ж} T}.$$

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 9.

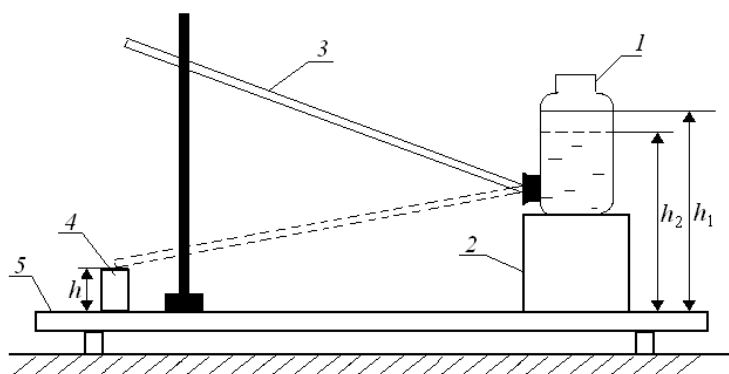
Лабораторная работа № 22

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 – сосуд с водой;
- 2 – подставка;
- 3 – капиллярная трубка;
- 4 – мерный стакан;
- 5 – стойка

- Линейкой измеряют высоту уровня жидкости h_1 в сосуде 1 от поверхности стойки 5.
- 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).
- Измеряют высоту уровня жидкости в сосуде h_2 после вытекания и высоту конца трубки h над поверхностью стойки.
- Опыт повторяют 5 раз для одного и того же объема жидкости. Результаты измерений занесите в таблицу.
- Вычислите среднее арифметическое значение времени:

$$\langle t \rangle = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_n}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{n},$$

где n – число измерений.

6. По формуле

$$\langle \eta \rangle = \frac{\pi R^4 \left(\frac{h_1 + h_2}{2} - h \right) \rho g \langle t \rangle}{8Vl}$$

рассчитайте значение коэффициента динамической вязкости $\langle \eta \rangle$, подставив среднее арифметическое значение времени $\langle t \rangle$.

7. Найдите абсолютную $\Delta \eta$ и относительную E погрешность результата, исходя из табличного значения искомой величины:

$$\Delta \eta = |\eta - \eta_{\text{табл}}|, \quad E = \frac{\Delta \eta}{\eta} \cdot 100\%.$$

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 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.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 9.

Лабораторная работа № 23

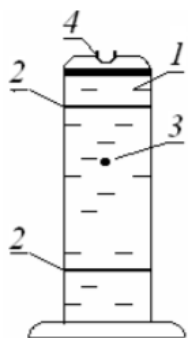
Определение вязкости жидкости методом Стокса

Цель работы: изучить метод Стокса, определить коэффициент динамической вязкости глицерина.

Приборы и принадлежности:

стеклянный цилиндрический сосуд с глицерином, измерительный микроскоп, секундомер, шарики, измерительная линейка.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – цилиндрический сосуд;
- 2 – резиновые кольца;
- 3 – шарик;
- 4 – отверстие в сосуде

1. Измерить диаметр шарика D с помощью микроскопа.
2. С помощью линейки измерить расстояние l между кольцами 2.

3. Через отверстие 4 в крышке сосуда опустить шарик 3.

4. В момент прохождения шариком верхнего кольца включить секундомер и измерить время t прохождения шариком расстояния l .

5. Опыт повторить с пятью шариками. Шарики имеют примерно одинаковый диаметр и движутся в жидкости приблизительно с одинаковой скоростью. Поэтому время прохождения шариками одного и того же расстояния l можно усреднить и в расчетную формулу

$$\eta = \frac{1}{18} \frac{(\rho - \rho_{ж}) D^2 g t}{l}$$

вместо времени t движения одного шарика, подставить среднее арифметическое значение времени $\langle t \rangle$ движения всех шариков.

6. По вышеприведенной формуле определить значение $\langle \eta \rangle$, где плотность исследуемой жидкости (глицерина) $\rho_{ж} = 1,26 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$, плотность материала шарика (свинца) $\rho = 1,26 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$.

7. Методом расчета погрешностей косвенных измерений находят относительную E и абсолютную $\Delta \eta$ погрешность результата.

8. Данные результатов измерений и вычислений занесите в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Запишите формулу Ньютона для силы внутреннего трения и поясните величины, входящие в эту формулу.
3. Опишите рабочую установку и порядок выполнения работы.
4. Какие силы действуют на шарик, падающий в жидкости?
5. Запишите рабочую формулу и поясните ее.

Вопросы для защиты работы

1. Объясните молекулярно-кинетический механизм внутреннего трения (вязкости) жидкости.
2. Дайте понятие энергии активации.
3. Как зависит вязкость жидкости от температуры?
4. При каких условиях движение жидкости будет ламинарным?
5. Запишите уравнение движения шарика в глицерине и выведите рабочую формулу.
6. Можно ли верхнее кольцо располагать на уровне поверхности жидкости в сосуде?
7. Получите формулу для расчета относительной погрешности E .

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

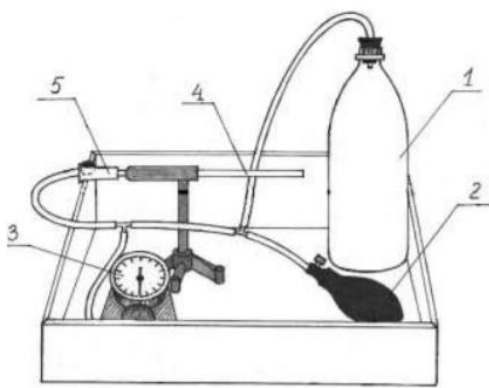
№ 5, № 9.

Лабораторная работа № 24

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 – баллон известной емкости;
- 2 – груша;
- 3 – манометр;
- 4 – стеклянный капилляр на штативе;
- 5 – зажим

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 (см. таблицу) 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 – 5 повторить не менее пяти раз, результаты измерений времени занести в таблицу.

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

$$\langle t \rangle = \frac{t_1 + t_2 + \dots + t_5}{5}.$$

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:

$$1 \text{ мм рт. ст.} = 133 \text{ Па.}$$

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.

Для расчета углового 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.

12. По формуле

$$\eta = \frac{\pi D^4 \langle P \rangle}{128 V L |A|}$$

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 значением вязкости воздуха при соответствующей температуре:

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

и оцените относительную погрешность измерений в процентах:

$$E = \frac{\Delta \eta}{\eta} \cdot 100\%.$$

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

$$F = \eta \left| \frac{dv}{dr} \right| S,$$

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 $\eta = \frac{\pi D^4 \langle P \rangle}{128 V L |A|}$ для коэффициента динамической вязкости воздуха.

6. Покажите, используя эту 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

№ 5, № 9.

Лабораторная работа № 25

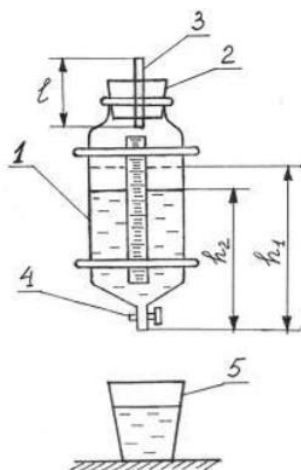
Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха

Цель работы: экспериментальное определение средней длины свободного пробега молекул воздуха; определение эффективного диаметра молекул воздуха.

Приборы и принадлежности:

стеклянный баллон с краном, мерный стакан, капиллярная трубка, линейка, секундомер, термометр, барометр.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – стеклянный баллон;
- 2 – пробка;
- 3 – капилляр;
- 4 – кран;
- 5 – мерный стакан

1. Наполняют баллон 1 на три четверти водой и плотно закрывают пробкой 2, в которую вставлен капилляр 3.

2. Линейкой измеряют первоначальный уровень воды h_1 . Открывают кран 4 и одновременно включают секундомер.

3. Когда в мерном стакане будет $100 \div 200$ мл воды ($1 \text{ мл} = 10^{-6} \text{ м}^3$), закрывают кран и одновременно останавливают секундомер.

4. Замеряют уровень жидкости h_2 в сосуде. Объем вытесненной из баллона воды в мерном стакане будет равен объему воздуха V , вошедшего в баллон через капилляр 3.

5. По формуле

$$\langle \lambda \rangle = \frac{3\pi r^4}{16lP} \sqrt{\frac{\pi RT}{2\mu}} \frac{\Delta P}{V}$$

рассчитывают среднюю длину свободного пробега молекул воздуха. Разность давлений вычисляют по формуле:

$$\Delta P = \rho g \frac{h_1 + h_2}{2},$$

6. Опыт повторяют три раза с одними и теми же значениями V и h_1 .

7. По формуле

$$d = \sqrt{\frac{kT}{\sqrt{2\pi} \langle \lambda \rangle P}}$$

рассчитывают эффективный диаметр молекулы воздуха d . Давление P и температуру T воздуха в лаборатории берут из показаний барометра и термометра.

8. Методом расчета погрешностей косвенных измерений находят относительную E и абсолютную $\Delta \lambda$ погрешность средней длины свободного пробега молекул воздуха.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Запишите рабочие формулы для расчета $\langle \lambda \rangle$ и d , поясните смысл всех величин, входящих в эти формулы.
3. Опишите рабочую установку и порядок выполнения работы.

Вопросы для защиты работы

1. Что называется эффективным диаметром молекулы? Эффективным сечением?
2. Дайте определение длины свободного пробега молекул газа.
3. Выведите формулу для расчета $\langle \lambda \rangle$:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{kT}{\sqrt{2}\pi d^2 P}$$

4. Выведите рабочие формулы для расчета $\langle \lambda \rangle$ и d .
5. Используя дифференциальный метод, получите формулу для расчета относительной погрешности $\langle \lambda \rangle$, т.е. $E = \frac{\Delta \lambda}{\langle \lambda \rangle}$.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 9.

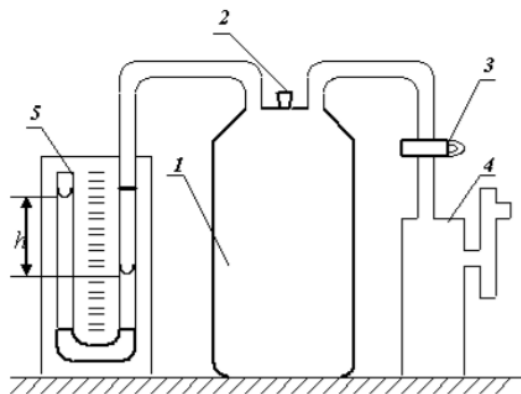
Лабораторная работа № 26

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 Комовского, U-образный водяной манометр, соединительные шланги

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – стеклянный баллон;
- 2 – пробка;
- 3 – кран;
- 4 – насос Комовского;
- 5 – водяной манометр

1. Пробкой 2 перекрыть отверстие в крышке баллона и открыть кран 3, соединяющий баллон 1 с насосом.
2. Вращая рукоятку насоса, накачивают воздух в баллон так, чтобы разность уровней жидкости в трубках U-образного манометра 5 составила 25 – 30 см.
3. Подождать 2–3 минуты пока жидкость не перестанет перетекать из одной трубки манометра в другую. По шкале манометра измерьте установившуюся в конце изохорного охлаждения 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 минуты 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

$$\gamma = \frac{h_1}{h_1 - h_2}$$

вычислить значение γ . Опыт повторить 8–10 раз.

6. Вычислить абсолютную $\Delta\gamma$ и относительную E погрешности результатов измерений, исходя из истинного значения искомой величины:

$$\Delta\gamma = |\langle\gamma\rangle - \gamma_{теор}| \quad \text{и} \quad E = \frac{\Delta\gamma}{\langle\gamma\rangle} \cdot 100\% .$$

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

№ 5, № 9.

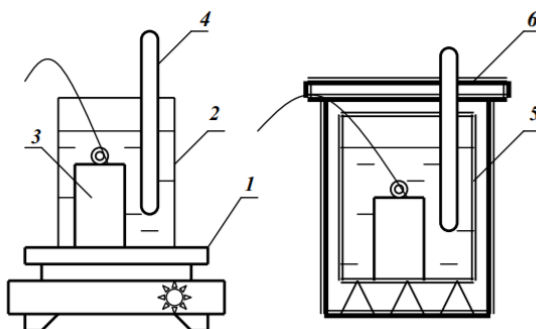
Лабораторная работа № 27

Определение изменения энтропии реальных систем

Цель работы: на основании II закона термодинамики, используя экспериментальные данные, определить изменение энтропии реальных тел.

Приборы и принадлежности: калориметрический стакан, термометр, нагреватель, набор различных тел, мерный стакан

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – электроплитка;
- 2 – стакан с водой;
- 3 – исследуемое тело;
- 4 – термометр;
- 5 – калориметрический стакан;
- 6 – крышка калориметра

1. Включите электроплитку и поставьте на нее стакан с водой.
2. Опустите за нитку в стакан с водой металлическое тело.
3. Воду в стакане довести до кипения и измерить температуру T_1 кипящей воды
4. Налейте воду в калориметрический стакан и поставьте его подальше от плитки.
5. Измерьте температуру T_2 холодной воды в калориметрическом стакане.
6. За нитку вытащите тело из кипящей воды, быстро опустите его в калориметр с холодной водой и закройте крышкой.

7. Запишите в таблицу максимальное значение температуры T_0 всей системы «тело – вода – калориметрический стакан».

8. Меняя воду в калориметре, проведите измерения по п.п. 2–7 для трех различных металлических тел.

9. По формуле

$$\Delta S = \Delta S_T + \Delta S_B + \Delta S_K = m_T C_T \ln \frac{T_0}{T_1} + m_B C_B \ln \frac{T_0}{T_2} + m_K C_K \ln \frac{T_0}{T_2}$$

рассчитайте изменение энтропии системы для всех трех случаев и результаты вычислений занесите в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Опишите рабочую установку и ход эксперимента.
3. Какие допущения делаете, рассматривая систему «тело – вода – калориметрический стакан» как изолированную?
4. Напишите рабочую формулу, приведенную в данной работе.
5. Какие законы используются для получения расчетной формулы?
6. Какие состояния и процессы называются равновесными?
7. Что называется изолированной термодинамической системой?
8. Напишите формулу для вычисления абсолютной и относительной погрешности измерения ΔS .

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте первый закон термодинамики.
2. Дайте определение обратимых и необратимых процессов. При каких условиях процессы будут обратимыми?
3. Сформулируйте второй закон термодинамики и поясните его физический смысл. Чем он дополняет первый закон термодинамики?
4. Опишите энтропию системы и ее физический смысл.
5. Как вычисляется изменение энтропии при переходе ее из одного состояния в другое?
6. Сформулируйте и напишите второй закон термодинамики, используя понятие энтропии.
7. Статистический смысл энтропии.
8. Какой знак имеет изменение энтропии для рассматриваемой в работе системы тел и почему?
9. Поясните принцип действия тепловой машины.
10. В чем сущность неравенства Клаузиуса?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 5, № 9.

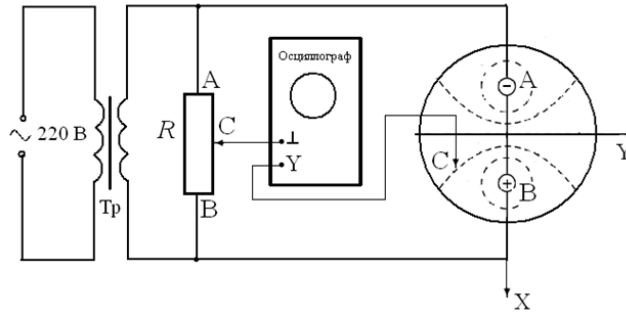
Лабораторная работа № 28

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

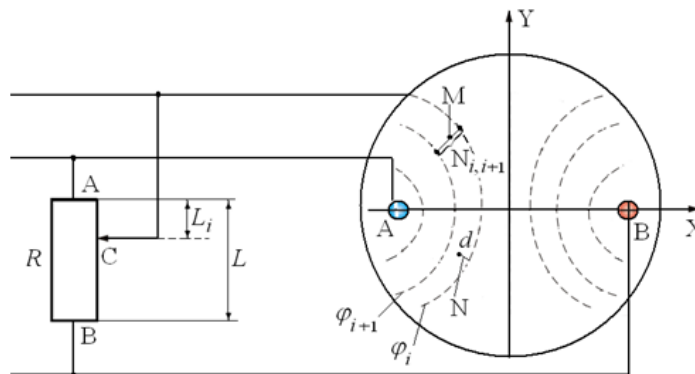


1. Собрать схему
2. На листе миллиметровой бумаги выбрать масштаб и заготовить сетки для каждой пары электродов А и В в соответствующем масштабе.
3. Установить движок потенциометра R на 1-е деление.
4. Перемещать зондовый электрод C в ванне с водой до тех пор, пока вертикальная линия на экране осциллографа не сожмется в точку. На заготовленную координатную сетку нанести координаты положения зонда C . Отсутствие напряжения на входе осциллографа означает, как отмечалось выше, что потенциал зонда C , а значит, и точки, в которой он находился, равен потенциалу движка потенциометра R .
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. Последовательно перемещая движок потенциометра R на следующее деление, согласно пп. 4, 5, построить на координатной сетке все остальные эквипотенциальные линии. Таким образом, на координатной сетке будет получено изображение электростатического поля в виде эквипотенциальных линий, образованного электродами А и В в плоскости поверхности электролита, и, следовательно, найдено распределение потенциала $\varphi = \varphi(x, y)$.
7. Нанести у каждой линии значение потенциала, вычисленное по формуле

$$\varphi_i = U(k_i - 0,5),$$

где

$$\frac{R_{AC}}{R_{AB}} = \frac{L_i}{L} = k_i.$$



8. Определить потенциал и напряженность поля в 4-5 произвольно выбранных или заданных преподавателем точках для одного из смоделированных полей. В соответствии с выбранным масштабом и вычисленными значениями напряженности начертить в выбранных точках вектора \vec{E} .
9. Разность потенциалов между соседними эквипотенциальными линиями определяем по формуле: $U_{i,i+1} = \varphi_i - \varphi_{i+1}$. Напряженность электростатического поля в произвольной точке М (см. рис.) между i -й и $i+1$ -й эквипотенциальными линиями равна

$$E = -\frac{\varphi_i - \varphi_{i+1}}{N_{i,i+1}},$$

где E – среднее значение напряженности между i -й и $i+1$ -й линиями в точке M , $N_{i+1,i}$ – кратчайшее расстояние между этими линиями.

10. Для определения потенциала данной точки d поля используют формулу:

$$\varphi_d = \varphi_i - E \cdot N,$$

где N – отрезок нормали, опущенной из точки d на i -ю линию, измеренный линейкой с учетом выбранного масштаба.

11. Полученные результаты занести в таблицу.

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

№ 6, № 10.

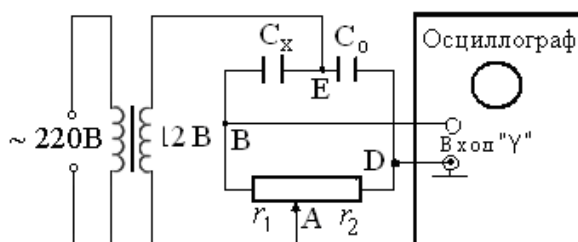
Лабораторная работа № 29

Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона

Цель работы: изучение работы С-моста Уитстона и определение емкости конденсаторов; определение электроемкости конденсаторов при их последовательном и параллельном соединении.

Приборы и принадлежности: набор конденсаторов неизвестной емкости, магазин емкости, реостат, источник питания, осциллограф.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



1. Собрать схему.

2. Измерить величину неизвестной емкости C_{x1} . Для этого движок потенциометра установить вблизи середины шкалы и подбором величины емкости магазина и корректировкой положения движка потенциометра уравновесить мост, т.е. добиться на экране осциллографа обращения вертикальной линии в точку.

3. Величину неизвестной емкости рассчитать по формуле $C_x = C_0 \frac{l_2}{l_1}$.

4. Вместо C_{x1} подключить C_{x2} и измерить его величину.

5. В качестве C_x подключить поочередно соединенные последовательно и параллельно C_{x1} и C_{x2} и провести измерения по пункту 2.

6. По формулам $C_{\text{пар.}} = C_{x1} + C_{x2}$, $C_{\text{посл.}} = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}}$

рассчитать суммарные электроемкости двух конденсаторов, соединенных параллельно и последовательно.

7. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Объясните принцип действия измерительной мостовой цепи.
3. Почему в данной работе схема питается переменным током?
4. Оцените погрешность измерения электроемкостей.

Вопросы для защиты работы

1. Что называется электроемкостью конденсатора?
2. Выведите условие равновесия С-моста Уитстона.
3. Выведите формулы электроемкостей плоского, сферического и цилиндрического конденсаторов.
4. Нарисуйте электрическую цепь последовательного и параллельного соединения конденсаторов и получите формулы электроемкостей этих соединений.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 30

Измерение величины электрического сопротивления с помощью R-моста Уитстона

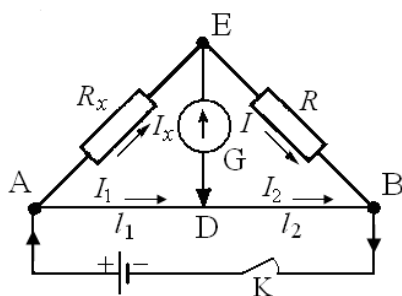
Цель работы:

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 $R_{x-посл} = R_{x1} + R_{x2}$ и $R_{x-пар} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}$ рассчитать значения величин сопротивлений.
8. Результаты измерений занести в таблицу.
9. Оценить погрешность измерения величин сопротивлений R_{x1} , R_{x2} , $R_{x посл.}$ и $R_{x пар.}$

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. Сформулируйте законы Кирхгофа, поясните их применение.
2. Используя законы Кирхгофа, выведите условия равновесия моста Уитстона.
3. Нарисуйте электрическую цепь последовательного и параллельного соединения проводников и рассчитайте их сопротивления.
4. От каких величин зависит сопротивление изотропного проводника?
5. Каково практическое использование моста Уитстона?
6. Дайте определение электрического потенциала, ЭДС, напряжения.
7. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 31

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

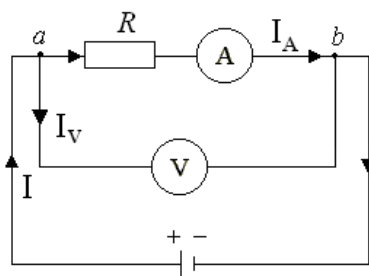


Рис. 1

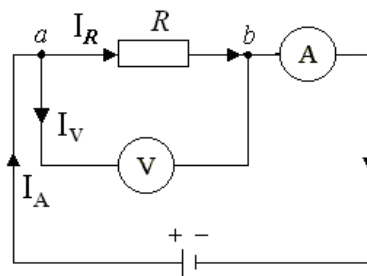


Рис. 2

1. Включить прибор на «Точное измерение тока» (рис. 1). Передвинуть кронштейн на отметку 40 см вверх, установить значение силы тока 240 мА по амперметру.
2. Установить кронштейн на отметке 32 см (при этом $l = 0,32$ м) и снять показание вольтметра U .
3. По формуле

$$\rho_1 = \left(\frac{U}{I} - R_A \right) \frac{S}{l}$$

рассчитать удельное сопротивление ρ_1 нихромовой проволоки.

4. 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 $\rho_1 = \langle \rho_1 \rangle \pm \Delta \rho_1$.
5. Включить прибор на «точное измерение напряжения» (рис. 2). Прodelать операции, указанные в пп. 2 – 4, заменив в п.3 расчет удельного сопротивления по формуле

$$\rho_2 = \frac{US}{\left(I - \frac{U}{R_V} \right) l}$$

6. Данные, полученные при вычислениях и измерениях занести в таблицу, представив результаты измерений в виде $\rho_2 = \langle \rho_2 \rangle \pm \Delta \rho_2$.

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

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 32

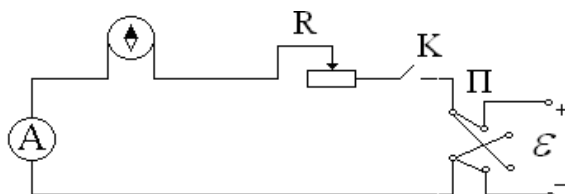
Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли

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 К, амперметра А и источника \mathcal{E}



2. Совместить плоскость кольца катушки с плоскостью магнитного меридиана Земли.
3. Включить постоянный ток, движком реостата установить по круговой шкале компаса угол отклонения стрелки $\alpha_1=45^0$. Величину тока измерять по амперметру, угол – по шкале тангенс-гальванометра.
4. Поменять направление тока, поддерживая его по величине неизменным, и проделать те же измерения.
5. Вычислить $\text{tg} \langle \alpha \rangle$ и по формуле

$$H_3 = \frac{I \cdot n}{2R \text{tg} \langle \alpha \rangle},$$

вычислить H_3 . Здесь I – ток, текущий, текущий через витки тангенс-гальванометра ($n=13$), R – радиус витка. Все измеренные значения и результаты вычислений записать в таблицу.

6. Рассчитать относительную и абсолютную погрешности косвенных измерений горизонтальной напряженности магнитного поля Земли:

$$E = \frac{\Delta H}{\langle H_3 \rangle} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta R}{R} + \frac{2\Delta \alpha}{\sin 2\alpha}, \quad \Delta H = E \cdot \langle H_3 \rangle$$

и конечный результат записать в виде: $H_3 = \langle H_3 \rangle \pm \Delta H_3$.

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 $\alpha = 45^0$?

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

Лабораторная работа № 33

Изучение работы электронного осциллографа

Цель работы: 1) ознакомление с принципом действия осциллографа; 2) определение чувствительности отклоняющих пластин электронно-лучевой трубки осциллографа.

Приборы и принадлежности:

электронный осциллограф, вольтметр, регулируемый источник напряжения.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Упражнение 1. Определение чувствительности отклоняющих пластин трубки осциллографа.

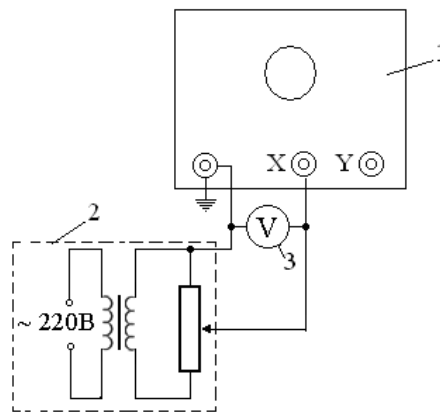
1. Подключить вольтметр 3 к горизонтально отклоняющим пластинам осциллографа, как показано на рисунке.

2. Включить осциллограф и вывести световое пятно в центр координатной сетки с помощью рукояток: «ось Y» – вверх-вниз (\updownarrow), «ось X» – влево-вправо (\leftrightarrow).

3. Подключить к клеммам \perp и X источник напряжения и вольтметр в соответствии с рис. и подать последовательно напряжения $U_x = 15 \text{ В}, 20 \text{ В}, 25 \text{ В}, 30 \text{ В}$. Для каждого значения измерить по координатной сетке длину горизонтальной световой линии l_x в мм. То же самое повторить, подключая источник напряжения и вольтметр к клеммам \perp и Y.

4. Вычислить чувствительность горизонтально отклоняющих пластин по формуле

$$j_x = \frac{l_x}{2U_x}.$$



1 – осциллограф, 2 – источник регулируемого напряжения, 3 – цифровой вольтметр

5. Аналогично определить чувствительность вертикально отклоняющих пластин:

$$j_y = \frac{l_y}{2U_y},$$

где U_y – напряжение, подаваемое на клеммы \perp и Y, определяемое по вольтметру при постоянном токе; l_y – длина вертикальной линии на экране, мм.

В случае работы с источником переменного напряжения:

$$U_x = \sqrt{2}U_{xe}, \quad U_y = \sqrt{2}U_{ye},$$

где U_{xe} и U_{ye} – эффективные напряжения, измеряемые вольтметром переменного тока. В этом случае чувствительность вертикально и горизонтально отклоняющих пластин осциллографа определяют по формулам:

$$j_x = \frac{l_x}{2\sqrt{2}U_{xe}}, \quad j_y = \frac{l_y}{2\sqrt{2}U_{ye}}.$$

В данной работе на схему подается переменное напряжение, поэтому для определения j_x и j_y используют формулы (15).

6. Результаты измерений и вычислений занести в таблицы.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Назовите основные узлы осциллографа и укажите их назначение.
3. Что называется чувствительностью электронно-лучевой трубки по напряжению?
4. Оцените погрешность метода измерений чувствительности пластин осциллографа.

Вопросы для защиты работы

1. Каковы устройство и принцип действия осциллографа?
2. Выведите формулу чувствительности j_x и j_y .
3. Объясните устройство и принцип работы электронно-лучевой трубки.
4. Почему подается пилообразное напряжение на вертикально отклоняющие пластины?
5. Каково практическое использование осциллографа?
6. Каковы Ваши критические замечания по данной работе?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 34

Изучение стабилитрона и снятие его характеристик

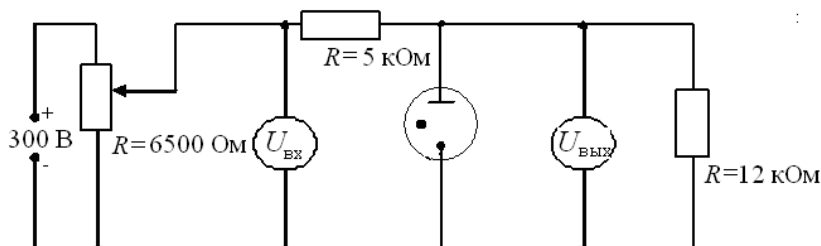
Цель работы: изучение работы стабилитрона и снятие его характеристик.

Приборы и принадлежности:

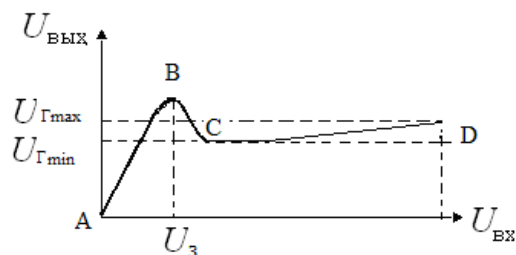
стабилитрон, источник питания, реостат, балластное сопротивление, сопротивление нагрузки, вольтметры, соединительные провода.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Собрать схему согласно рисунку.
2. Медленно перемещая движок реостата от начала шкалы, тем самым увеличивая входное напряжение от нуля до напряжения U_3 , при котором происходит зажигание стабилитрона, зафиксировать напряжение U_3 .
3. Произвести измерения. Для этого, изменяя напряжение на входе от 0 до 300 В, через каждые 20 В измерить напряжение на выходе. При этом вблизи напряжения зажигания U_3 за 20 В до него и после него произвести измерения через каждые 4 В для того, чтобы определить максимум кривой зависимости $U_{вых}$ от $U_{вх}$. Результаты измерений занести в таблицу.



4. Построить график зависимости $U_{\text{ВЫХ}}$ от $U_{\text{ВХ}}$.



5. По снятой зависимости $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$ определить напряжение зажигания U_3 и максимальное и минимальное значения напряжения горения ($U_{\text{Гmax}}$, $U_{\text{Гmin}}$).

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Объясните устройство, принцип действия и применение стабилитрона.
3. Какова роль балластного сопротивления?
4. Выберите масштаб для построения графика.

Вопросы для защиты работы

1. Что представляет собой электрический ток в газах?
2. Охарактеризуйте процессы ионизации и рекомбинации.
3. В чем отличие несамостоятельного газового разряда от самостоятельного?
4. Каковы условия существования несамостоятельного и самостоятельного газового разряда?
5. При каких условиях несамостоятельный газовый разряд переходит в самостоятельный?
6. Почему газовый разряд не подчиняется закону Ома?
7. Охарактеризуйте типы самостоятельного разряда.
8. Проанализируйте построенный Вами график зависимости $U_{\text{ВЫХ}} = f(U_{\text{ВХ}})$.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 35

Изучение вакуумного диода и определение удельного заряда электрона

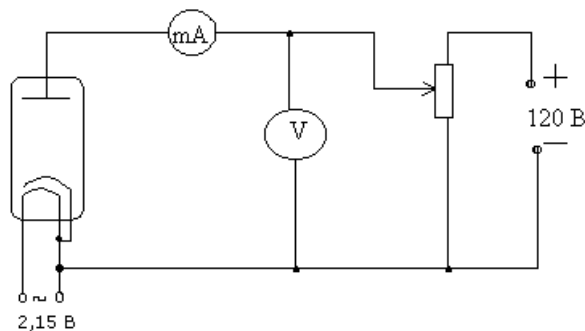
Цель работы: исследование вольтамперной характеристики вакуумного диода; определение удельного заряда электрона на основании уравнения Богуславского-Лэнгмюра.

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.



3. Построить графическую зависимость I_a от $U_a^{3/2}$.

4. Определить угловой коэффициент, равный тангенсу угла наклона полученной прямой по формуле:

$$K = \frac{I}{U^{3/2}}$$

и рассчитать удельный заряд электрона:

$$\frac{e}{m} = \left(\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \right)^2 \cdot \left(\frac{9r\beta^2 K}{2\sqrt{2} \cdot l} \right)^2,$$

ϵ_0 – электрическая постоянная; r – радиус анода; l – длина катода; β – коэффициент, зависящий от отношения радиусов анода и катода.

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

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 36

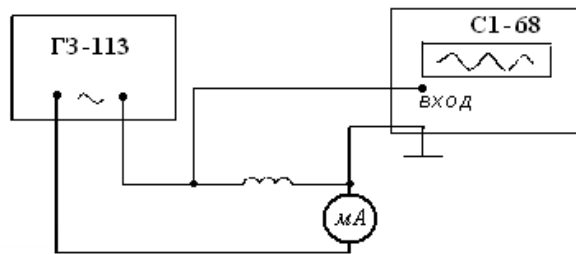
Определение индуктивности соленоида

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

1. Для выполнения работы собрать цепь по схеме.



2. Установить на звуковом генераторе частоту колебаний.
3. Измерить с помощью осциллографа амплитуду напряжения U_m и частоту ν .
4. 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.
5. Данные занести в таблицу.
6. По формуле

$$L = \frac{\sqrt{\left(\frac{U_m}{I_m}\right)^2 - R^2}}{2\pi\nu}$$

рассчитать индуктивность соленоида.

7. По формуле

$$L = \mu_0 \mu \frac{N^2}{l} \frac{\pi d^2}{4}$$

рассчитать проверочное значение индуктивности соленоида, исходя из его геометрии и числа витков. Здесь $R = 56$ Ом – активное сопротивление соленоида; длина соленоида $l = 40$ см; диаметр витков соленоида $d = 2$ см; число витков соленоида $N = 2000$.

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

№ 6, № 10.

Лабораторная работа № 37

Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа

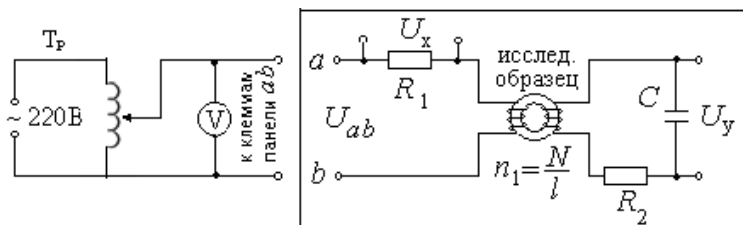
Цель работы: снятие кривой намагничивания; снятие петли гистерезиса и определение затрат энергии на перемагничивание.

Приборы и принадлежность:

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

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Снятие кривой намагничивания



1. Собрать схему согласно рисунку.
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.
4. Для построения графика зависимости $B = f(H)$ определить координаты вершины петли (x, y) , уменьшая напряжение U_{ab} через 4 – 5 В от максимального значения напряжения, при котором петля гистерезиса занимает практически всю площадь экрана осциллографа, до 0 В.
5. Вычислить U_x и U_y для каждой из координат

$$U_x = U'_x \cdot x, \text{ где } U'_x = 0,1 \text{ В/мм} - \text{ масштаб по оси X,}$$

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

6. Данные измерений и вычислений занести в таблицу 1.
7. По формулам

$$H = \frac{n_1}{R_1} U_x, \quad B = \frac{C R_2}{S N_2} U_y$$

Вычислить H и B для каждой точки петли гистерезиса.

8. Результаты расчетов занести в таблицу 2.
9. 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 мм^2 .
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·л³); ν – частота переменного тока ($\nu = 50$ Гц); k – переводной коэффициент, численно равный энергии, отнесенной к единице объема, соответствующей площади в 1 мм^2 на экране осциллографа; S_n – площадь петли гистерезиса в мм^2 .

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

№ 6, № 10.

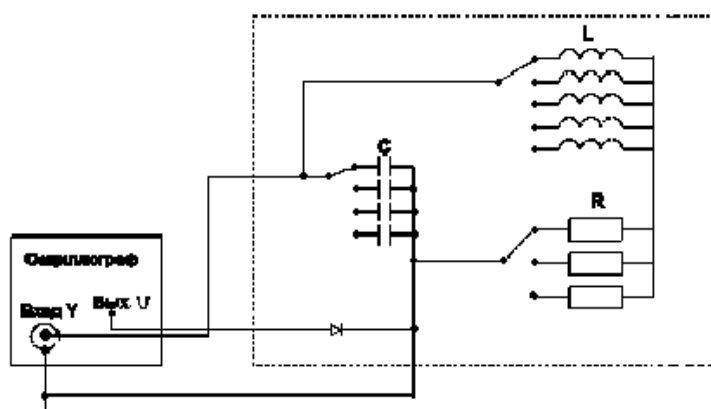
Лабораторная работа № 38

Затухающие электрические колебания

Цель работы: наблюдение и изучение затухающих электрических колебаний с помощью осциллографа: определение периода колебаний, влияние параметров колебательного контура L , C , R на характер затухающих колебаний.

Приборы и принадлежности:

осциллограф,
набор колебательных контуров с изменяемыми параметрами L , C , R



Порядок выполнения работы:

1. Включить установку.
2. Выбрать в соответствии с таблицей (или по указанию преподавателя) фиксированные параметры L , R и, меняя параметр C колебательного контура, изучить зависимость периода колебаний T от величины емкости колебательного контура.

Таблица результатов

№ п/п	C	R	L	T	T_1	T_2	U'_c	U''_c	λ
	мкФ	Ом	мГн	мс	мс	мс			

1		R-const R=20 Ом	L-const L=40мГн						
2									
3									
4	C-const C=0,033	R-const R=20 Ом							
5									
6									
7	C-const C=0,033		L-const L=40мГн						
8									

3. В графу «Т» занести значение периода колебаний, измеренное с помощью электронного осциллографа. В графу «Т₁» – значение периода затухающих колебаний, рассчитанное по формуле (1), а в графу «Т₂» – значение периода колебаний, рассчитанное по формуле (2)

$$T_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{1}{LC} - \left(\frac{R}{2L}\right)^2}} \quad (1)$$

$$T_2 = 2\pi\sqrt{LC} \quad (2)$$

4. Точно так же выбрать фиксированные значения С и R, меняя параметр L колебательного контура изучить зависимость периода колебаний от величины индуктивности контура.

5. Выбрав фиксированные значения С и L, меняя значение R изучить зависимость периода колебаний от сопротивления контура.

6. Зарисовать на кальку осциллограммы затухающих колебаний для тех же значений параметров L, C, R колебательного контура, затем перенести их на миллиметровую бумагу.

7. Измерить в миллиметрах величины соседних амплитуд U'_c и U''_c , отстоящих друг от друга на время равное одному периоду колебаний.

8. По формуле

$$\lambda' = \ln \frac{U'_c}{U''_c} \quad (3)$$

9. По формуле

$$\lambda = \ln \delta = \ln e^{\frac{R}{2L}T} = \frac{R}{2L}T \quad (4)$$

рассчитать значение логарифмического декремента затухания, исходя из параметров колебательного контура, и сравнить со значением

$$\lambda = \pi R \sqrt{\frac{C}{L}} \quad (5)$$

10. На основании полученных данных сделать вывод о том, как влияют изменения параметров L, C, R колебательного контура на процесс затухания колебаний.

Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Что представляет собой колебательный контур?
3. Что называется декрементом затухания, логарифмическим декрементом затухания?
4. Опишите предложенные методы измерения периода затухающих колебаний.

Вопросы для защиты работы

1. Опишите электрические колебания, возникающие в колебательном контуре.
2. Запишите уравнения и начертите графики:
 - а) собственных незатухающих электрических колебаний в контуре;
 - б) затухающих электрических колебаний в контуре.
3. Выведите формулу периода затухающих колебаний.
4. Как связан логарифмический декремент затухания с периодом колебания?
5. Выведите формулу периода незатухающих колебаний.

6. Как влияют величины сопротивления, емкости и индуктивности на частоту (период) собственных колебаний в контуре?

7. Как влияет на быстроту затухания колебаний величина сопротивления, емкости, индуктивности контура?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 10.

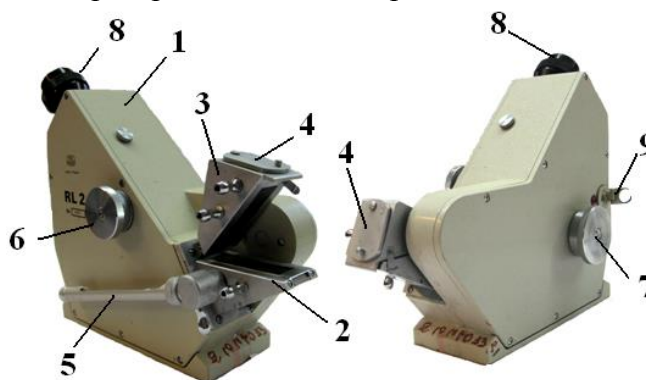
Лабораторная работа № 39

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 таблицу 1 и таблицу 2.

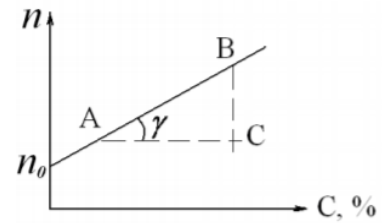
10. Вычерчивают диаграмму зависимости показателя преломления n от концентрации раствора C . На ось ординат также наносятся значения показателя преломления n_0 для дистиллированной воды. Через полученные точки проводят прямую.

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

5. Какие приборы называются рефрактометрами? Где они применяются?
6. Что называется относительным показателем преломления? Абсолютным?
7. Каков физический смысл абсолютного показателя преломления?
8. Как зависит показатель преломления от концентрации раствора?
9. 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

№ 6, № 11

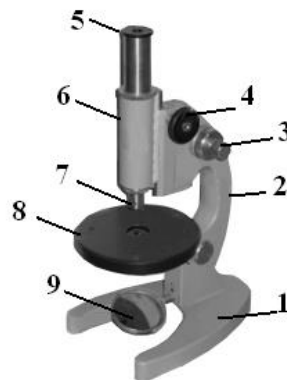
Лабораторная работа № 40

Определение показателя преломления вещества при помощи микроскопа

Цель работы: ознакомление с техническими деталями устройства микроскопа; измерение показателя преломления стеклянных пластинок.

Приборы и принадлежности:

измерительный микроскоп с микрометрическим винтом, микрометр, измеряемые стеклянные пластинки, осветитель.



Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Микрометром измеряют истинную толщину стеклянной пластинки H в том месте, где нанесены штрихи, и берут ее значение в миллиметрах.

2. Определяют кажущуюся толщину стеклянной пластинки h , для чего пластинку кладут на предметный столик 8 микроскопа под объектив 7 так, чтобы оба штриха пересекли оптическую ось прибора. Вращением барашка 4 опускают тубус 6 в крайнее нижнее положение.

3. Вращением винта 3 совмещают метку на корпусе микроскопа с 0 шкалы механизма 3 точной фокусировки.

4. Наблюдая в окуляр 5 и медленно вращая барашек 4, поднимают тубус до появления в поле окуляра резкого изображения риски на нижней поверхности пластинки.

5. Затем, вращая барашек 3 механизма точной фокусировки и считая при этом число оборотов микрометрического винта, получают резкое изображение риски на верхней поверхности пластинки. Количество оборотов микрометрического винта с учетом цены деления даст величину h , мм:

$$h = (NZ + 0,002 m),$$

где N – число полных оборотов барабана винта; Z – шаг винта, равный $Z = 0,002 \times 50 = 0,1$ (мм); 50 – число делений в одном полном обороте барабана; 0,002 – цена одного деления барабана винта в мм; m – число делений в неполном обороте барабана.

10. По формуле

$$n = \frac{H}{h}$$

вычисляют показатель преломления стекла.

7. Измерение истинной и кажущейся толщины каждой пластинки производят не менее трех раз; определяют среднее и истинное значения показателя преломления стекла. Полученные результаты измерений заносят в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Поясните физический смысл показателя преломления.
3. Опишите порядок выполнения работы.
4. Объясните принцип действия микроскопа.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте основные законы геометрической оптики.
2. Как связаны показатель преломления среды и скорость распространения света в ней?
3. Почему при рассмотрении предмета через плоскую стеклянную пластинку он кажется расположенным ближе?
4. Начертите ход лучей в микроскопе.
5. Выведите формулу для расчета относительной погрешности, пользуясь дифференциальным методом.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 11

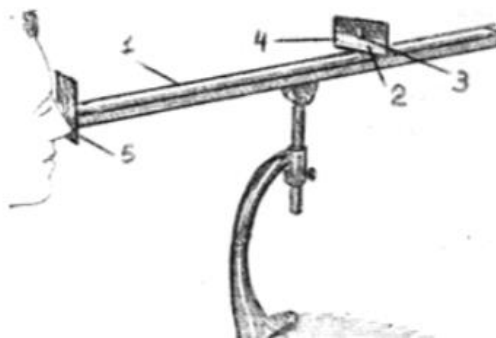
Лабораторная работа № 41

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. По оптической скамье 1 передвигают ползушку 2 с прорезанной в ней щелью 3, устанавливая расстояние R – от щели 3 до решётки 5, заданное преподавателем.
 3. По шкале 4 измеряют расстояния S – от центра щели 3, 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.
 6. Вычисляют длину волн по формуле $\lambda = \frac{S \cdot d}{m \cdot R}$,
- где $d = 0,01$ мм, $m = 1$.
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: отчёт по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 11

Лабораторная работа № 42

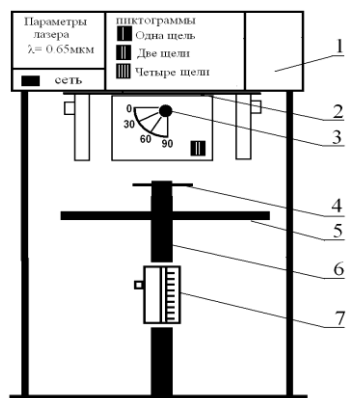
Исследование дифракции Фраунгофера

Цель работы: исследование дифракции света на прозрачной одномерной и прозрачной двумерной дифракционных решетках; определение параметров дифракционных решеток.

Приборы и принадлежности: модульный учебный комплекс МУК – 0.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Задание А. Определение ширины щели



1. Включите лазерный монохроматический источник света ($\lambda = 0,65$ мкм, что соответствует красному видимому свету) – тумблер «Сеть»;

2. Положите лист белой или миллиметровой бумаги на основание оптического блока.

3. Поверните турель 2 и установите нужный исследуемый объект – например, одиночную щель;

4. с помощью ручки 3 установите угол 0° ;

5. на бумаге должна появиться дифракционная картина (ряд чередующихся красных полосок);

6. зарисуйте дифракционную картину;

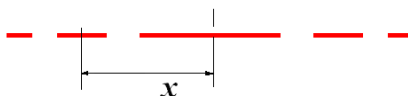
7. по своему рисунку измерьте положение минимума первого

порядка x_1 . Результат запишите в таблицу;

8. поверните ручку 3 на 30° , а затем на 60° , наблюдайте изменения дифракционной картины.

9. по формуле $a = \frac{k \cdot \lambda \cdot L}{x}$ рассчитайте ширину щели a . (Расстояние $L = 465$ мм, $k = 1$ порядок минимума);

10. поверните турель 2, и установите другой исследуемый объект – две щели;



Дифракционная картина от двух щелей при угле 0°

11. установите ручкой 3 угол 0° , 30° , а затем 60° и наблюдайте изменения дифракционной картины;

12. на своём рисунке измерьте координату максимума первого порядка x_k . По формуле $d = \frac{m \cdot \lambda \cdot L}{x}$, найдите d – расстояние между щелями, учитывая, что порядок дифракционного максимума $m = 1$. Результаты занесите в таблицу.

13. Повторите аналогичные опыты для четырёх щелей.

Задание В. Определение постоянной дифракционной решетки

1. Включите лазерный монохроматический источник света – тумблер «Сеть», ($\lambda = 0,65$ мкм, что соответствует красному видимому свету);

2. поверните турель 2 и установите первый объект исследования – одномерную дифракционную решетку;

3. с помощью ручки 3 установите угол поворота решетки 0° ;

4. положите лист белой или миллиметровой бумаги на основание оптического блока; на бумаге должна появиться дифракционная картина (ряд чередующихся красных полосок);

5. зарисуйте дифракционную картину;

6. поверните ручку 3 на 30° , а затем на 60° , наблюдайте изменения дифракционной картины при каждом угле;

7. по своему рисунку измерьте положение максимума первого порядка x . Результаты запишите в таблицу;

8. по формуле $d = \frac{m \cdot \lambda \cdot L}{x}$ определите постоянную дифракционной решетки d . (Расстояние $L = 465$ мм, $m = 1$);

9. поверните турель 2, и установите другой исследуемый объект – двумерную дифракционную решетку;
10. установите ручкой 3 угол 0° и зарисуйте дифракционную картину ;
11. поверните ручку 3 на 30° , а затем на 60° , наблюдайте изменения дифракционной картины при каждом угле.
12. на своём рисунке нанесите координатные оси X , Y. Измерьте расстояния ΔX , ΔY – для главных дифракционных максимумов.

13. По формулам найдите периоды дифракционных решеток:

$$d_1 = F \cdot \frac{m_1 \cdot \lambda}{\Delta X} \quad d_2 = F \cdot \frac{m_2 \cdot \lambda}{\Delta Y} ,$$

здесь $m_1 = m_2 = 1$, фокусное расстояние $F = L = 465$ мм

14. Результаты занесите в таблицу.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Объясните сущность дифракции света.
3. Опишите устройство и назначение одномерной и двумерной дифракционных решеток.
4. Опишите порядок выполнения работы.

Вопросы для защиты работы

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса–Френеля. Объясните с его помощью явление дифракции света.
2. Объясните картину дифракции на одной щели.
3. Получите условия минимумов и максимумов при дифракции на одномерной решетке.
4. Объясните картину дифракции на двумерной решетке.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 11

Лабораторная работа № 43

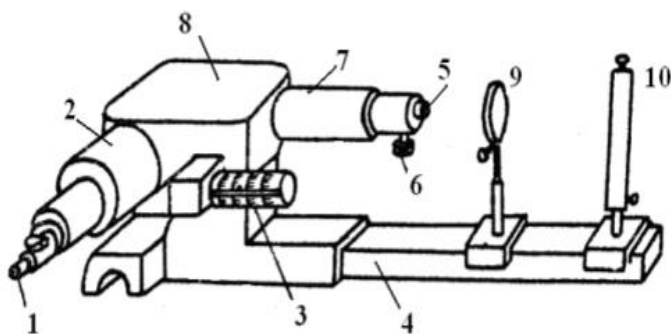
Изучение спектрального аппарата

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 – окуляр; 2 – выходная труба;
 3 – барабан поворота диспергирующей призмы с отсчетными делениями;
 4 – рельс, на котором крепится источник света и конденсор; 5 – входная щель;
 6 – микрометрический винт для регулировки ширины щели; 7 – коллиматор;
 8 – диспергирующая призма;
 9 – конденсор; 10 – источник света.

1. Включают ртутную лампу 10.



2. Поворачивая барабан 3, просматривают через окуляр 1 весь спектр. На рисунке слева 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 шкале барабана 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.

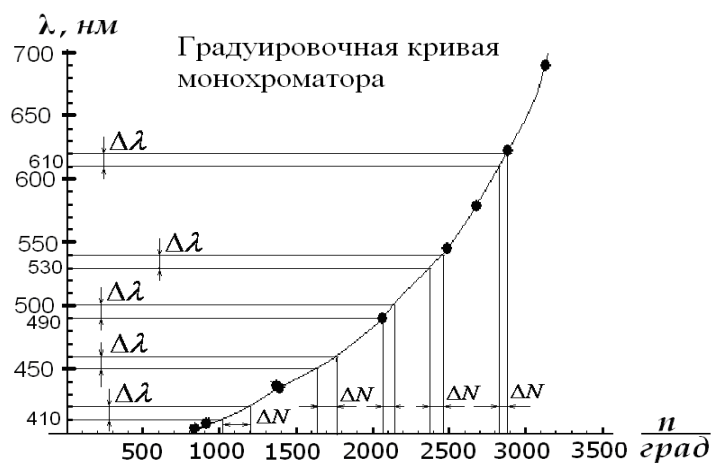
5. Полученные данные заносят в таблицу.

6. Вычисляют среднее значение показаний шкалы барабана для каждой линии.

7. По данным таблицы строят градуировочную кривую монохроматора $N_{\text{бар}} = f_1(\lambda)$. Масштаб следует выбрать так, чтобы диаграмма была достаточно большой и позволяла чётко определить длину волны до 1 нм.

Задание В. Рассчитать линейную дисперсию прибора

3. 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.



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: $1'' = 4.84 \cdot 10^{-6} \text{ рад}$.

3. По формуле

$$D_\varphi = \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda}$$

вычисляют угловую дисперсию монохроматора, заменяя малые интервалы $\delta\varphi$ и $\delta\lambda$ на $\Delta\varphi$ и $\Delta\lambda$.

4. По формуле

$$D_l = f \frac{\delta\varphi}{\delta\lambda} = f \cdot D_\varphi$$

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

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

№ 6, № 11

Лабораторная работа № 44

Изучение явления поляризации света

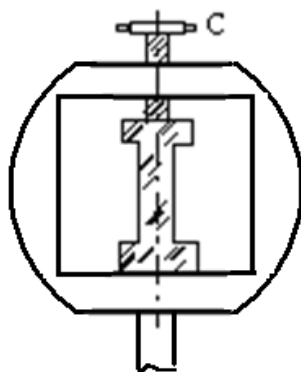
Цель работы: получение и наблюдение картины распределения механических напряжений в прозрачных моделях; проверка закона Малюса.

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

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, и помещают его между поляризатором и анализатором. Наблюдают в окуляр б положение образца. Затем дают нагрузку (деформация сжатия), для чего заворачивают винт С.



4. Рассматривают картину интерференции и зарисовывают изохроматические линии.
5. Такие же действия производят с другими моделями.

Задание В. Проверка закона Малюса

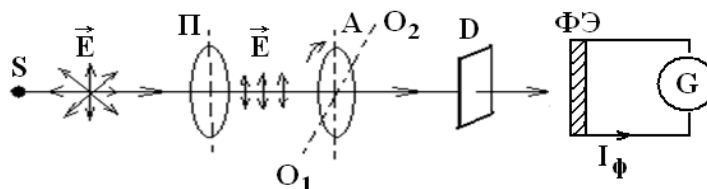
Проверка закона Малюса проводится на установке, оптическая схема которой приведена на рисунке ниже.

1. Включают установку в сеть переменного тока.
2. Снимают крышку с фотоэлемента и помещают его вплотную к окуляру.
4. Устанавливают на лимбе анализатора угол $\alpha = 90^\circ$, что соответствует углу

$$\varphi = \alpha - \frac{\pi}{2} = 0^\circ$$

и максимальному значению фототока.

5. 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; Π – 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 . Поворачивая анализатор, изменяем интенсивность света, падающего на фотоэлемент $\Phi Э$, соединенный с гальванометром. В зави-

симости 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. Дайте определение плоско поляризованной 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

№ 6, № 11

Лабораторная работа № 45

Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков

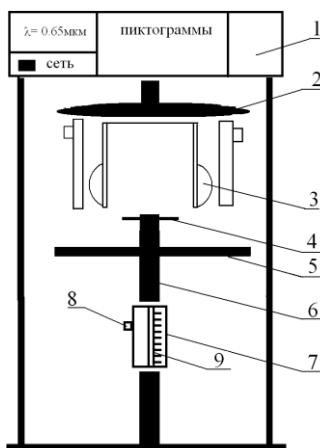
Цель работы: определение угла Брюстера для стекла; вычисление показателя преломления стеклянной пластинки.

Приборы и принадлежности: модульный учебный комплекс МУК – О.

1. Включите лазерный монохроматический источник света – тумблер «Сеть». (Конструктивные особенности лазера таковы, что пучок света на его выходе имеет эллиптическую поляризацию)

2. С помощью ручек 3 поверните турель 2 вправо или влево так, чтобы не было объектов исследования (решеток и щелей).

Для превращения эллиптически поляризованного света в плоско-поляризованный свет установите стрелку поляризатора 5 на 0° . (Теперь после прохождения светом поляризатора плоскость колебаний вектора \vec{E} лежит в плоскости падения луча на стеклянную пластинку).



Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

3. С помощью рукоятки 8 медленно поворачивайте стеклянную пластинку в устройстве 7 и наблюдайте за изменением интенсивности луча лазера на шкале 9.
4. Зафиксируйте угол по шкале 9, при котором интенсивность луча будет минимальна. Это угол Брюстера i_{Br} .
5. Занесите в таблицу значения угла Брюстера и повторите опыт несколько раз.
6. По значению угла Брюстера вычислите показатель преломления стекла, из которого сделана пластинка

$$n = \operatorname{tg} i_{Br}$$

7. Оцените погрешность показателя преломления стекла методом Стьюдента:

$$\Delta \bar{n} = \tau \cdot \sqrt{\frac{(\bar{n} - n_1)^2 + (\bar{n} - n_2)^2 + (\bar{n} - n_3)^2 + \dots}{N(N-1)}},$$

где N – число опытов, τ – коэффициент Стьюдента.

10. Рассчитайте относительную погрешность измерения:

$$E = \frac{\Delta \bar{n}}{\bar{n}} 100\% .$$

Вопросы для допуска к работе

1. Назовите основные части установки и объясните их назначение.
2. Опишите метод измерения угла Брюстера.
3. Поясните схему хода лучей при выполнении закона Брюстера.

Вопросы для защиты работы

1. Естественный и поляризованный свет. Виды поляризованного света.
2. Способы получения поляризованного света.
3. Поляризация при отражении света от диэлектрика. Закон Брюстера. Стопа Столетова.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 11

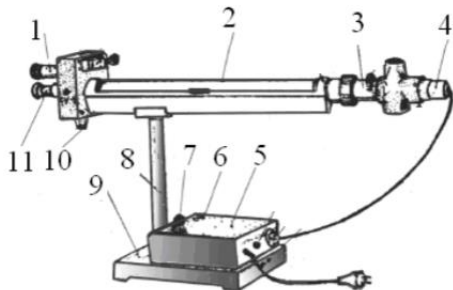
Лабораторная работа № 46

Определение концентрации сахара в растворе по углу вращения плоскости поляризации

Цель работы: градуировка сахариметра, т.е. установление зависимости между делениями шкалы и концентрацией раствора сахара; построение зависимости $N = f(C)$; определение концентрации C_x раствора сахара

Приборы и принадлежности: сахариметр, кювета поляриметрическая, растворы сахара.

Порядок выполнения работы обработка результатов измерений



- 1 – лупа; 2 – кюветное отделение;
- 3 – оправа с поляризатором и полутеневой пластиной;
- 4 – осветительный узел;
- 5 – крышка; 6 – кнопка для включения осветителя;
- 7 – ручка резистора; 8 – стойка; 9 – основание;

- 10 – рукоятка клинового компенсатора;
11 – зрительная труба

1. Включают сахариметр в сеть.
2. Окуляр зрительной трубы 11 устанавливают на максимальную резкость изображения вертикальной линии полей сравнения; лупу 1 устанавливают на максимальную резкость изображения шкалы и нониуса.
3. Рукояткой 10 добиваются, чтобы половины поля зрения были одинаково окрашены и имели минимальную яркость. Если прибор настроен правильно, то нуль нониуса совпадет с нулем шкалы.
4. Между поляризатором и анализатором в кюветное отделение 2 помещают трубку с раствором сахара известной концентрации C_1 . Так как раствор повернул плоскость поляризации луча, фотометрическое равенство половин поля зрения нарушается, и видна четкая граница различно окрашенных полутеней.
5. С помощью компенсатора 10 восстанавливают фотометрическое равенство, т.е. добиваются того, чтобы полутени стали снова неразличимы, и записывают деления шкалы сахариметра N_1 .
6. Зная концентрацию раствора сахара и среднее удельное вращение α , подсчитывают угол поворота плоскости поляризации φ_1 по формуле

$$\varphi = \alpha \cdot d \cdot C,$$

где d – длина поляриметрической кюветы в дм.

7. Заполняют трубку раствором сахара концентрации C_2 . Находят деление шкалы N_2 и угол поворота φ_2 и т.д.
8. Полученные данные заносят в таблицу.
9. По данным таблицы строят зависимость $N = f(C)$, откладывая по оси ординат деления шкалы прибора, а по оси абсцисс – концентрацию раствора C .
10. Помещают между поляризатором и анализатором раствор сахара неизвестной концентрации C_x и вновь производят измерения, записывая деления шкалы N_x в момент исчезновения границ половин поля зрения.
11. По диаграмме $N = f(C)$ определяют концентрацию C_x раствора сахара.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Объясните принцип действия сахариметра. Опишите порядок выполнения работы.
3. Какие вещества называются оптически активными?
4. От чего зависит поворот плоскости поляризации света в оптически активном веществе?

Вопросы для защиты работы

1. Оптическая схема сахариметра.
2. Объясните по Френелю поворот плоскости поляризации.
3. Зависимость удельного вращение от агрегатного состояния вещества.
4. Анализ диаграммы зависимости $N = f(C)$.
5. Практическое использование данного метода и рабочей установки.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 6, № 11

Лабораторная работа № 47

Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка

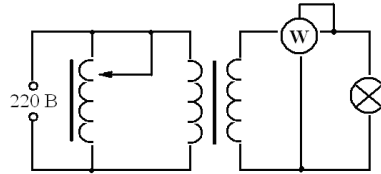
при помощи оптического пирометра

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

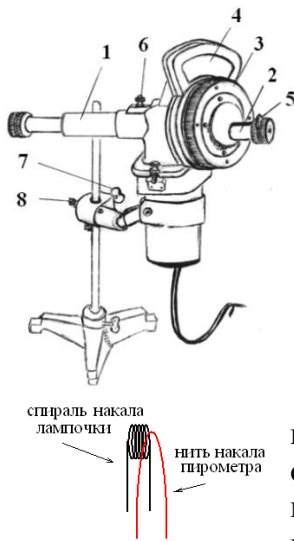
Приборы и принадлежности: пирометр с исчезающей нитью, лампа с вольфрамовой нитью, ваттметр, трансформатор.

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.



- 1 – тубус объектива зрительной трубы пирометра;
- 2 – тубус окуляра зрительной трубы;
- 3 – кольцо реостата пирометра;
- 4 – шкала вольтметра пирометра;
- 5 – красный светофильтр;
- 6 – дымчатый светофильтр;
- 7 – винт вертикального перемещения прибора;
- 8 – винт горизонтального перемещения прибора.

3. Медленно вращая кольцо 3 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 заносят в таблицу результатов 1.

6. По формуле

$$\sigma = \frac{P}{S(T^4 - T_0^4)}$$

вычисляют постоянную Стефана-Больцмана и затем находят ее среднее значение. Здесь P – мощность, определяемая ваттметром; T – температура вольфрамовой нити и T_0 – температуры среды, выраженные в кельвинах.

11. Используя формулу

$$h = \sqrt[3]{\frac{2\pi^5 k^4}{15c^2 \langle \sigma \rangle}}$$

по найденному среднему значению величины $\langle \sigma \rangle$ определяют постоянную Планка h , где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К; $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.

12. Результаты расчетов записывают в таблицу 2.

13. Оценивают погрешность результатов измерений величин как отклонение от табличного значения:

$$\Delta\sigma = |\langle\sigma\rangle - \sigma_{табл}|, \quad \Delta h = |\langle h\rangle - h_{табл}|,$$

где $\sigma_{табл} = 5,67 \cdot 10^{-8} \frac{Вт}{м^2 К^4}$, $h_{табл} = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж/с.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Опишите экспериментальную установку и порядок выполнения работы.
3. Сформулируйте закон Стефана-Больцмана и поясните физический смысл величин, входящих в него.
4. 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.
5. Объясните практическое использование оптического пирометра.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 7, № 11

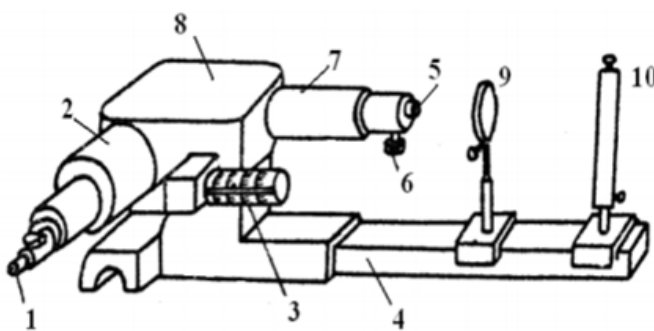
Лабораторная работа № 48

Исследование селективного фотоэффекта

Цель работы: снятие спектральной характеристики селенового фотоэлемента

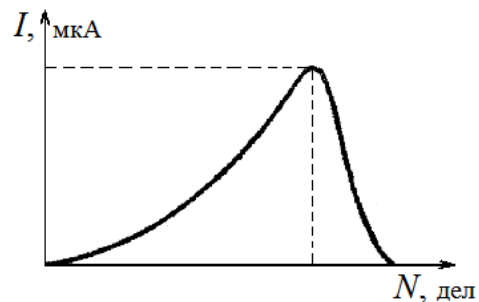
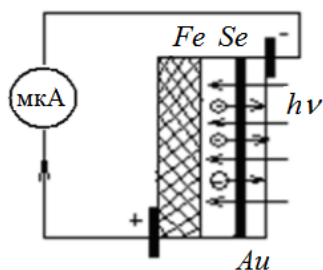
Приборы и принадлежности: монохроматор УМ-2, лампа накаливания, селеновый фотоэлемент, гальванометр, дисперсионная кривая монохроматора УМ-2

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений



- 1 – окуляр; 2 – выходная труба;
 3 – барабан поворота диспергирующей призмы с отсчетными делениями;
 4 – рельс, на котором крепится источник света и конденсор; 5 – входная щель;
 6 – микрометрический винт для регулировки ширины щели; 7 – коллиматор;
 8 – диспергирующая призма;
 9 – конденсор; 10 – источник света.

1. В качестве источника света включают лампу накаливания 10.



2. Устанавливают фотоэлемент вплотную к окуляру 1 выходной щели монохроматора.

3. Устанавливают необходимую ширину щелей монохроматора. Примерная ширина выходной и входной щелей (0,2...0,3) мм.

4. Вращая барабан 3 монохроматора, 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.

6. Используя дисперсионную кривую монохроматора, определяют длину волны, соответствующую максимальному фототоку.

7. Вычерчивают диаграмму зависимости фототока от длины волны света, т.е. полученная кривая $I = f(\lambda)$ или $I = f(N)$ является спектральной характеристикой фотоэлемента.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Поясните явление фотоэффекта. Какой тип фотоэффекта изучается в работе?
3. Дайте определение спектральной чувствительности фотоэлемента.
4. 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

№ 7, № 11

Лабораторная работа № 49

Туннельный эффект. Исследование вольтамперной характеристики туннельного диода

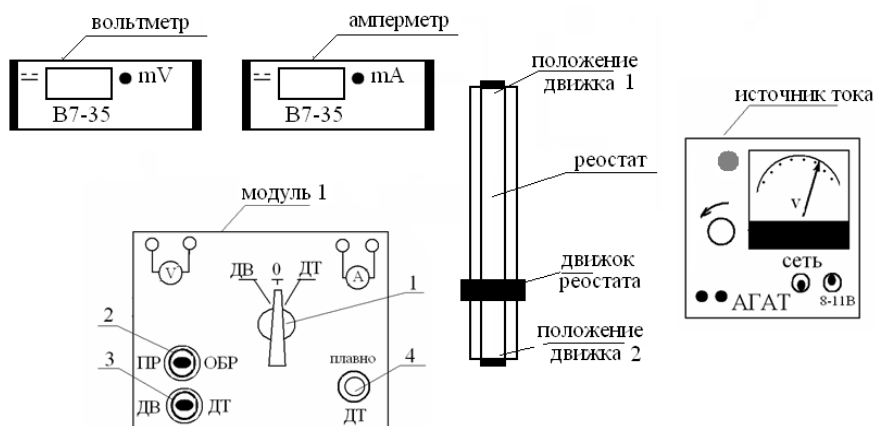
- Цель работы:**
- 1) изучение туннельного эффекта;
 - 2) исследование вольтамперной характеристики туннельного диода;
 - 3) построение энергетической диаграммы $p-n$ – перехода.

Приборы и принадлежности:

установка для измерения вольтамперной характеристики туннельного диода, вольтметр, амперметр.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Снятие вольтамперной характеристики (ВАХ) выпрямительного диода



Принципиальная схема рабочей установки

1. Установить на модуле 1 переключатель 1 в положение диод выпрямительный (ДВ).
2. Переключатель 2 в положение прямое включение (ПР).
3. Включить вольтметр и амперметр (тумблер находится на задней панели приборов).
4. Изменять напряжение на вольтметре в прямом направлении с помощью реостата от 0,25 до 0,5 В с шагом 0,05 В. Данные занести в таблицу 1.
5. Установить обратное включение диода (ОБР) с помощью тумблера 2.
6. Изменять напряжение от 0 до 10 В с шагом 1 В. Данные занести в таблицу 1.
7. Построить вольтамперную характеристику выпрямительного диода при прямом и обратном включении.

Снятие вольтамперной характеристики туннельного диода

1. На модуле 1 переключатель 1 установить в положение 0.
2. Движок реостата перевести в положение 2.
3. На модуле 1 рукоятку 4 плавно установить в крайнее левое положение до упора.
4. Подключить туннельный диод, поставив переключатели 1 и 3 в положение ДТ.
5. Рукояткой 4 плавно изменять напряжение от 10 мВ с шагом 10 мВ пока ток не достигнет максимального значения. Затем напряжение можно изменять с шагом 50 мВ до 1000 мВ. Данные занести в таблицу 2.

Вольтамперная характеристика туннельного диода

6. Построить для туннельного диода график зависимости тока от напряжения.
7. Сравнить полученную зависимость с ВАХ выпрямительного диода.
8. Из ВАХ туннельного диода определить величины U_{\max} , U_{\min} , I_{\max} .
9. По полученным данным оцените положение уровня Ферми относительно зоны проводимости: $E_F - E_c = \frac{|e| \cdot U_{\min}}{2}$, в эВ, где $|e| = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл – заряд электрона.
10. Оцените максимума функции распределения электронов (дырок) $n(E)$, $p(E)$ относительно уровня Ферми:

$$E_F - E_m = \frac{|e| \cdot U_{\max}}{2}, \quad \text{в эВ.}$$

11. Сравните полученное значение $E_F - E_m$ с рассчитанным по формуле

$$E_F - E_m \approx 1,1 \cdot k \cdot T,$$

где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана, T – температура в К. Энергию выразить в эВ. Изобразить энергетическую диаграмму p-n-перехода туннельного диода.

12. Оценить концентрацию носителей заряда в вырожденном полупроводнике, используя выражение:

$$n = \frac{1}{3\pi^2} \left(\frac{2m}{\hbar^2} \right)^{3/2} \cdot (E_F - E_c)^{3/2},$$

эффективную массу электрона m положить равной $m = 0,5 \cdot m_0$ ($m_0 = 9,1 \cdot 10^{-31}$ кг – масса покоя электрона).

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дать определение туннельного эффекта.
3. Какая величина называется вероятностью перехода?
4. Описать порядок снятия вольтамперной характеристики туннельного диода.
5. Описать порядок снятия вольтамперной характеристики выпрямительного диода.
6. Пояснить порядок обработки результатов измерений и построения энергетической диаграммы туннельного диода.

Вопросы для защиты работы

1. Пояснить, используя соотношение Гейзенберга, прохождение микрочастицей потенциального барьера.
2. Пояснить квантовомеханическое толкование туннельного эффекта.
3. Записать формулу коэффициента прозрачности потенциального барьера.

4. Привести примеры явлений, в основе которых лежит туннелирование частиц.
5. Пояснить принцип действия туннельного диода.
6. Дать качественное описание вольтамперной характеристики туннельного диода.
7. Дать анализ полученных результатов.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 7, № 11

Лабораторная работа № 50

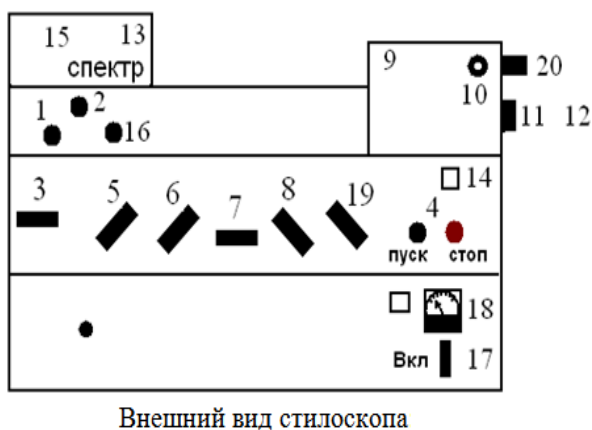
Изучение спектра излучения атомов цинка

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

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

Порядок выполнения работы

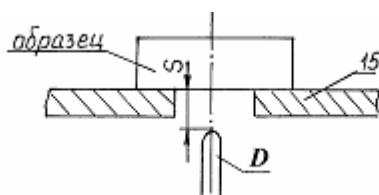
1. Изучить описание стилоскопа «Спектр».



Внешний вид стилоскопа

- 1 – ручка перемещения медного электрода в горизонтальной плоскости; 2 – ручка поворота медного электрода на оси; 3 – переключатель «анод-катод»;
- 4 – кнопки «пуск», «стоп»; 5 – переключатель разряда; 6 – переключатель индуктивности; 7 – переключатель емкости; 8 – переключатель фазы; 9 – корпус стилоскопа с оптикой; 10 – окуляр; 11 – маховичок поворота призмы; 12 – барабан с отсчетной шкалой; 13 – откидная крышка столика для образца и электрода;
- 14 – корпус генератора; 15 – столик для образца; 16 – ручка подъема и опускания медного электрода; 17 – переключатель силы тока; 18 – амперметр; 19 – переключатель количества импульсов; 20 – шкала отсчета положения спектральных линий.

2. Расположить дисковый электрод D относительно поверхности столика 15 в соответствии с рисунком ($S = 2-3$ мм). Расстояние S регулируется вращением ручки 16. На столик 15 поместить образец цинка или цинкосодержащего 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 «Переключ. тока» в положение «5А», переключатели «Катод» и «Анод» – в положение «выкл.», «комбинированный разряд» – в положение II, «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 маховичке 11 установить против обозначения шкалы 20.

5. Исследовать спектр цинка, вращая маховичок 11 и рассматривая линии цинка в окуляр 10 стилоскопа. При этом необходимо учитывать, что *наблюдаемый спектр представляет собой*

наложение двух спектров: спектра меди (от дискового электрода) и спектра цинка. Поэтому при определении искоемых линий триплета цинка следует руководствоваться взаимным расположением линий и градуировочным графиком стилоскопа. Линии триплета следует искать в диапазоне $465 < \lambda < 485$ нм (голубые линии спектра).

6. Установить каждую найденную линию триплета против треугольного выреза визира. Записать числовые отсчеты по шкале 20. По градуировочному графику определить длины волн линий триплета. Данные занести в таблицу результатов.

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 рисунок.

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

№ 7, № 11

Лабораторная работа № 51

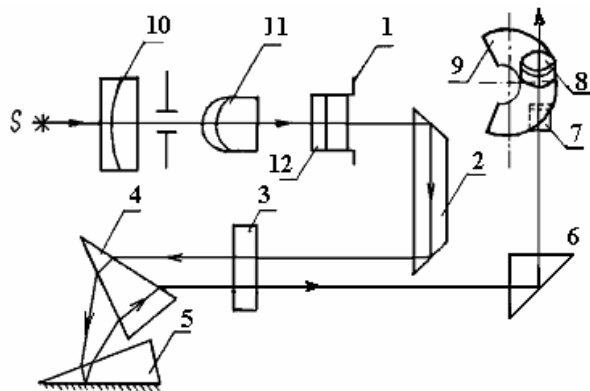
Качественный спектральный анализ

Цель работы: провести качественный анализ образцов латуни.

Приборы и принадлежности: стилоскоп СЛ-12 «Спектр», образцы латуни, эталонные образцы, градуировочный график.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Ознакомиться со стилоскопом (см. описание л.р. № 50), ниже приведена оптическая схема стилоскопа СЛ-12.



- 1 – входная щель стилоскопа;
- 2 – отражательная призма;
- 3 – объектив;
- 4 и 5 – диспергирующие призмы;
- 6 – прямоугольная призма;
- 7 – зеркало;
- 8 – окуляр;
- 9 – фотометрический клин;
- 10, 11, 12 – трехлинзовая система.

2. Расположить дисковый электрод D относительно поверхности столика 1 в соответствии с рисунком ($S = 2-3$ мм). Поместить на столик медный электрод-образец, расположив его над дисковым электродом.

3. Установить переключатели «Переключ. тока» в положение «5А»; переключатели – «Катод», «Анод» – в положение «Выкл»; «Комбинированный разряд» – в положение 2; «Индуктивность» – «0»; «Емкость» – «0»; «Фаза» -60° ; «Количество импульсов» – 1. Включить генератор в сеть 220 В и нажать кнопку «Пуск».

4. Белую точку, нанесенную на маховичке 11, установить против обозначения шкалы 20.

5. Исследовать спектр меди, рассматривая его линии в окуляр стилоскопа. Вращая маховичок 11, качественно ознакомиться со спектром, различая менее интенсивные линии от более интенсивных.

В качестве отправных линий можно выбрать характерные линии в спектре меди. Особенно характерными являются яркие зеленые линии:

$$\lambda = 510,5 \text{ нм}; \lambda = 515,3 \text{ нм}; \lambda = 521,8 \text{ нм} - 522 \text{ нм (дублет)}.$$

6. Наблюдают наиболее интенсивные линии спектра меди: две в желтой части спектра, три – в зеленой, четыре – в синей и четыре – в фиолетовой части спектра. Каждую линию устанавливают против визира окуляра. Записывают их числовые отсчеты по шкале 20. Отключить генератор от сети.

7. Исследовать спектр цинка. Для этого поместить на столик вместо медного образец цинка. Снова зажечь дугу. Наблюдаемый при этом спектр, представляет собой наложение спектра меди и спектра цинка. Поэтому в анализируемом спектре наряду с линиями цинка обязательно будут присутствовать линии меди, отмеченные в пункте 6. Сравнивая наблюдаемый спектр со спектром меди, отметить интенсивные линии цинка. Характерными в спектре цинка являются красная линия с длиной волны

$$636,4 \text{ нм} \text{ и голубые с длинами волн } 481,0 \text{ нм}; 472,2 \text{ нм}; 468,0 \text{ нм}.$$

8. Исследовать спектр латуни. Для этого поместить на столик вместо цинкового электрода латунный. Снова зажечь дугу. Сравнить спектр латуни со спектром меди. В нем обязательно будут присутствовать все интенсивные линии, характерные для спектра меди (постоянный электрод – медный).

В спектре латуни наблюдается наличие четырех интенсивных линий, отсутствующих в спектре меди. Одна имеет красный цвет, другие три – голубой. Записать в протокол соответствующие отсчеты. Отключить генератор от сети. Сравнивая полученный спектр со спектром цинка, убедиться, что появившиеся линии являются линиями цинка, т.е. латунь – это сплав меди с цинком.

9. Обработать результаты измерений, относящиеся к спектру меди. На миллиметровой бумаге построить масштабную линейку спектра меди, где по горизонтали отложить отсчеты по барабану, каждую линию спектра изобразить вертикальной линией.

10. По имеющемуся в лаборатории градуировочному графику определить длины волн, исследованных линий спектра меди. Выписать у линий масштабной линейки (построенной в соответствии с п.9) длину волны в нм.

11. Обработать результаты измерений, относящиеся к спектру цинка. На миллиметровой бумаге построить масштабную линейку спектра цинка, где по горизонтали отложить отсчеты по барабану. Каждую линию спектра изобразить вертикальной линией и написать длину волны.

12. Построить масштабную линейку спектра латуни, на которой отметить исследованные спектральные линии. По градуировочному графику определить длины волн исследованных линий. Сопоставляя линейки спектров, сделать вывод о химическом составе латуни.

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дать определение качественного спектрального анализа.
3. Объяснить устройство стилоскопа СЛ-12.
4. Привести порядок выполнения работы.

Вопросы для защиты работы

1. Пояснить оптическую схему стилоскопа СЛ-12.
2. Назвать виды спектров.
3. Почему каждый элемент имеет свои характерные линии?
4. В чем состоит преимущество спектрального анализа по сравнению с химическим?
5. Дать критические замечания к работе.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 7, № 11

Лабораторная работа № 52

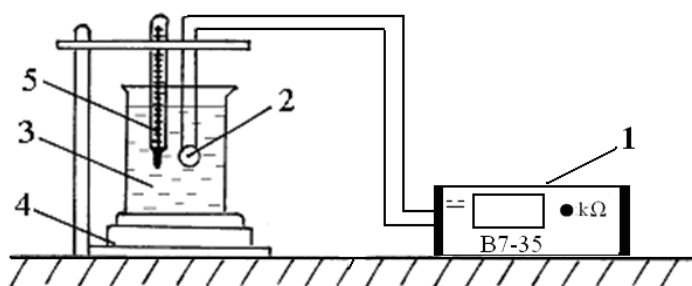
Изучение зависимости сопротивления полупроводника от температуры и определение энергии активации полупроводника

Цель работы: снять зависимость сопротивления полупроводника от температуры и определить энергию активации полупроводника.

Приборы и принадлежности: термостат (колба с водой), полупроводниковое сопротивление, цифровой вольтметр, электрическая плитка.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Блок-схема установки:



- 1 – цифровой вольтметр;
- 2 – полупроводниковое термосопротивление;
- 3 – колба с водой;
- 4 – электроплитка;
- 5 – термометр

1. Опустить в воду исследуемое термосопротивление.
2. Цифровым вольтметром измерить сопротивление полупроводника при комнатной температуре после выравнивания его температуры с температурой воды.
3. Включить нагреватель термостата.
4. Произвести измерение сопротивления полупроводника при температурах от комнатной до 80 °С через каждые 10 °С. Данные занести в таблицу.

5. По окончании измерений отключить нагреватель, вытащить из воды полупроводник вместе с термометром, выключить вольтметр.

6. По полученным данным построить график зависимости $\ln R = f(1/T)$, проведя через экспериментальные точки прямую линию.

7. Выберите на графике зависимости $\ln R = f(1/T)$ любые две точки, которые, как и большинство других экспериментальных точек хорошо лежат на прямой (см. рис. 11). Используя значения координат этих точек: $\ln R_1$ и $\ln R_2$ – по оси y , $\frac{1}{T_1}$ и $\frac{1}{T_2}$ – по оси x , вычислите энергию активации полупроводника по формуле

$$\Delta W_n = 2k \frac{\ln R_1 - \ln R_2}{\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}}$$

в джоулях и в электрон-вольтах ((1 эВ = $1,6 \cdot 10^{-19}$ Дж).

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дайте определение собственного и примесного полупроводника.
3. Объясните устройство рабочей установки и ход эксперимента.

Вопросы для защиты работы

1. Объясните с точки зрения зонной теории деление веществ на диэлектрики, металлы и полупроводники.
2. Поясните механизм собственной и примесной проводимости полупроводника. Объясните рост проводимости полупроводника от температуры.
3. Дайте определение энергии активации носителей заряда в полупроводнике. Выпишите формулы, описывающие концентрацию носителей заряда в собственном и примесном полупроводниках.
4. Проведите анализ полученных результатов.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 7, № 11

Лабораторная работа № 53

Определение концентрации носителей тока в полупроводнике с помощью эффекта Холла

Цель работы: определение постоянной Холла; определение концентрации носителей заряда.

Приборы и принадлежности: установка для изучения эффекта Холла, образец (датчик Холла), источник питания для образца, цифровые вольтметры.

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

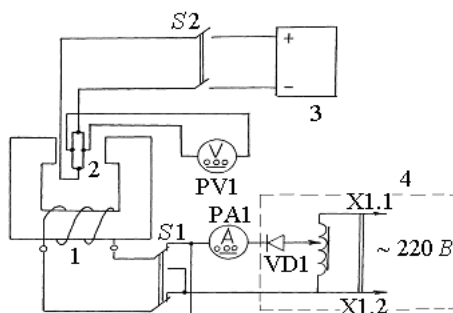


Рис. Блок-схема рабочей установки:

1 – электромагнит; 2 – датчик Холла (образец); 3 – источник тока через образец; 4 – источник питания электромагнита; РА1 – цифровой вольтметр, работающий в режиме измерения тока через электромагнит; S1 – переключатель направления тока через электромагнит; PV1 – цифровой вольтметр для измерения ЭДС Холла; S2 – выключатель питания образца.

1. Включить источник питания электромагнита 4.
2. Включить источник тока 3 через образец. Ток, протекающий через образец $I = 35 \text{ мА}$.
3. Провести измерения холловской разности потенциалов, меняя величину тока I_3 , текущего через электромагнит с шагом примерно $0,02 \text{ А}$ в интервале от $0,02$ до $0,12 \text{ А}$.
4. По формуле

$$U_x = \frac{|U'| + |U''|}{2}$$

рассчитать ЭДС Холла U_x для каждого значения тока электромагнита I_3 .

5. По графику зависимости индукции магнитного поля от тока в обмотке электромагнита, имеющегося на рабочем столе, определить величину индукции магнитного поля B .
6. Определить значение постоянной Холла по формуле

$$R = \frac{U_x \cdot d}{I \cdot B},$$

где $d = 5,0 \cdot 10^{-5} \text{ м}$, $I = 35,0 \cdot 10^{-3} \text{ А}$.

7. Определить среднее значение постоянной Холла.
8. Рассчитать концентрацию носителей тока на основании соотношения

$$n = \frac{1}{\langle R \rangle \cdot e}, \quad \text{где } e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл.}$$

9. Определить относительную погрешность постоянной Холла по формуле, полученной дифференциальным методом:

$$E = \frac{\Delta R}{\langle R \rangle} = \frac{\Delta U_x}{U_x} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta B}{B}.$$

Откуда абсолютная погрешность

$$\Delta R = \langle R \rangle E.$$

Вопросы для допуска к работе

1. Назвать основные части установки и объяснить их назначение.
2. Объяснить, с какой целью в процессе измерений изменяется направление тока, текущего через электромагнит.
3. Пояснить, как в работе определяется величина индукции магнитного поля?
4. Привести порядок выполнения работы.

Вопросы для защиты работы

1. Дайте определение эффекта Холла.
2. Поясните механизм возникновения ЭДС Холла в металлах.
3. Выведите формулу для определения поля Холла и ЭДС Холла в металлах.
4. Объясните, чем отличаются механизмы возникновения ЭДС Холла в металлах и полупроводниках?
5. От каких величин зависит постоянная Холла в полупроводниках?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 7, № 11

Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Цель практических занятий – сформировать у обучающихся умения решать как типовые задачи, так и задачи повышенного уровня сложности основных разделов физики.

Порядок выполнения:

1. Переписать условие задачи 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).
3. Выполнить необходимые поясняющие чертежи с обозначением всех величин.
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.
10. После проверки размерности полученных расчетных формул приводится численное решение задачи.

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 4

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. Выполнить домашнее задание, решив 3 – 4 задачи по пройденной теме.

Практическое занятие № 1

Тема: Кинематика поступательного и вращательного движения.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме кинематика поступательного и вращательного движения.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 1.5, 1.8, 1.16, 1.20, 1.41, 1.46. На дом: [3] 1.7, 1.10, 1.19, 1.42.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Назовите основные характеристики кинематики поступательного движения. Дайте их определения.
2. Напишите кинематические уравнения и поясните их.
3. Дайте определения скорости и ускорения. В чем физический смысл скорости и ускорения?
4. Получите уравнения координат и скоростей при равноускоренном движении.
5. Напишите и дайте определения характеристик для кинематики вращательного движения.
6. Рассмотрите ускорения при криволинейном движении. Выясните смысл тангенциального и нормального ускорений.
7. Получите связь между линейными и угловыми скоростями и ускорениями.

Практическое занятие № 2

Тема: Динамика поступательного и вращательного движения.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме динамика материальной точки и вращательное движение твердых тел.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 2.1, 2.12, 2.21, 2.100, 3.8, 3.14. На дом: [3] 2.5, 2.17; 3.9, 3.12.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте первый закон Ньютона. Дайте понятие инерциальной системы отсчета (ИСО).
2. Что такое инертность тела? Приведите примеры, иллюстрирующие проявления инертности. Какая физическая величина служит мерой инертности тела?
3. Дайте определение силы. Сформулируйте второй закон Ньютона. Какие следствия вытекают из второго закона Ньютона?
4. Сформулируйте третий закон Ньютона. Поясните границы применимости классической механики.
5. Объясните классификацию сил. Сформулируйте закон всемирного тяготения и запишите математически.
6. Что называют силой тяжести, невесомостью? Объясните условия возникновения невесомости.
7. Что называется абсолютно упругим и абсолютно неупругим ударом? Какие типы деформации существуют? Запишите закон Гука для деформации растяжения, сдвига и кручения.
8. Какие виды трения существуют? Опишите их.
9. Запишите приближенную формулу силы трения скольжения. От чего зависит сила трения скольжения?
10. Что называют моментом силы, плечом силы? Запишите формулу момента силы.
11. Что называют моментом импульса? Запишите формулу момента импульса относительно оси вращения.
12. Что называют моментом инерции материальной точки относительно оси вращения? Запишите формулу момента инерции твердого тела относительно оси вращения.
13. Сформулируйте и запишите теорему Штейнера.
14. Запишите основной закон динамики вращательного движения.

Практическое занятие № 3

Тема: Законы сохранения.

Цель занятия: научиться решать задачи с применением законов сохранения импульса, момента импульса, механической энергии; определять работу силы, мощность.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 2.20, 2.42, 2.62, 2.129, 3.19, 3.35, 3.36. На дом: [3] 2.61, 3.20; 3.37.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение импульса и сформулируйте закон сохранения импульса.
2. Выясните понятие энергии и ее смысл.
3. Дайте определение работы и мощности силы. От чего они зависят?
4. Запишите формулу кинетической энергии. Как связана кинетическая энергия с работой силы?
5. Запишите формулу потенциальной энергии тела в поле консервативных сил. Как связана потенциальная энергия тела с работой силы?
6. Сформулируйте закон сохранения механической энергии.
7. Рассмотрите примеры применения законов сохранения импульса и механической энергии.

8. Запишите формулы кинетической энергии для вращательного и плоского движений тела и формулу работы сил при вращательном движении.

Практическое занятие № 4

Тема: Механические колебания (кинематика колебаний).

Цель занятия: научиться решать задачи по теме кинематика механических колебаний.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 12.2, 12.12, 12.16, 12.20, 12.44, 12.49. На дом: [3] 12.1, 12.6; 12.50.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называют механическими колебаниями? Гармоническими колебаниями?
2. Дайте определения амплитуды, частоты, периода и фазы колебаний.
3. Запишите формулы скорости и ускорения материальной точки, совершающей гармонические колебания.
4. Выведите формулы кинетической, потенциальной и полной энергии материальной точки, совершающей гармонические колебания.
5. Запишите уравнения колебаний, полученных при сложении двух однонаправленных гармонических колебаний одинаковой частоты.
6. Запишите уравнение при сложении двух взаимно перпендикулярных гармонических колебаний одинаковой частоты.

Практическое занятие № 5

Тема: Механические колебания (динамика колебаний).

Цель занятия: научиться решать задачи по теме динамика механических колебаний.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 12.24, 12.30, 12.41, 12.54, 12.61, 12.66. На дом: [3] 12.23, 12.59; 12.62.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называют пружинным маятником? Получите формулы периода, частоты колебания и уравнение колебания пружинного маятника.
2. Дайте определение физического маятника и выведите формулу для периода, частоты и приведенной длины маятника.
3. Какой маятник называют математическим? Напишите уравнение гармонических колебаний и формулу частоты колебаний маятника.
4. Как изменится период колебаний при движении математического маятника с ускорением вертикально вверх или вниз?
5. Получите уравнение свободных затухающих механических колебаний, формулы периода и частоты затухающих колебаний.
6. Что называют логарифмическим декрементом затухания?
7. Когда наступает резонанс колебаний и какую роль играет он в технике и природе? Приведите примеры применения резонанса.

Практическое занятие № 6

Тема: Механические волны.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме механические волны.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 12.67, 12.71, 12.74, 12.70, 12.76. На дом: [3] 12.69, 12.72; 12.75.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется волной, механической волной? Какими свойствами должна обладать среда?
2. Что называется продольной и поперечной волной, длиной волны?
3. Напишите уравнения плоской и сферической волн, их дифференциальные уравнения.

4. Запишите формулы для энергии и интенсивности механических волн в упругой среде.
5. Что называется интерференцией механических волн? Запишите выражение для интенсивности результирующей волны, полученной при сложении когерентных волн.
6. Запишите уравнение для стоячей волны и длины волны.

Практическое занятие № 7

Тема: Законы идеального газа.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме законы идеального газа, изучить основы молекулярно-кинетической теории газов, а также рассмотреть элементы статистической физики.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 5.12, 5.15, 5.28, 5.49, 5.99. На дом: [3] 5.21, 5.35, 5.48, 5.98.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте понятие идеального газа.
2. Поясните, почему изучая поведение реальных газов, мы часто пользуемся моделью идеального газа?
3. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа и поясните его.
4. Дайте понятие моля вещества, как рассчитывается количество молей идеального газа, число молекул газа?
5. Сформулируйте законы идеального газа. Приведите графики изотерм, изобар, изохор.
6. Объединив законы Бойля-Мариотта и Гей-Люссака, получите объединенный газовый закон (закон Клапейрона).
7. Сформулируйте закон Авогадро.
8. Сформулируйте закон Дальтона. Дайте определение парциального давления.
9. Запишите и поясните формулы для средней квадратичной, средней арифметической и наиболее вероятной скорости движения молекул идеального газа.
10. Дайте определение эффективного диаметра и длины свободного пробега молекулы идеального газа.

Практическое занятие № 8

Тема: Законы термодинамики.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме законы термодинамики.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 5.152, 5.155, 5.161, 5.180, 5.186, 5.201. На дом: [3] 5.154, 5.157, 5.179, 5.98.

Контрольные вопросы для самопроверки:

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. Запишите и поясните уравнение Пуассона для адиабатического процесса.
5. Дайте определение обратимых и необратимых процессов. При каких условиях процессы будут обратимыми?
6. Сформулируйте второй закон термодинамики и поясните его физический смысл. Чем он дополняет первый закон термодинамики?
7. Как вычисляется изменение энтропии при переходе ее из одного состояния в другое?
8. Сформулируйте второй закон термодинамики, используя понятие энтропии.
9. Статистический смысл энтропии.
10. Поясните принцип действия тепловой машины.
11. В чем сущность неравенства Клаузиуса?

Практическое занятие № 9

Тема: Электрическое поле в вакууме.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме электростатика: рассмотреть взаимодействие заряженных тел, расчет напряженности и потенциала электростатического поля, создаваемого неподвижными зарядами.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 9.22, 9.29, 9.43, 9.57, 9.62. На дом: [3] 9.30, 9.37, 9.58.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте закон сохранения электрического заряда.
2. Запишите и поясните закон Кулона. В каком случае он применим?
3. Дайте определение напряженности электрического поля и запишите формулу расчета напряженности поля, создаваемого точечным зарядом.
4. Что называется потоком вектора \vec{E} ? Запишите и сформулируйте теорему Гаусса для электростатического поля в вакууме.
5. Дайте понятие электрического потенциала, разности потенциалов.
6. Запишите формулу для расчета потенциала электростатического поля, создаваемого точечным зарядом.
7. Запишите формулы связи между напряженностью и потенциалом электростатического поля.
8. Как вычисляется работа электростатических сил и чему равна циркуляция вектора \vec{E} ?

Практическое занятие № 10

Тема: Электрическое поле в веществе.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме электрическое поле в веществе.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 9.22, 9.29, 9.43, 9.57, 9.62. На дом: [3] 9.30, 9.37, 9.58.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Дайте определение электрического диполя. Получите формулы напряженности и потенциала поля, создаваемого электрическим диполем.
2. Что происходит с диполем в электрическом поле?
3. Какие диэлектрики называют неполярными и полярными?
4. Опишите поляризацию диэлектрика. Какие виды и типы поляризации существуют?
5. Определите поле внутри диэлектрика.
6. Что представляет собой вектор индукции \vec{D} электрического поля? Сформулируйте теорему Гаусса для вектора \vec{D} .
7. Опишите свойства сегнетоэлектриков.
8. Опишите поведение проводника в электростатическом поле. Назовите условия равновесия зарядов в проводнике.
9. Что называется емкостью уединенного проводника и конденсатора?
10. Рассчитайте емкость системы конденсаторов при их последовательном и параллельном соединениях.
11. Выведите энергию заряженного проводника и конденсатора, энергию взаимодействия зарядов.
12. Выведите объемную плотность энергии электрического поля и работу поляризации диэлектрика.

Практическое занятие № 11

Тема: Постоянный электрический ток.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме законы постоянного тока.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 10.3, 10.6, 10.15, 10.33, 10.61. На дом: [3] 10.4, 10.11, 10.36.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется электрическим током, силой тока и плотностью тока?
2. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи в интегральной и дифференциальной форме.
3. От чего зависит электрическое сопротивление проводников? Нарисуйте соединение проводников.
4. Поясните физический смысл разности потенциалов, ЭДС и напряжения.
5. Запишите закон Ома для неоднородного участка цепи и замкнутой цепи.
6. Сформулируйте закон Джоуля-Ленца.
7. Сформулируйте правила Кирхгофа и рассмотрите примеры.
8. От чего зависит полезная мощность и КПД источника тока?
9. От каких факторов зависит удельное сопротивление и удельная проводимость?

Практическое занятие № 12

Тема: Магнитное поле в вакууме.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме магнитное поле в вакууме.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 11.2, 11.12, 11.21, 11.35, 11.62. На дом: [3] 11.4, 11.21, 11.54.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется силовой линией магнитного поля? Опишите свойства силовых линий.
2. Сформулируйте закон Био-Савара-Лапласа. Рассчитайте индукцию \vec{B} для бесконечно длинного и конечной длины проводника с током, кругового тока.
3. Рассчитайте \vec{B} для поля катушки, соленоида.
4. Используя закон Ампера, объясните, что параллельные токи притягиваются, а антипараллельные – отталкиваются.
5. Используя силу Лоренца, опишите движение заряженных частиц в магнитном и электрическом полях.
6. Что называется магнитным потоком Φ_B ? Чему равен магнитный поток через замкнутую поверхность? Найдите работу, совершаемую проводником с током в магнитном поле.
7. Сформулируйте закон полного тока и найдите циркуляцию вектора \vec{B} через замкнутый контур и поле тороида.
8. Что называется магнитным моментом тока и что происходит с контуром с током в магнитном поле?

Практическое занятие № 13

Тема: Магнитное поле в веществе.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме магнитное поле в веществе.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 11.91, 11.98, 11.102, 11.111, 11.120. На дом: [3] 11.90, 11.95, 11.110.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Используя теорию Ампера, опишите намагничивание вещества.
2. Что называется намагниченностью вещества \vec{J} ?
3. Чему равна циркуляция вектора \vec{H} ?
4. Напишите связь между магнитной восприимчивостью и проницаемостью. Отчего они зависят?
5. Что называется изотропными и однородными магнетиками?

6. Напишите граничные условия на границе двух магнетиков и уравнения магнитостатики для вещества.
7. Рассчитайте индукцию B поля в зазоре тороида с магнитным сердечником.
8. Опишите виды и свойства магнетиков.
9. Опишите элементарную теорию диа- и парамагнетизма.
10. Что называется гиромагнитным отношением?
11. Опишите элементарную теорию ферромагнетизма.
12. Что называется обменным взаимодействием? При каких условиях ферромагнетик разбивается на магнитные домены?
13. Опишите типы магнитных доменов.
14. Опишите кривую намагничивания ферромагнетиков.
15. Что называется магнитомягкими и магнитотвердыми ферромагнетиками? Где применяются они?
16. Опишите полную энергию потерь при перемагничивании ферромагнетика.

Практическое занятие № 14

Тема: Электромагнитные явления.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме электромагнитные явления.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 11.88, 11.105, 11.112, 11.122, 11.124. На дом: [3] 11.84, 11.97, 11.101.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Опишите опыты Фарадея. Что называется явлением электромагнитной индукции?
2. Сформулируйте закон электромагнитной индукции, правило Ленца.
3. Выведите закон электромагнитной индукции. Перечислите способы изменения магнитного тока.
4. Опишите явление самоиндукции. Каков смысл индуктивности?
5. Вывести зависимость силы тока от времени при замыкании и размыкании электрической цепи.
6. Опишите взаимную индукцию и ее применение.
7. Рассчитайте коэффициенты взаимной индукции. От чего они зависят?
8. Опишите применение токов Фуко.
9. Получите энергию магнитного поля и энергию перемагничивания ферромагнетика (энергию петли гистерезиса).
10. В чем отличия вихревого электрического поля от поля зарядов? Выясните смысл первого уравнения Максвелла.
11. Сформулируйте смысл токов смещения и второго уравнения Максвелла.
12. Напишите полную систему уравнений Максвелла и сформулируйте смысл этих уравнений.

Практические занятия №№ 15-16 (4 часа)

Тема: Электрические колебания.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме электрические колебания.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 14.5, 14.10, 14.14, 14.15. На дом: [3] 14.3, 14.6, 14.8.

[3] № 14.9, 14.13, 14.16, 14.17. На дом: [3] 14.24, 14.26, 14.28.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что называется колебательным контуром?
2. Опишите физическую картину свободных незатухающих электрических колебаний в идеальном колебательном контуре.
3. Выведите формулы силы тока I , напряжения U_c и электрического заряда для незатухающих свободных колебаний.
4. Опишите свободные затухающие колебания.

5. Выведите формулы силы тока, напряжения и электрического заряда для затухающих колебаний.
6. Что называется логарифмическим декрементом затухания и добротностью системы?
7. Выведите формулы силы тока, напряжения и электрического заряда для вынужденных колебаний.
8. Опишите резонанс колебаний силы тока и напряжения.
9. Выведите формулу, связывающую добротность и частоту колебаний.
10. Получите закон Ома для мгновенных значений силы тока и напряжения квазистационарного тока.
11. Выведите мощность переменного тока.
12. Какой смысл имеет коэффициент мощности тока?
13. Что называется эффективными значениями силы тока и напряжения?
14. Как можно увеличить мощность переменного тока при меньшей потере энергии в проводах?

Практическое занятие № 17

Тема: Электромагнитные волны.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме электромагнитные волны.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 14.1, 14.2, 14.4, 14.7. На дом: [3] 14.23, 14.25, 14.27.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Напишите уравнения электромагнитных волн.
2. Опишите опыт Герца по исследованию электромагнитных волн.
3. Выведите энергию, интенсивность электромагнитных волн.
4. Что называется интенсивностью и вектором Пойнтинга электромагнитных волн.
5. Опишите шкалу электромагнитных волн.

Практическое занятие № 18

Тема: Интерференция света.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме интерференция света.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 16.5, 16.12, 16.16, 16.21, 16.28. На дом: [3] 16.6, 16.10, 16.20.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Запишите уравнения двух различных плоских монохроматических электромагнитных волн. Запишите формулы, определяющие волновое число, длину волны и связь между ними.
2. В каком случае плоские монохроматические волны когерентны?
3. Что такое интерференция волн? Что такое оптическая разность хода волн и как она связана с разностью фаз интерферирующих волн?
4. Запишите условия максимумов и минимумов интенсивности света для разности фаз интерферирующих волн в точке наблюдения.
5. Что такое оптическая разность хода когерентных волн и как она связана с их разностью фаз?
6. Какие существуют способы получения когерентных волн в оптике?
7. Изобразите ход лучей при отражении от тонкой пленки (плоскопараллельной стеклянной пластинки) и выведите формулу для оптической разности хода двух интерферирующих лучей, отраженных от верхней и нижней поверхностей пленки (пластинки).
8. Изобразите установку для наблюдения полос равного наклона (кольца Ньютона) и равной толщины (оптический клин) и запишите условия максимума и минимума интенсивности света при интерференции когерентных волн.

Практическое занятие № 19

Тема: Дифракция света.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме дифракция света.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 16.29, 16.36, 16.43, 16.54, 16.57. На дом: [3] 16.31, 16.38, 16.45.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Объясните, в чем заключается явление дифракции света. Назовите условия наблюдения дифракции света.
2. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Что такое зоны Френеля? Как они строятся?
4. При каких условиях наблюдается дифракция Фраунгофера? дифракция Френеля?
5. Поясните дифракцию от одной щели и постройте ход лучей. Каковы условия усиления и ослабления света в этом случае?
6. Дайте определение дифракционной решетки. Что такое период дифракционной решетки?
7. Постройте ход лучей при дифракции от N щелей. Каковы условия усиления и ослабления света в этом случае?
8. Почему при использовании белого света боковые максимумы радужно окрашены, а центральный максимум белый?

Практическое занятие № 20

Тема: Поляризация света.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме поляризация света.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 16.58, 16.60, 16.65, 16.67, 16.68. На дом: [3] 16.59, 16.61, 16.63, 16.64.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Поясните понятия об естественном и поляризованном свете. Что называется плоскостью поляризации света?
2. Виды поляризации. Определение плоско поляризованной волны.
3. Что такое поляризатор? Что такое николь?
4. Что такое плоскость пропускания поляризатора?
5. Какая часть интенсивности естественного света проходит через поляризатор?
6. Сформулируйте и поясните закон Малюса.
7. Что такое частично поляризованный свет? Как определяется степень поляризации?
8. Сформулируйте и поясните закон Брюстера.
9. Какова степень поляризации отраженного от границы двух диэлектриков света, если угол падения равен углу Брюстера для этих двух сред?

Практическое занятие № 21

Тема: Тепловое излучение.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме тепловое излучение.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 18.1, 18.7, 18.11, 18.15, 18.21. На дом: [3] 18.4, 18.38, 18.16.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Какова природа теплового излучения и люминесценции? Какое из этих излучений является равновесным? Объясните.
2. Дайте определение основным спектральным характеристикам теплового излучения.
3. Какое тело называется абсолютно черным? серым?
4. Можно ли Солнце считать абсолютно черным телом?

5. Сформулируйте закон Кирхгофа и поясните физический смысл величин, входящих в него.
6. Сформулируйте законы Стефана-Больцмана и Вина.
7. Какую гипотезу выдвинул М. Планк при выводе формулы для испускательной способности абсолютно черного тела? Каков смысл постоянной Планка?

Практическое занятие № 22

Тема: Квантовая природа света.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме квантовая природа света.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[3] № 19.5, 19.10, 19.17, 19.24, 19.31, 19.40. На дом: [3] 19.7, 19.12, 19.16, 19.38.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Чему равна энергия фотона? импульс фотона?
2. Запишите связь между энергией фотона и его импульсом
3. В чем состоит явление внешнего фотоэффекта? внутреннего фотоэффекта?
4. Сформулируйте законы внешнего фотоэффекта. Какие противоречия были обнаружены при классическом описании фотоэффекта?
5. Запишите формулу Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. Что называется работой выхода и от чего она зависит?
6. При каком условии возникает фотоэффект? Что такое красная граница фотоэффекта?
7. От чего зависит максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов?
8. Что такое задерживающая разность потенциалов и от чего она зависит?
9. В чем состоит эффект Комптона? Каковы особенности этого эффекта?
10. Что называется комптоновской длиной волны?

Практическое занятие № 23

Тема: Элементы квантовой механики.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме элементы квантовой механики.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[4] № 46.1, 46.19, 46.39, 46.71, 47.32. На дом: [4] 46.2, 46.14, 46.78, 47.30.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. В чем заключается основная идея гипотезы де Бройля? Каков физический смысл волн де Бройля?
2. Чем обусловлено появление принципа неопределенностей Гейзенберга в квантовой механике?
3. Запишите уравнение Шредингера для стационарных состояний. Поясните, что определяет волновая функция в уравнении Шредингера?
4. Дайте определение туннельного эффекта.
5. Какая величина называется вероятностью перехода?
6. Поясните, используя соотношение Гейзенберга, прохождение микрочастицей потенциального барьера.
7. Поясните квантовомеханическое толкование туннельного эффекта.
8. Какие квантовые числа задают состояние электронов в атоме? Как они обозначаются?
9. Сформулируйте принцип Паули.
10. Почему пучок атомов лития в опыте Штерна и Герлаха расщепился на две равные части?

Практическое занятие № 24

Тема: Физика атома и атомного ядра.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме физика атома и атомного ядра.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Сформулируйте постулаты Бора.
2. Почему модель атома Бора называется полуклассической?
3. Каким переходам в атоме соответствует спектр излучения атомарного водорода в видимой области?
4. Назовите основные характеристики и состав ядер атома.
5. Что называется энергией связи и дефектом массы ядра?
6. Что такое удельная энергия связи?
7. Какое фундаментальное взаимодействие называется сильным?
8. Назовите свойства ядерных сил.
9. Что называется радиоактивностью? Какие типы радиоактивности существуют?
10. Запишите и поясните закон радиоактивного распада.
11. Что называется периодом полураспада? постоянной распада?
12. Дайте понятие активности радионуклида и единицы измерения активности.
13. Объясните, почему выделяется энергия при делении тяжелых ядер и при синтезе легких ядер?

Практическое занятие № 25

Тема: Физика твердого тела.

Цель занятия: научиться решать задачи по теме физика твердого тела.

Задание: решение задач по теме практического занятия:

[4] № 50.2, 50.8, 50.82, 51.1, 51.23. На дом: [4] 50.4, 50.11, 51.22.

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Что происходит с энергетическими уровнями атомов, когда они объединяются в кристалл?
2. Какие энергетические зоны называются запрещенными? разрешенными?
3. Какая зона называется валентной? зоной проводимости?
4. Чем определяется ширина запрещенных зон?
5. Какие кристаллы являются проводниками с точки зрения зонной теории?
6. В чем различие между диэлектриками и полупроводниками в зонной теории?
7. Чем обусловлена собственная проводимость полупроводников?
8. Какие полупроводники называются полупроводниками n -типа? p -типа?
9. Как образуется электронно-дырочный переход (p - n – переход)?
10. Как изменяется ширина p - n – перехода при приложении внешнего напряжения?
11. Как влияет внешнее напряжение на проводимость p - n – перехода?

9.2. Методические указания для обучающихся по выполнению контрольной работы

В процессе изучения физики в течение трех семестров студент должен выполнить три контрольные работы. В конце каждого семестра обучающиеся выполняют контрольную работу по пройденным разделам физики.

Правила оформления контрольной работы и примеры решения задач

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

Рассмотрим несколько примеров.

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

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

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

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

2) 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:

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

$$N = 100 \text{ витков};$$

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

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

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

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. Использованные 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:

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

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

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 $3,47 \cdot 10^{-4}$.

Примеры вариантов контрольных работ.

Контрольная работа № 1:

Вариант 1.

1. На цилиндр, который может вращаться около горизонтальной оси, намотана нить. К концу нити привязали грузик и предоставили ему возможность опускаться. Двигаясь равноускоренно, грузик

за время $t = 5$ с опустился на $h = 2,5$ м. Определить угловое ускорение ε цилиндра, если его радиус $r = 5$ см.

2. Какую силу надо приложить к вагону, стоящему на рельсах, чтобы вагон начал двигаться равноускоренно и за время $t = 30$ с прошел путь $S = 11$ км? Масса вагона $m = 16$ т. Силой трения пренебречь.
3. Колесо автомашины вращается равноускоренно. Сделав $N = 50$ полных оборотов, оно изменило частоту вращения от $n_1 = 4$ с⁻¹ до $n_2 = 6$ с⁻¹. Определить угловое ускорение ε колеса.
4. При какой температуре средняя квадратичная скорость молекул азота будет равна первой космической скорости ($V_1 = 7900$ м/с)?
5. Найти изменение внутренней энергии ΔU идеального газа при изобарном процессе, если газ получил от нагревателя $Q_1 = 20$ кДж тепловой энергии. Увеличилась или уменьшилась внутренняя энергия. Газ считать: 1) одноатомным; 2) двухатомным; 3) многоатомным.

Вариант 2.

1. Точка движется по окружности радиусом $R = 4$ см. Зависимость пути от времени дается уравнением $s = Ct^3$, где $C = 0,2$ см/с³. Найти нормальное a_n и тангенциальное a_t ускорения в момент времени, когда линейная скорость точки равна $V = 0,5$ м/с.
2. Найти силу тяги, развиваемую мотором автомобиля, движущегося в гору с ускорением $a = 2$ м/с². Уклон горы составляет 1 м на каждые 20 м пути. Масса автомобиля $m = 9,8$ т. Коэффициент трения $\mu = 0,25$.
3. Два груза массами $m_1 = 5$ кг и $m_2 = 10$ кг подвешены на нитях длиной $l = 2$ м так, что соприкасаются между собой. Меньший груз был отклонен на угол $\varphi = 60^\circ$ и выпущен. Определить высоту h , на которую поднимутся оба груза после удара. Удар грузов считать абсолютно неупругим.
4. Сосуд объемом $V_1 = 3$ л, содержащий газ под давлением $p_1 = 200$ кПа соединили с другим пустым сосудом объемом $V_2 = 5$ л. Определить установившееся давление при неизменной температуре.
5. Идеальный газ, совершающий цикл Карно совершил работу $A = 1$ кДж. Температура нагревателя $T_1 = 500$ К, температура холодильника T_2 на 200 К ниже температуры нагревателя. Определить КПД цикла и количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.

Вариант 3.

1. С башни высотой $h = 20$ м горизонтально брошен камень со скоростью $V_x = 10$ м/с. Определить время t полета камня, на каком расстоянии S от основания башни он упадет на землю и скорость V камня в момент падения на землю.
2. На какую высоту h над поверхностью Земли поднимется ракета, пущенная вертикально вверх, если начальная скорость V ракеты равна первой космической скорости?
3. Через блок, имеющий форму диска, перекинут шнур. К концам шнура привязали грузики массой $m_1 = 0,02$ кг и $m_2 = 0,03$ кг. С каким ускорением будут двигаться грузики, если масса блока m равна 0,1 кг? Трение при вращении блока ничтожно мало.
4. На сколько изменится температура газа при адиабатном сжатии 1 кмоль двухатомного газа, если при этом была совершена работа $A = 146$ кДж?
5. Найти максимальное значение КПД идеальной тепловой машины, если в качестве нагревателя используется кипящая при нормальных условиях вода, а в качестве холодильника тающий лед?

Контрольная работа № 2:

Вариант 1.

1. Тонкая нить несет равномерно распределенный по длине заряд ($\tau = 20$ мкКл/м). Вблизи средней части нити на расстоянии $r = 1$ см, малом по сравнению с ее длиной, находится точечный заряд $q = 0,1$ мкКл. Определить силу, действующую на заряд.
2. Аккумуляторная батарея, замкнутая на реостат сопротивлением $R = 20$ Ом, создает в нем ток $I_1 = 1,5$ А. Если сопротивление реостата увеличить в 4 раза, то ток станет равным $I_2 = 0,5$ А. Определить ЭДС и внутреннее сопротивление источника, а также силу тока короткого замыкания.
3. Из проволоки длиной $l = 1$ м сделано кольцо. По кольцу течет ток $I = 10$ А. Найти напряженность H и индукцию B магнитного поля в центре кольца.

4. Рамка площадью $S = 50 \text{ см}^2$, содержащая $N = 100$ витков, равномерно вращается в однородном магнитном поле ($B = 40 \text{ мТл}$). Определить максимальную ЭДС индукции \mathcal{E}_m , если ось вращения лежит в плоскости рамки и перпендикулярна линиям индукции, а рамка вращается с частотой $n = 960 \text{ об/мин}$.
5. Соленоид длиной $l = 15 \text{ м}$ и площадью поперечного сечения $S = 2 \text{ см}^2$ имеет индуктивность $L = 0,3 \text{ мГн}$. При каком токе I объемная плотность энергии магнитного поля внутри соленоида $\omega = 0,8 \text{ мДж/м}^3$?

Вариант 2.

1. Плоский конденсатор с площадью пластин $S = 200 \text{ см}^2$ каждая заряжен до разности потенциалов $U = 2 \text{ кВ}$. Расстояние между пластинами $d = 2 \text{ см}$; диэлектрик – стекло имеет диэлектрическую проницаемость $\varepsilon = 7$. Определить энергию поля конденсатора и плотность энергии поля.
2. Резистор сопротивлением $R = 8 \text{ Ом}$ подключен к двум параллельно соединенным источникам тока с ЭДС $\mathcal{E}_1 = 2,2 \text{ В}$ и $\mathcal{E}_2 = 2,4 \text{ В}$ и внутренними сопротивлениями $r_1 = 0,8 \text{ Ом}$ и $r_2 = 0,2 \text{ Ом}$. Определить силу тока I в этом резисторе и напряжение U на зажимах второго источника тока.
3. Протон влетел в магнитное поле перпендикулярно линиям индукции и описал дугу радиусом $R = 10 \text{ см}$. Определить скорость V протона, если магнитная индукция $B = 1 \text{ Тл}$.
4. Определить силу тока в цепи через $t = 0,01 \text{ с}$ после ее размыкания. Сопротивление цепи $R = 10 \text{ Ом}$ и индуктивность $L = 0,15 \text{ Гн}$. Сила тока до размыкания цепи $I_0 = 10 \text{ А}$.
5. Сколько витков имеет катушка, индуктивность которой $L = 0,5 \text{ мГн}$, если при силе тока $I = 1 \text{ А}$ магнитный поток сквозь катушку $\Phi = 2 \text{ мкВб}$?

Вариант 3.

1. Бесконечная длинная тонкая нить несет равномерно распределенный по длине заряд с линейной плотностью $\tau = 0,1 \text{ мкКл/м}$. Определить разность потенциалов двух точек поля, удаленных от нити на расстояния $r_1 = 3 \text{ см}$ и $r_2 = 5 \text{ см}$.
2. Источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 120 \text{ В}$ и внутренним сопротивлением $r = 1 \text{ Ом}$ включен в цепь. Какую наибольшую мощность может развить источник во внешней части цепи? При каком сопротивлении внешней части цепи это происходит? Чему равен КПД источника в этом случае?
3. По двум длинным параллельным проводам текут в противоположных направлениях токи $I_1 = 10 \text{ А}$ и $I_2 = 15 \text{ А}$. Расстояние между проводами $d = 5 \text{ см}$. Определить напряженность и индукцию магнитного поля в точке, удаленной от первого провода на расстояние $r_1 = 3 \text{ см}$ и от второго – на расстояние $r_2 = 4 \text{ см}$.
4. Перпендикулярно магнитному полю ($B = 1 \text{ Тл}$) возбуждено электрическое поле ($E = 20 \cdot 10^4 \text{ В/м}$). Перпендикулярно полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории, заряженная частица. Определить скорость частицы.
5. Скорость самолета с реактивным двигателем $V = 900 \text{ км/ч}$. Найти ЭДС индукции \mathcal{E}_i , возникающую между концами крыльев, если вертикальная составляющая напряженности магнитного поля Земли в средних широтах составляет примерно $H_B = 40 \text{ А/м}$, размах крыльев самолета $l = 9,5 \text{ м}$.

Контрольная работа № 3:

Вариант 1.

1. В опыте Юнга расстояние d между двумя щелями равно $0,8 \text{ мм}$, длина волны $\lambda = 640 \text{ нм}$. На каком расстоянии l от щелей следует расположить экран, чтобы ширина b интерференционной полосы оказалась равной 2 мм ?
2. На дифракционную решетку, содержащую $n = 100$ штрихов на 1 мм , падает нормально монохроматический свет. Зрительная труба спектрометра наведена на максимум третьего порядка. Чтобы навести трубу на другой максимум того же порядка, ее нужно повернуть на угол $\Delta\varphi = 20^\circ$. Определить длину волны λ света.
3. Во сколько раз ослабляется интенсивность света, проходящего через два николя, плоскости пропускания которых образуют угол $\alpha = 30^\circ$, если в каждом из николей в отдельности теряется 10% интенсивности падающего света?

4. Поток энергии Φ_e , излучаемый из смотрового окошка плавильной печи, равен 34 Вт. Принимая, что печь излучает как абсолютно черное тело, определить температуру T печи, если площадь отверстия $S = 6 \text{ см}^2$.
5. При распаде радиоактивного полония ^{210}Po массой $m = 40 \text{ г}$ в течение времени $t = 10 \text{ ч}$ образовался гелий ^4He , который при нормальных условиях занял объем $V = 8,9 \text{ см}^3$. Определить период полураспада $T_{1/2}$ полония.

Вариант 2.

1. На мыльную пленку ($n = 1,3$), находящуюся в воздухе, падает нормально пучок лучей белого света. При какой наименьшей толщине d пленки отраженный свет с длиной волны $\lambda = 0,55 \text{ мкм}$ окажется максимально усиленным в результате интерференции?
2. На грань кристалла каменной соли падает параллельный пучок рентгеновского излучения ($\lambda = 147 \text{ пм}$). Определить расстояние d между атомными плоскостями кристалла, если дифракционный максимум второго порядка наблюдается, когда излучение падает под углом $\theta = 31^\circ 30'$ к поверхности кристалла.
3. Угол φ поворота плоскости поляризации желтого света натрия при прохождении через трубку с раствором сахара равен 40° . Длина трубки $d = 15 \text{ см}$. Удельное вращение $[\alpha]$ сахара равно $1,17 \cdot 10^{-2} \text{ рад} \cdot \text{м}^3 / (\text{м} \cdot \text{кг})$. Определить плотность ρ раствора.
4. Монохроматическое излучение с длиной волны $\lambda = 550 \text{ нм}$ падает нормально на плоскую зеркальную поверхность и давит на нее с силой $F = 10^{-8} \text{ Н}$. Определить число N_1 фотонов, ежесекундно падающих на эту поверхность.
5. Электрон движется по окружности радиусом $r = 0,5 \text{ см}$ в однородном магнитном поле с индукцией $B = 8 \text{ мТл}$. Определить длину волны де Бройля λ электрона.

Вариант 3.

1. Плосковыпуклая линза выпуклой стороной лежит на стеклянной пластинке. Определить толщину d слоя воздуха там, где в отраженном свете ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$) видно первое светлое кольцо Ньютона.
2. На дифракционную решетку, содержащую $n = 200$ штрихов на 1 мм , падает нормально монохроматический свет ($\lambda = 0,6 \text{ мкм}$). Найти общее число дифракционных максимумов, которые дает эта решетка. Определить угол φ дифракции, соответствующий последнему максимуму.
3. Пучок естественного света, идущий в воде, отражается от грани алмаза, погруженного в воду. При каком угле ϵ_B отраженный свет полностью поляризован?
4. На поверхность лития падает монохроматический свет ($\lambda = 310 \text{ нм}$). Чтобы прекратить эмиссию электронов, нужно приложить задерживающую разность потенциалов U не менее $1,7 \text{ В}$. Определить работу выхода A .
5. Ядро азота $^{14}_7\text{N}$ захватило α -частицу и испустило протон. Определить массовое число A и зарядовое число Z образовавшегося в результате этого процесса ядра. Указать, какому элементу это ядро соответствует.

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**

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ЛР</i>
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 В7-35; полярископ СМ-3; лампа ФЛ 74011; сахариметр RL-2	39 – 53
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 – 27
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	28 – 38
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-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	1. Механика	1.1. Кинематика поступательного и вращательного движения	вопросы к зачету № 1.1 – 1.5
			1.2. Динамика прямолинейного и криволинейного движения	вопросы к зачету № 1.6 – 1.7
			1.3. Деформация тел. Закон Гука. Трение	вопросы к зачету № 1.8 – 1.9
			1.4. Динамика вращательного движения	вопросы к зачету № 1.10–1.12
			1.5. Законы сохранения	вопросы к зачету № 1.13–1.18
			1.6. Механические колебания (кинематика колебаний)	вопросы к зачету № 1.19–1.22
			1.7. Механические колебания (динамика колебаний)	вопросы к зачету № 1.23–1.26
			1.8. Механические волны	вопросы к зачету № 1.27–1.30
			1.9. Механика жидкостей и газов	вопросы к зачету № 1.32–1.33
			1.10. Элементы специальной теории относительности (СТО)	вопросы к зачету № 1.34–1.37
		2. Молекулярная физика и термодинамика	2.1. Термодинамическая система. Модель идеального газа и его уравнение состояния	вопросы к зачету № 2.1–2.5
			2.2. Внутренняя энергия идеального газа. Первое начало термодинамики	вопросы к зачету № 2.6–2.9
			2.3. Второе начало термодинамики. Энтропия	вопросы к зачету № 2.10–2.12
			2.4. Элементы статистической физики	вопросы к зачету

			№ 2.13–2.14
		2.5. Явления переноса в термодинамически неравновесных системах	вопросы к зачету № 2.15–2.18
		2.6. Реальные газы. Уравнение Ван-дер-Ваальса	вопросы к зачету № 2.19
	3. Электромагнетизм	3.1. Электрическое поле в вакууме. Теорема Гаусса	экз. вопросы № 3.1 – 3.3
		3.2. Электрический потенциал. Работа сил электростатического поля	экз. вопросы № 3.4 – 3.6
		3.3. Электрическое поле в веществе: диэлектрики в электрическом поле	экз. вопросы № 3.7 – 3.13
		3.4. Электрическое поле в веществе: проводники в электрическом поле	экз. вопросы № 3.14– 3.17
		3.5. Постоянный электрический ток	экз. вопросы № 3.18– 3.23
		3.6. Классическая электронная теория электропроводности металлов	экз. вопросы № 3.24
		3.7. Электрический ток в жидкостях, газах и плазме	экз. вопросы № 3.25– 3.26
		3.8. Магнитное поле в вакууме	экз. вопросы № 3.27– 3.33
		3.9. Магнитное поле в веществе	экз. вопросы № 3.34– 3.40
		3.10. Электромагнитные явления	экз. вопросы № 3.41– 3.46
		3.11. Электрические колебания и электромагнитные волны	экз. вопросы № 3.47– 3.52
	4. Оптика	4.1. Интерференция света	вопросы к зачету № 4.1 – 4.5
		4.2. Дифракция света. Дифракция Френеля и Фраунгофера	вопросы к зачету № 4.6 – 4.10
		4.3. Поляризация света. Закон Малюса. Закон Брюстера	вопросы к зачету № 4.11– 4.14
		4.4. Взаимодействие света с веществом. Дисперсия света	вопросы к зачету № 4.15– 4.16
		4.5. Тепловое излучение. Законы теплового излучения	вопросы к зачету № 4.17 –4.19
		4.6. Фотоэффект. Виды фотоэффекта. Законы внешнего фотоэффекта	вопросы к зачету № 4.20
		4.7. Энергия и импульс фотона. Эффект Комптона	вопросы к зачету № 4.21 –4.22

		5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	5.1. Ядерная модель атома. Теория Бора водородоподобного атома.	вопросы к зачету № 5.1 – 5.3
			5.2. Элементы квантовой механики	вопросы к зачету № 5.4 – 5.9
			5.3. Физика атомов и молекул	вопросы к зачету № 5.10– 5.13
			5.4. Атомное ядро. Состав и характеристики атомного ядра. Ядерные силы	вопросы к зачету № 5.14– 5.16
			5.5. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада	вопросы к зачету № 5.17– 5.18
			5.6. Взаимодействие частиц и ионизирующего излучения с веществом	вопросы к зачету № 5.19
			5.7. Ядерная энергетика	вопросы к зачету № 5.20– 5.21
			5.8. Термоядерные реакции – основной источник энергии звезд. Космические лучи	вопросы к зачету № 5.22–5.23
			5.9. Элементарные частицы. Стандартная модель	вопросы к зачету № 5.24
			5.10. Элементы физики твердого тела	вопросы к зачету № 5.25– 5.29

2. Вопросы к зачету

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	1.1. Основные характеристики кинематики: материальная точка, система отсчета, траектория, путь и вектор перемещения. Кинематические уравнения 1.2. Скорость и ускорение: средняя и мгновенная скорость, ускорение и его составляющие, среднее и мгновенное ускорение. 1.3. Ускорение при криволинейном движении. Нормальное и тангенциальное ускорения. 1.4. Кинематика вращательного движения. Угловое перемещение, угловая скорость и ускорение. 1.5. Связь между линейными и угло-	1. Механика

		<p>выми скоростями и ускорениями.</p> <p>1.6. Сила. Масса тела. Законы Ньютона.</p> <p>1.7. Классификация сил. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения.</p> <p>1.8. Виды деформации. Упругие силы. Закон Гука. Энергия упругой деформации.</p> <p>1.9. Трение. Виды трения.</p> <p>1.10. Момент силы, момент импульса и момент инерции.</p> <p>1.11. Примеры расчета момента инерции твердого тела. Теорема Штейнера.</p> <p>1.12. Основной закон динамики вращательного движения.</p> <p>1.13. Импульс тела. Закон сохранения импульса.</p> <p>1.14. Энергия. Работа и мощность силы. Кинетическая энергия.</p> <p>1.15. Поле сил. Консервативные и неконсервативные силы. Потенциальная энергия.</p> <p>1.16. Закон сохранения полной энергии в механике.</p> <p>1.17. Закон сохранения момента импульса.</p> <p>1.18. Кинетическая энергия твердого тела при вращательном и плоском движении. Работа при вращательном движении.</p> <p>1.19. Основные характеристики колебаний: частота, фаза, период, амплитуда.</p> <p>1.20. Скорость, ускорение и энергия частицы, совершающей гармонические колебания.</p> <p>1.21. Сложение двух гармонических колебаний одного направления и одинаковой частоты. Биения.</p> <p>1.22. Сложение двух взаимноперпендикулярных гармонических колебаний с одинаковыми частотами. Фигуры Лиссажу.</p> <p>1.23. Динамика колебаний. Пружинный маятник.</p> <p>1.24. Физический и математический маятники.</p> <p>1.25. Свободные затухающие механические колебания.</p> <p>1.26. Вынужденные механические колебания. Резонанс.</p> <p>1.27. Продольные и поперечные волны. Длина волны. Уравнение плоской и сферической бегущих волн.</p> <p>1.28. Фазовая и групповая скорости</p>	
--	--	--	--

			<p>волн. Фазовая скорость распространения волн в различных средах.</p> <p>1.29. Энергия и интенсивность упругих волн.</p> <p>1.30. Интерференция механических волн. Стоячие механические волны.</p> <p>1.31. Звуковые волны. Эффект Доплера</p> <p>1.32. Гидростатика жидкостей. Давление в жидкости. Закон Паскаля. Закон Архимеда.</p> <p>1.33. Динамика идеальной жидкости. Уравнение Бернулли. Следствия уравнения Бернулли и его применение.</p> <p>1.34. Принцип относительности и преобразования Галилея. Следствия преобразования Галилея.</p> <p>1.35. Принцип относительности Эйнштейна. Преобразования Лоренца.</p> <p>1.36. Пространство и время в СТО. Релятивистская динамика.</p> <p>1.37. Понятие общей теории относительности (ОТО).</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.</p> <p>2.3. Средняя кинетическая энергия молекул идеального газа. Молекулярно-кинетический смысл температуры.</p> <p>2.4. Газовые законы при изопроцессах.</p> <p>2.5. Число степеней свободы. Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул.</p> <p>2.6. Внутренняя энергия идеального газа. Количество теплоты. Первое начало термодинамики.</p> <p>2.7. Применение первого начала термодинамики к изопроцессам. Работа газа при изопроцессах.</p> <p>2.8. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. Работа при адиабатном процессе.</p> <p>2.9. Теплоемкость вещества и идеального газа.</p> <p>2.10. Обратимые и необратимые процессы. Круговой процесс (цикл). Принцип действия тепловых и холодильных машин. Коэффициент полезного действия (КПД).</p> <p>2.11. Цикл Карно и его КПД. Второе начало термодинамики.</p> <p>2.12. Энтропия, ее статистическое толкование и связь с термодинамической вероятностью.</p>	<p>2. Молекулярная физика и термодинамика</p>

			<p>2.13. Закон Максвелла о распределении молекул идеального газа по скоростям и энергиям теплового движения.</p> <p>2.14. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.</p> <p>2.15. Явления переноса: диффузия, теплопроводность, внутреннее трение.</p> <p>2.16. Число столкновений и средняя длина свободного пробега молекул.</p> <p>2.17. Теплопроводность и диффузия газа и жидкости. Закон Фика. Закон Фурье.</p> <p>2.18. Вязкость (внутреннее трение) газа и жидкости. Коэффициент вязкости.</p> <p>2.19. Реальные газы. Изотермы реального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.</p>	
			<p>4.1. Световая волна. Уравнение плоской волны. Фазовая скорость электромагнитных волн в веществе.</p> <p>4.2. Интерференция световых волн. Понятие когерентности. Разность фаз и оптическая разность хода.</p> <p>4.3. Способы наблюдения интерференции света: опыт Юнга, зеркала Френеля, бипризма Френеля и др.</p> <p>4.4. Интерференция света при отражении от тонких пластинок (пленок).</p> <p>4.5. Применение интерференции: просветление оптики, интерферометр Майкельсона.</p> <p>4.6. Явление дифракции света. Принцип Гюйгенса-Френеля. Зоны Френеля.</p> <p>4.7. Дифракция света от круглого отверстия и диска.</p> <p>4.8. Дифракция Фраунгофера: дифракция света на одной щели, на N-щелях. Дифракционная решетка.</p> <p>4.9. Дисперсия и разрешающая сила спектрального прибора. Угловая и линейная дисперсия.</p> <p>4.10. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Вульфа-Брэггов. Применение дифракции света.</p> <p>4.11. Естественный и поляризованный свет. Закон Малюса.</p> <p>4.12. Поляризация света при отражении и преломлении. Закон Брюстера.</p> <p>4.13. Двойное лучепреломление. Поляризационные приборы.</p> <p>4.14. Вращение плоскости поляризации в оптически активных средах.</p> <p>4.15. Дисперсия света. Нормальная и аномальная дисперсия. Основные положения электронной теории дисперсии света.</p>	<p>4. Оптика</p>

			<p>4.16. Поглощение (абсорбция) света. Коэффициент поглощения. Закон Бугера.</p> <p>4.17. Тепловое излучение и его основные характеристики. Понятие абсолютно черного тела.</p> <p>4.18. Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана, Вина и Релея-Джинса.</p> <p>4.19. Квантовая природа излучения. Формула Планка. Объяснение законов теплового излучения.</p> <p>4.20. Законы внешнего фотоэффекта. Уравнение Эйнштейна. Красная граница фотоэффекта.</p> <p>4.21. Энергия и импульс фотона. Давление света.</p> <p>4.22. Эффект Комптона и его элементарная теория.</p>	
			<p>5.1. Закономерности в атомных спектрах. Формула Бальмера.</p> <p>5.2. Ядерная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора.</p> <p>5.3. Теория Бора водородоподобного атома. Недостатки теории Бора.</p> <p>5.4. Гипотеза де Бройля. Дифракция электронов на кристаллах.</p> <p>5.5. Необычные свойства микрочастиц. Корпускулярно-волновой дуализм.</p> <p>5.6. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Смысл Ψ-функции.</p> <p>5.7. Квантование энергии. Полная энергия частицы.</p> <p>5.8. Квантование момента импульса частицы.</p> <p>5.9. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.</p> <p>5.10. Атом водорода в квантовой механике. Квантовые числа. Понятие кратности вырождения энергетических уровней.</p> <p>5.11. Правило отбора и принцип минимума энергии. Принцип Паули. Распределение электронов по энергетическим уровням атома.</p> <p>5.12. Молекулы: химические связи, понятие об энергетических уровнях. Молекулярные спектры.</p> <p>5.13. Спонтанное и вынужденное излучение. Лазеры.</p> <p>5.14. Основные свойства и строение атомных ядер.</p> <p>5.15. Энергия связи ядер, дефект массы.</p>	<p>5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц</p>

			<p>5.16. Ядерные силы и их свойства.</p> <p>5.17. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада</p> <p>5.18. Правила радиоактивного смещения, α-, β-распад, γ-излучение.</p> <p>5.19. Взаимодействие заряженных частиц и ионизирующего излучения с веществом.</p> <p>5.20. Типы ядерных реакций. Деление ядер. Цепная реакция.</p> <p>5.21. Ядерный реактор. Атомная электростанция.</p> <p>5.22. Термоядерный синтез. Проблемы и перспективы управления термоядерного синтеза.</p> <p>5.23. Космические лучи. Типы космических лучей.</p> <p>5.24. Классификация элементарных частиц. Характеристики частиц. Античастицы. Кварки. Кванты фундаментальных взаимодействий. Стандартная модель.</p> <p>5.25. Теплоемкость кристаллов. Теория Эйнштейна. Теория Дебая. Фононы.</p> <p>5.26. Квантовая теория свободных электронов в металле. Электронный газ.</p> <p>5.27. Энергетические зоны в кристаллах. Металлы, диэлектрики и полупроводники в зонной теории твердых тел.</p> <p>5.28. Собственная и примесная проводимость полупроводников.</p> <p>5.29. Контактные и термоэлектрические явления. Полупроводниковые диоды и триоды.</p>	
--	--	--	--	--

Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-2	способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач	<p>3.1. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.</p> <p>3.2. Электрическое поле. Напряженность и силовые линии электрического поля.</p> <p>3.3. Поток вектора напряженности E электростатического поля. Теорема Гаусса и ее применение для расчета напряженности поля.</p>	3. Электромагнетизм

			<p>3.4. Электрический потенциал и разность потенциалов. Потенциал поля точечного заряда.</p> <p>3.5. Связь между напряженностью E и потенциалом φ электрического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.</p> <p>3.6. Работа электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.</p> <p>3.7. Электрический диполь. Напряженность E и потенциал φ электрического диполя.</p> <p>3.8. Полярные и неполярные диэлектрики. Вектор поляризованности P. Виды поляризации.</p> <p>3.9. Объемные и поверхностные связанные заряды. Поле внутри диэлектрика.</p> <p>3.10. Вектор электрической индукции D. Теорема Гаусса для вектора D.</p> <p>3.11. Граничные условия на границе двух диэлектриков. Полная система уравнений электростатики в интегральной форме.</p> <p>3.12. Применение теоремы Гаусса для расчета напряженности, потенциала и разности потенциалов электростатического поля в изотропных однородных диэлектриках.</p> <p>3.13. Сегнетоэлектрики и их свойства. Пьезоэффект.</p> <p>3.14. Проводники в электрическом поле. Равновесие зарядов на проводнике.</p> <p>3.15. Емкость проводников и конденсаторов. Соединение конденсаторов.</p> <p>3.16. Энергия заряженных проводников и конденсаторов. Энергия взаимодействия системы точечных зарядов.</p> <p>3.17. Энергия электрического поля. Работа поля при поляризации диэлектрика.</p> <p>3.18. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Сила и плотность тока.</p> <p>3.19. Закон Ома для однородного участка цепи. Электрическое сопротивление. Соединение проводников.</p> <p>3.20. Разность потенциалов, электродвижущая сила (ЭДС) и напряжение.</p> <p>3.21. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи.</p> <p>3.22. Правила Кирхгофа для разветв-</p>	
--	--	--	---	--

		<p>ленных электрических цепей.</p> <p>3.23. Работа силы тока. Мощность тока. КПД источника тока. Закон Джоуля-Ленца.</p> <p>3.24. Природа носителей тока в металлах. Классическая теория электропроводности металлов.</p> <p>3.25. Электрический ток в жидкостях. Законы Фарадея для электролиза. Закон Ома для электролитов.</p> <p>3.26. Электрический ток в газах. Ионизация газов. Виды газовых разрядов. Закон Ома для газов.</p> <p>3.27. Магнитное поле токов. Вектор магнитной индукции.</p> <p>3.28. Закон Био-Савара-Лапласа. Расчет индукции \mathbf{B} магнитных полей, создаваемых токами различной конфигурации.</p> <p>3.29. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в магнитных и электрических полях.</p> <p>3.30. Эффект Холла. Циклотрон. Магнетрон.</p> <p>3.31. Магнитный поток Φ_B. Работа проводника с током в однородном магнитном поле.</p> <p>3.32. Циркуляция вектора магнитной индукции \mathbf{B} (закон полного тока). Поле тороида.</p> <p>3.33. Магнитный момент тока. Контур с током в магнитном поле.</p> <p>3.34. Намагничивание вещества. Элементарная теория Ампера намагничивания вещества. Вектор намагниченности \mathbf{J}.</p> <p>3.35. Напряженность \mathbf{H} магнитного поля. Циркуляция вектора \mathbf{H} (закон полного тока). Магнитная проницаемость.</p> <p>3.36. Вычисление поля в магнетиках.</p> <p>3.37. Уравнения магнитостатики для вещества.</p> <p>3.38. Виды магнетиков и их свойства.</p> <p>3.39. Элементарная теория диа- и парамагнетизма. Гиромагнитное отношение.</p> <p>3.40. Элементарная теория ферромагнетизма. Применение магнитных материалов.</p> <p>3.41. опыты Фарадея. Явление электромагнитной индукции.</p> <p>3.42. Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея-Максвелла). Правило Ленца. Вывод закона Фарадея-Максвелла.</p>	
--	--	--	--

			<p>3.43. Явление самоиндукции. Индуктивность.</p> <p>3.44. Токи при замыкании и размыкании электрической цепи.</p> <p>3.45. Взаимная индукция. Трансформаторы. Токи Фуко.</p> <p>3.46. Энергия магнитного поля. Энергия перемагничивания ферромагнетика.</p> <p>3.47. Вихревое электрическое поле. Токи смещения. Уравнения Максвелла в интегральной форме и их физический смысл.</p> <p>3.48. Свободные незатухающие электрические колебания в колебательном контуре.</p> <p>3.49. Свободные затухающие электрические колебания. Добротность системы.</p> <p>3.50. Вынужденные электрические колебания. Резонанс колебаний.</p> <p>3.51. Переменный электрический ток. Закон Ома. Мощность переменного тока.</p> <p>3.52. Опыты Герца. Уравнения электромагнитных волн и их свойства. Шкала электромагнитных волн.</p>	
--	--	--	---	--

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>знать: ОПК-2 – основные физические явления и основные законы физики, границы их применимости; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл и единицы их измерения; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</p> <p>уметь: ОПК-2 – выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности;</p> <p>владеть: ОПК-2 – методами математического описания физических явлений и процессов, опреде-</p>	отлично	<p>обучающийся</p> <p>1) знает основные физические явления и основные законы физики, границы их применимости; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл и единицы их измерения; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</p> <p>2) умеет выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности;</p> <p>3) владеет методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств.</p>
	хорошо	<p>обучающийся</p> <p>1) в целом знает основные физические явления и основные законы физики, границы их применимости; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл и единицы их измерения; фундаментальные понятия, законы и</p>

<p>ляющих принципы работы различных технических устройств.</p>		<p>теории классической и современной физики, но обучающийся допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p> <p>2) умеет выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности;</p> <p>3) владеет методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств.</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.</p> <p>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 явления и основные законы физики, границы их применимости; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл и единицы их измерения; фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</p> <p>2) не умеет выделять конкретное физическое содержание в прикладных задачах будущей деятельности;</p> <p>3) не владеет методами математического описания физических явлений и процессов, определяющих принципы работы различных технических устройств.</p>

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 физики предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы;
- практические занятия;
- 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 «Электromагнетизм» 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 формировании современного физического мышления у обучающихся; создания основ теоре-

тической 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

Формирование научных знаний о фундаментальных физических закономерностях, приобретение теоретической и практической подготовки, позволяющей ориентироваться в потоке научно-технической информации, использование физических принципов в своей дальнейшей профессиональной деятельности.

Задача дисциплины физики состоит в

- 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.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебной работы, включая самостоятельную работу: лекции – 69 час, лабораторные работы – 87 час, практические занятия 52 часа, самостоятельная работа – 116 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 360 часа, 10 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-2: способность применять соответствующий физико-математический аппарат, методы анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования при решении профессиональных задач.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен, зачет

*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.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.03.02 Электроэнергетика и электротехника от «03» сентября 2015 г. № 955

для набора 2015 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» ноября 2015 г. № 701, для заочной формы обучения от «12» ноября 2015 г. № 701.

Программу составил:

Махро И.Г., к.ф.-м.н., доцент _____

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

И. о. заведующего кафедрой математики и физики _____ Медведева О.И.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ЭиЭ _____ Булатов Ю.Н.

Директор библиотеки _____ Сотник Т.Ф.

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

Председатель методической комиссии ЕН факультета _____ Варданян М.А.

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Нежевец Г.П.

Регистрационный № _____