

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**Кафедра математики и физики**

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ Е.И.Луковникова

«\_\_\_\_\_» декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИКА И ЕСТЕСТВОЗНАНИЕ**

**Б1.Б.10**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**27.03.05 Инноватика**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Управление инновациями**

Программа прикладного бакалавриата

## СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ

<b>1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	5
4.3 Лабораторные работы.....	27
4.4 Практические занятия.....	29
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект (курсовая работа), контрольная работа, РГР, реферат.....	29
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>31</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>32</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>32</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>33</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>34</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ и практических работ .....	34
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы.....	89
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>91</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>91</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>93</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>101</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>102</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>103</b>

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

## Вид деятельности выпускника

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

## Цель дисциплины

Создание базы для изучения общепрофессиональных и специальных дисциплин формирования целостного представления о физических законах окружающего мира в их единстве и взаимосвязи, знакомство с научными методами познания, формирование у студентов подлинно научного мировоззрения, применение положений фундаментальной физики при создании и реализации новых технологий в области инноватики.

## Задачи дисциплины

Задача дисциплины физики и естествознания состоит в формировании у обучающихся способностей использовать основные законы и фундаментальные понятия в профессиональной деятельности, уметь применять полученные знания при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности, владеть современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-7	способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.	<b>знать:</b> - фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики в области механики, термодинамики, электричества, магнетизма и атомной физики, историю и тенденцию развития естествознания; <b>уметь:</b> – применять физические законы для решения задач инновационной деятельности; <b>владеть:</b> - навыками практического применения законов физики.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.10 физика и естествознание относится к базовому дисциплине.

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

Основываясь на изучении дисциплин, физика и естествознание представляет основу для изучения дисциплин: химия и материаловедение, теория и системы управления, промышленные технологии и инновации.

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
<b>Очная</b>	1	1, 2	216	102	34	34	34	78	1к2к	зачет, экзамен
<b>Заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Заочная (ускоренное обучение)</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Очно-заочная</b>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

#### 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
1	2	3	4	5
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	102	22	51	51
Лекции (Лк)	34	4	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	34	10	17	17
Практические занятия (ПЗ)	34	8	17	17
Контрольная работа	+	-	+	+
Индивидуальные консультации	+	-	+	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	78	-	39	39
Подготовка к лабораторным работам	30	-	15	15
Подготовка к практическим занятиям	10	-	5	5
Подготовка к экзамену в течение семестра	9	-	-	9
Подготовка к зачету	9	-	9	-
Выполнение контрольной работы	20	-	10	10
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	36	-	-	36
<b>зачет</b>	+	-	+	-
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>час.</b> <b>зач. ед.</b>	<b>216</b> <b>6</b>	<b>90</b> <b>2,5</b>	<b>126</b> <b>3,5</b>

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самостоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	лабора- торные работы	практи- ческие занятия	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1.</b>	<b>Механика</b>	<b>50</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>20</b>
1.1.	Кинематика поступательного движения.	10	2	2	2	4
1.2.	Кинематика вращательного движения	10	2	2	2	4
1.3.	Динамика поступательного движения	20	4	4	4	8
1.4.	Динамика вращательного движения.	10	2	2	2	4
<b>2.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>40</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>19</b>
2.1.	Молекулярно-кинетическая теория	20	3	4	4	10
2.2.	Явления переноса	5	2	-	-	2
2.3.	Законы термодинамики	15	2	3	3	7
<b>3.</b>	<b>Электродинамика</b>	<b>60</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>30</b>
3.1.	Электростатика	20	2	2	2	7
3.2.	Электрический ток.	10	2	2	2	7
3.3.	Магнитное поле	10	2	2	2	7
3.4.	Электромагнитные явления	20	4	4	4	9
<b>4.</b>	<b>Концепции строения и копускулярно-волновой дуализм материи</b>	<b>30</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
4.1.	Геометрическая оптика	5	1	2	1	1
4.2.	Волновая оптика	13	2	5	2	4
4.3.	Квантовая физика	12	4	-	4	4
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>34</b>	<b>78</b>

### 4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

#### Раздел 1. Механика

#### Тема 1.1. Кинематика поступательного движения

#### Лекция (2 часа)

Механическое движение состоит в изменении взаимного расположения тел или их частей относительно друг друга в пространстве с течением времени. Движение и покой относительны. Совокупность системы координат и часов, связанных с телом отсчёта, называют пространственно-временной системой отсчёта (СО).

Материальной точкой называют тело, обладающее массой, размерами и формой которого можно пренебречь. Материальная точка – абстракция, использование которой упрощает решение ряда практических задач.

Непрерывная линия, которую описывает движущаяся материальная точка в пространстве называется траекторией.

По виду траектории делятся на прямолинейные и криволинейные.

В декартовой системе отсчёта OXYZ положение материальной точки M в некоторый момент времени определяется тремя координатами  $x, y, z$  или радиусом-вектором  $\vec{r}$ , проведенным из начала системы отсчёта к положению материальной точки в пространстве.

Кинематические уравнения движения материальной точки в скалярной форме соответственно имеют вид:

$$\begin{aligned}x &= x(t), \\ \vec{r} = \vec{r}(t) \text{ или } y &= y(t), \\ z &= z(t).\end{aligned}$$

Вектор  $\Delta\vec{r}$ , проведенный из начального положения движущейся материальной точки в конечное положение, называется **перемещением**.

**Скорость** – векторная величина, равная перемещению материальной точки за единицу времени. Средняя за промежуток времени  $\Delta t$  скорость равна  $\langle \vec{v} \rangle = \frac{\Delta\vec{r}}{\Delta t}$ .

Направление вектора скорости совпадает с направлением перемещения.

**Мгновенная скорость**, равна первой производной радиуса вектора по времени .

$$\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$$

Модуль вектора скорости равен первой производной пути по времени.  $v = \frac{dS}{dt}$ .

Вектор скорости точки и модуль скорости равны соответственно:

$$\vec{v} = v_x \vec{i} + v_y \vec{j} + v_z \vec{k}, \quad v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}.$$

Ускорение – векторная физическая величина, равная изменению вектора скорости за единицу времени.

Нормальное, тангенциальное и полное ускорение при криволинейном движении.

Так как при неравномерном криволинейном движении скорость материальной точки изменилась и по модулю и по направлению, то ускорение разложим на две составляющие:

- 1) тангенциальное ускорение, характеризует быстроту изменения скорости по модулю.
- 2) центростремительное (нормальное) ускорение- характеризует быстроту изменения скорости по направлению.

Численная величина касательного ускорения равна изменению модуля скорости за единицу времени

$$\text{Модуль нормального ускорения } a_n = \frac{v^2}{R}$$

Тангенциальное ускорение направлено, как и скорость, по касательной к траектории. В случае ускоренного движения векторы и направлены в одну сторону, при замедленном движении они противоположны.

$$\text{Полное ускорение: } \vec{a} = \vec{a}_\tau + \vec{a}_n$$

## Тема 1.2. Кинематика вращательного движения

### Лекция (2 часа)

Угловая скорость и угловое ускорение: при вращательном движении все точки тела описывают окружности, Быстроту вращения характеризует угловая скорость  $\vec{\omega}$

**Угловой скоростью** называется производная от угла поворота по времени. Вектор угловой скорости направлен вдоль оси вращения по правилу правого винта. Быстрота изменения угловой скорости характеризуется угловым ускорением  $\vec{\varepsilon}$ . **Угловым ускорением** называется производная от угловой скорости по времени.

При ускоренном движении эти вектора сонаправлены ( $\vec{\varepsilon} \uparrow \vec{\omega}$ ), при замедленном - противоположны ( $\vec{\varepsilon} \downarrow \vec{\omega}$ ). Угловое ускорение измеряется в рад/с<sup>2</sup>.

Уравнения для равнопеременного вращательного движения:

$$\omega = \omega_0 t \pm \varepsilon t$$

$$\varphi = \omega_0 t \pm \frac{\varepsilon t^2}{2}$$

где  $\omega_0$  – начальная угловая скорость,  $\omega$  – скорость в конечный момент времени, «+» - при равноускоренном вращении и «-» при равнозамедленном.

Связь между линейными и угловыми величинами.

Связь линейной и угловой скорости:  $V = \omega \cdot R$ .

Ускорение тангенциальное:  $a_\tau = \varepsilon \cdot R$ .

Ускорение нормальное:  $a_n = \omega^2 R$ .

### Тема 1.3. Динамика поступательного движения (4 часа)

#### Интерактивная форма занятия: лекция с текущим контролем (2 часа)

**Законы Ньютона:**

*1-й закон Ньютона:* всякое тело, на которое не действуют другие тела, покоится или движется равномерно и прямолинейно.

*2-й закон Ньютона:* скорость изменения импульса частицы равна действующей на частицу силе.  $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$

*3-й закон Ньютона:* тела действуют друг на друга с силами равными по модулю и противоположными по направлению.  $\vec{F} = m\vec{a}$

*Масса  $m$*  – это мера инертности тела. Масса также определяет гравитационные свойства и определяется количеством вещества, заключенного в теле. *Импульс тела  $p$*  – векторная величина равная произведению массы тела на его скорость.  $\vec{p} = m\vec{v}$

*Закон сохранения механической энергии:* полная механическая энергия замкнутой системы материальных точек, между которыми действуют только консервативные силы, остаётся постоянной.

Система, на которую не действуют внешние силы, называется замкнутой или изолированной.

*Консервативные силы* – силы, работа которых не зависит от формы пути, а зависит только от начального и конечного положения тела (силы упругости, силы тяготения).

*Диссипативные силы* – силы, работа которых зависит от формы пути (силы трения, сопротивления).

*Закон сохранения импульса:* суммарный импульс замкнутой системы материальных точек не изменяется с течением времени.  $\vec{p} = const$

*Закон сохранения момента импульса:* момент импульса замкнутой системы материальных точек не изменяется с течением времени.  $\vec{L} = const$

## Работа

*Работа* силы равно скалярному произведению вектора силы на вектор перемещения.

Работа постоянной силы:  $A = F \cdot S \cos \alpha$

Работа переменной силы на пути  $S$ :  $A = \int_S F \cos \alpha \cdot dS$ . Графически работа равна площади

геометрической фигуры. Работа может быть положительна и отрицательна. Сила не совершает работы если тело покоится или сила перпендикулярна перемещению.

*Мощность* – равна работе совершаемой за единицу времени  $P = \frac{dA}{dt}$ ,

Единицы измерения:  $[F] = Н$ ,  $[p] = \text{кг} \cdot \text{м}/\text{с}$ ,  $[A] = \text{Дж}$ ,  $[P] = \text{Вт}$ .

### Тема 1.4. Динамика вращательного движения

#### Лекция (2 час)

*Моментом силы*  $F$  относительно неподвижной точки  $O$  называется физическая величина, определяемая векторным произведением радиуса-вектора  $r$ , проведенного из точки  $O$  в точку  $A$  приложения силы, на силу  $F$ :  $M = [r, F]$ .

*Модуль момента силы*:  $M = F \cdot r \sin \alpha = F \cdot d$

Если точка вращается по окружности радиуса  $R$ , под действием силы  $\vec{F}$ , то момент сил  $M = F \cdot R$ ,  $[M] = Н \cdot м$

*Моментом инерции материальной точки* относительно оси вращения называется произведение массы этой точки на квадрат расстояния от оси:  $J = mR^2$ ,  $[J] = \text{кг} \cdot \text{м}^2$

*Моментом инерции системы (тела) относительно оси вращения* называется физическая величина, равная сумме произведений масс  $n$  материальных точек системы на квадраты их расстояний до рассматриваемой оси.

В случае непрерывного распределения масс эта сумма сводится к интегралу  $J = \int_0^m r^2 dm$ .

Моменты инерции однородных тел массой  $m$ , имеющих правильную геометрическую форму и равномерное распределение массы по объему:

Тело	Положение оси вращения	Момент инерции
Полый тонкостенный цилиндр радиуса $R$	Ось симметрии	$mR^2$
Сплошной цилиндр или диск радиуса $R$	Ось симметрии	$\frac{1}{2}mR^2$
Прямой тонкий стержень длиной $l$	Ось перпендикулярна стержню и проходит через его середину	$\frac{1}{12}ml^2$
Шар радиусом $R$	Ось проходит через центр шара	$\frac{2}{5}mR^2$

#### *Теорема Штейнера:*

Момент инерции тела  $J$  относительно произвольной оси  $z$  равен сумме момента его инерции  $J_c$  относительно параллельной оси, проходящей через центр масс  $C$  тела, и произведения массы  $m$  тела на квадрат расстояния  $a$  между осями:  $J = J_c + ma^2$ .

Основное закон динамики вращательного движения твердого тела относительно неподвижной оси  $z$ :

$$\vec{M} = \frac{d\vec{L}}{dt}, \text{ или } M_z = J_z \cdot \varepsilon,$$

где  $M_z$  – результирующий момент внешних сил относительно оси  $z$ , действующих на тело;  $\varepsilon$  – угловое ускорение;  $J_z$  – момент инерции тела относительно оси вращения.

Кинетическая энергия тела, вращающегося вокруг неподвижной оси:  $W_k = \frac{J \cdot \omega^2}{2}$

Работа постоянного момента силы, действующего на вращающееся тело:  $A = M \cdot \Delta\varphi$ ,

Момент импульса материальной точки относительно произвольной точки  $O$ :  $L = m \cdot r \cdot V \sin \alpha$ .

Если точка  $A$  вращается по окружности радиуса  $R$ , то момент импульса:

$$L = m \cdot V \cdot R, \quad [L] = \frac{\text{кг} \cdot \text{м}^2}{\text{с}}$$

Момент импульса твердого тела вращающегося относительно неподвижной оси:

$$L_z = J_z \cdot \omega$$

## Раздел 2. Молекулярная физика и термодинамика

### Тема 2.1. Молекулярно-кинетическая теория

#### Лекция (3 час)

Статистический и термодинамический методы. Термодинамическая система. Уравнение состояния идеального газа. Изучение процессов протекающих в микроскопических телах, основано на двух качественно различных и взаимно дополняющих друг друга методах: статистическом (молекулярно-кинетическом) и термодинамическом. В статистическом методе, лежащем в основе молекулярной физики, макроскопические явления изучаются исходя из того факта, что вещество состоит из молекул, находящихся в непрерывном тепловом движении.

На основе анализа свойств и движения отдельных молекул вещества находятся средние значения ряда физических величин, характеризующих состояние всей совокупности молекул. При этом оказывается, что некоторые свойства, присущие всей макроскопической системе в целом, отсутствуют у отдельных молекул.

В основе термодинамического метода лежит анализ закономерностей взаимного приращения тепловой энергии и других видов энергии, изучение направленности тепловых процессов и т. д. в отличие от молекулярной физики, термодинамика, изучая свойства макроскопических тел, не вникает в их атомно-молекулярную природу.

Совокупность макроскопических тел, обменивающихся энергией друг с другом или с внешней средой, называется **термодинамической системой**. Примером её может являться вода и плавающий в ней лёд.

Состояние термодинамической системы характеризуется совокупностью физических величин, называемых параметрами состояния или термодинамическими параметрами системы. Ими могут быть объём системы, давление, температура, масса, плотность и т. д. термодинамические параметры связывает между собой уравнение состояния системы. Простейшей термодинамической системой является совокупность молекул идеального газа.

Газ считается **идеальным**, если между молекулами отсутствуют силы молекулярного взаимодействия; при столкновении друг с другом молекулы ведут себя как абсолютно упругие шарики исчезающе малых размеров, т. е. собственный объём молекул пренебрежимо мал по сравнению с объёмом сосуда, в котором находится идеальный газ. Идеальный газ абстракция

*Уравнение состояния идеального газа известно из элементарного курса физики:*

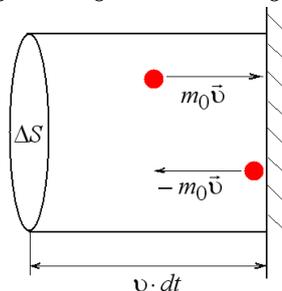
$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

*Основное уравнение МКТ. Молекулярно-кинетический смысл температуры*

С молекулярно-кинетической точки зрения давление газа на стенки сосуда обусловлено ударами молекул, находящихся в тепловом движении, о стенки сосуда. Давление равно импульсу, переданному молекулами газа единице площади поверхности стенки за единицу времени. При выводе формулы давления будем считать, что в сосуде

находится идеальный газ, масса одной молекулы которого  $m_0$ . Удар молекулы о стенки носит абсолютно упругий характер. Можно допустить, что при общем числе молекул газа  $N$  вследствие хаотичного движения в каждом из трёх взаимно перпендикулярных направлений будет двигаться  $N/3$  молекул. Если одно из этих направлений перпендикулярно стенке сосуда, то по направлению к стенке будет двигаться  $N/6$  молекул. Вначале предположим, что все молекулы газа движутся с одинаковыми скоростями  $v$ . при каждом соударении молекула передаёт стенке сосуда импульс

$$m_0\vec{v} - m_0(-\vec{v}) = 2m_0\vec{v}.$$



Давление газа 
$$p = \frac{F}{\Delta S} = \frac{dK}{dt \cdot \Delta S} = \frac{1}{3} n \cdot m_0 \cdot v^2.$$

Поведение всей совокупности молекул характеризуется средней квадратичной скоростью

$$\langle v_{кв} \rangle = \sqrt{\frac{v_1^2 + v_2^2 + v_3^2 + \dots + v_N^2}{N}} = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N v_i^2}$$

Основное уравнение МКТ : 
$$p = \frac{2}{3} n \cdot \langle \epsilon \rangle,$$

где  $\langle \epsilon \rangle = \frac{1}{2} m_0 \cdot \langle v_{кв} \rangle^2$  -средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы.

Согласно основному уравнению молекулярно-кинетической теории идеального газа давление идеального газа численно равно  $2/3$  кинетической энергии поступательного движения всех молекул, находящихся в единице объёма.

Формула  $\langle \epsilon \rangle = \frac{3RT}{2nV_0} = \frac{3RT}{2N_A} = \frac{3}{2} kT$  показывает, что термодинамическая температура  $T$

является мерой средней кинетической энергии теплового движения молекулы идеального газа. При абсолютном нуле температуры  $T=0K$  прекращается тепловое движение молекул  $\langle \epsilon \rangle = 0$  и давление газа равно нулю. Единица термодинамической температуры: кельвин (К) в СИ является основной.

*Связь основного уравнения МКТ газа с уравнением состояния идеального газа*

Подставив в основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа выражение, получим зависимость давления газа от температуры

$$p = n \cdot k \cdot T.$$

Уравнение Менделеева –Клапейрона (1.1): 
$$pV = \frac{m}{\mu} RT.$$

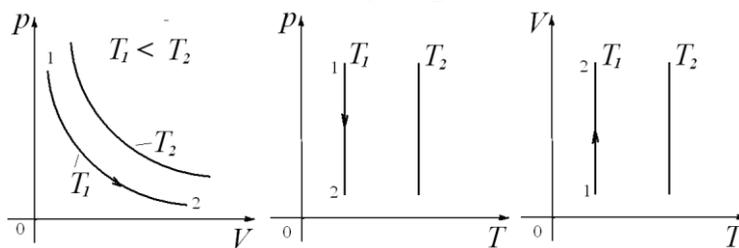
Изопроцесс – равновесный процесс, при котором один из параметров состояния не изменяется. Различают изотермический ( $T = const$ ), изобарный ( $p = const$ ), изохорный ( $V = const$ ) изопроцессы.

*Изотермический процесс* описывается законом Бойля-Мариотта. При изотермическом процессе  $T = const$ , с неизменным количеством газа  $m = const$  и  $N = const$ ,  $p \cdot V = const$ .

Если в ходе процесса масса и температура идеального газа не изменяются, то произведение давления газа на его объём есть величина постоянная.

Графическое изображение уравнения состояния называют диаграммой состояния. В случае изопроцессов диаграммы состояния изображаются двумерными (плоскими) линиями

и называются соответственно изотермами, изобарами и изохорами. Изотермы, соответствующие двум разным температурам  $T_1$  и  $T_2$

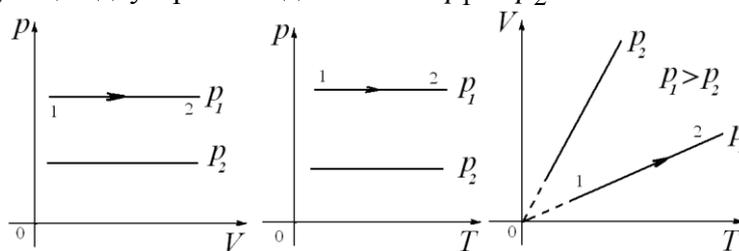


Изотермы.

*Изобарный процесс* описывается законом Гей-Люссака. При изобарном процессе  $p = const$ , с неизменным количеством газа  $m = const$  и  $N = const$   $\frac{V}{T} = const$

Если в ходе процесса давление и масса идеального газа не изменяются, то отношение объема газа к его термодинамической температуре есть величина постоянная.

Изобары, соответствующие двум разным давлениям  $p_1$  и  $p_2$

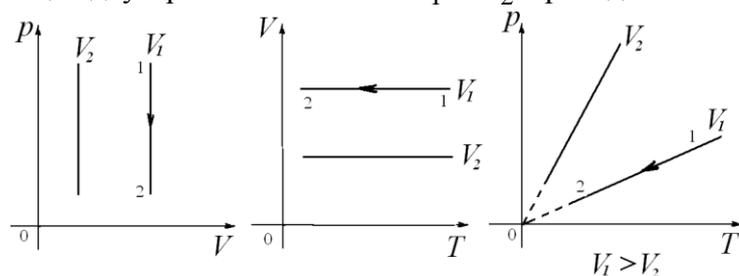


Изобары.

*Изохорный процесс* описывается законом Шарля. При изохорном процессе  $V = const$ , с неизменным количеством газа  $m = const$  и  $N = const$ ,  $\frac{p}{T} = const$ .

Если в ходе процесса объем, и масса идеального газа не изменяются, то отношение давления газа к его термодинамической температуре есть величина постоянная.

Изохоры соответствующие двум разным объемам  $V_1$  и  $V_2$  приведены



Изохоры.

Давление газовой смеси  $p = p_1 + p_2 + p_3 + \dots + p_N$

По закону Дальтона давление смеси идеальных газов равно сумме парциальных давлений газов, образующих смесь.

Парциальным называется давление, которое создавал бы данный газ, если бы он один занимал весь сосуд, в котором находится газовая смесь при той же температуре.

## Тема 2.2. Явления переноса.

### Лекция (2 часа)

*Явления переноса* – процессы, которые возникают при нарушении равновесия в системе.

В газе явления переноса наблюдаются в том случае, если существуют пространственные неоднородности плотности, температуры или скорости направленного движения слоёв газа. Вследствие хаотичного теплового движения молекул эти неоднородности начнут выравниваться и из одной части объёма газа в другую будет переноситься масса, теплота или импульс. В зависимости от рода переносимой величины различают три вида явлений переноса:

- диффузию (перенос массы),
- теплопроводность (перенос энергии),
- внутреннее трение или вязкость (перенос импульса).

*Диффузия* состоит в самопроизвольном переносе массы газа из области с большей плотностью вещества в область с меньшей плотностью.

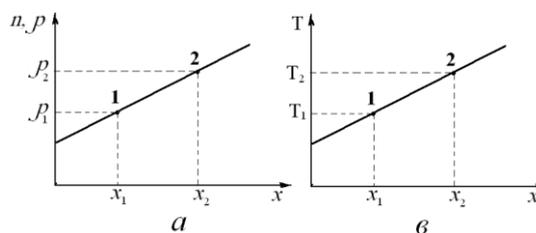
Пусть концентрация молекул  $n$  и плотность газа  $\rho$  возрастают в положительном направлении оси  $x$ . Величина

$$\frac{\Delta\rho}{\Delta x} = \frac{\rho_2 - \rho_1}{x_2 - x_1},$$

равная изменению плотности газа на единицу длины вдоль оси  $x$ ,

называется градиентом плотности.

Опыт показывает, что чем быстрее меняется плотность газа вдоль оси  $x$  и больше градиент плотности, тем интенсивнее будет осуществляться перенос массы вещества.



Согласно закону Фика: масса газа  $\Delta m$ , переносимая через площадку  $\Delta S$ , которая расположена перпендикулярно оси  $x$ , за время  $\Delta t$ :

$$\Delta m = -D \cdot \frac{\Delta\rho}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t,$$

где  $D$  - коэффициент диффузии.  $[D] = \frac{m^2}{c}$ .

Знак минус показывает, что масса переносится в сторону убывания плотности.

Явление *теплопроводности* заключается в переносе теплоты от слоев газа с большей температурой, к слоям с меньшей температурой. Молекулы более нагретого слоя имеют большую энергию, движутся в более холодный слой и отдают часть своей энергии медленным молекулам (с меньшей энергией).

Если изменение температуры происходит вдоль оси  $x$ , то отношение  $\frac{\Delta T}{\Delta x} = \frac{T_2 - T_1}{x_2 - x_1}$  будет являться градиентом температуры.

По закону Фурье: количество теплоты  $\Delta Q$ , переносимое за время  $\Delta t$  через площадку  $\Delta S$ , расположенную перпендикулярно тепловому потоку:

$$\Delta Q = -k \cdot \frac{\Delta T}{\Delta x} \cdot \Delta S \cdot \Delta t.$$

Коэффициент пропорциональности  $k$  носит название коэффициента теплопроводности.  $[k] = \frac{Bm}{m \cdot K}$ . Знак минус в формуле означает, что теплота переносится в сторону убывания температуры.

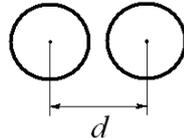
Явление внутреннего трения состоит в переносе импульса от более быстрого слоя (движущегося со скоростью  $\vec{v}_2$ ) к более медленному (движущемуся со скоростью  $\vec{v}_1$ ).

$$F = \eta \cdot \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| \cdot \Delta S.$$

Сила внутреннего трения, согласно формуле Ньютона тормозит более быстрый слой и ускоряет медленный слой.

*Длина свободного пробега молекул.*

Наименьшее расстояние, на которое сближаются центры сталкивающихся молекул, называется эффективным диаметром молекул  $\sigma$



Он зависит от рода газа и от скорости сталкивающихся молекул, т е от температуры газа. С повышением температуры эффективный диаметр молекул уменьшается.

Средняя длина свободного пробега молекул- расстояние, которое проходит молекула между двумя последовательными соударениями:

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi d^2 \cdot n}$$

Концентрация молекул из формулы  $n = \frac{p}{kT}$  и средняя длина свободного пробега

$$\langle \lambda \rangle = \frac{1}{\sqrt{2} \cdot \pi d^2 \cdot n} \quad \text{возрастают с уменьшением давления.}$$

## Тема 2.4. Законы термодинамики.

*Первый закон термодинамики:*

Теплота, сообщенная системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы и на совершение системой работы против внешних сил.  $dQ = dA + dU$ .

Невозможен *вечный двигатель первого рода*. То есть такой двигатель, который производил бы работу в количестве большем, чем поглощаемая им из вне теплота.

*Второй закон термодинамики:* 1) невозможен вечный двигатель второго рода, то есть двигатель, который получал бы теплоту и полностью превращал бы её в работу.

2) По Клаузиусу (1850): невозможен процесс, при котором теплота переходила бы самопроизвольно от тел более холодных к телам более нагретым. Такой переход возможен при совершении работы внешними силами.

3) У. Томсон: невозможно построить периодически действующую машину, вся деятельность которой сводилась бы к совершению механической работы и соответствующему охлаждению теплового резервуара.

4) Оствальд: невозможно осуществить вечный двигатель второго рода, т е такой периодически действующий двигатель, который получал бы тепло от одного резервуара энергии и полностью превращал бы это тепло в работу.

Второе начало термодинамики определяет направление протекания термодинамических процессов (теплота самопроизвольно переходит от горячих тел к холодным), и налагает ограничение на возможность превращение теплоты в работу (вся теплота в работу перейти не может). В частности, оно запрещает самопроизвольный переход тепла от более холодных тел к более нагретым.

Энтропия - функция состояния, энтропия определяется параметрами состояния системы. Изменение энтропии при переходе системы из состояния 1 в состояние 2 равно

$$\Delta S = S_2 - S_1 = \int_1^2 \frac{dQ}{T}.$$

Где  $S_1, S_2$  – энтропия системы в начальном и конечном состояниях.

При протекании в изолированной системе обратимых процессов энтропия системы остаётся постоянной, при необратимых процессах энтропия замкнутой системы возрастает, т.е. в общем случае

$$\Delta S \geq 0. \text{ – неравенство Клаузиуса}$$

Неравенство Клаузиуса служит математическим выражением второго начала термодинамики.

Реальные процессы являются необратимыми и в соответствии с вторым началом термодинамики протекают таким образом, что энтропия замкнутой системы возрастает.

Энтропия является мерой беспорядка, хаоса в термодинамической системе. Состояние системы с большей энтропией является более вероятным.

*Статистический смысл второго начала термодинамики:*

Чем меньше число молекул в газовой системе, тем с большей вероятностью может наблюдаться самопроизвольное сжатие газа, в котором  $W$  и  $S$  могут убывать. Хотя вероятность подобных процессов в термодинамических системах, состоящих из большого числа частиц, мала, в принципе они не запрещаются. Не исключая маловероятные процессы в замкнутой термодинамической системе, протекающие в сторону убыли энтропии, второе начало термодинамики не имеет столь абсолютного характера, как первое начало.

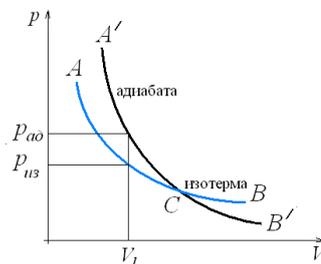
#### Адиабатный процесс.

Адиабатным называется процесс, протекающий без теплообмена системы с окружающей средой. Для осуществления адиабатного процесса газ должен быть помещен в сосуд с абсолютно нетеплопроводными стенками. Так как создать совершенно нетеплопроводные стенки невозможно, то реальные процессы могут протекать лишь как более или менее точное приближение к адиабатному. Практически близки к адиабатному быстро протекающие процессы, в которых за время протекания процесса обмен теплом системы с внешней средой в заметных количествах не успевает осуществиться. Так, изменение состояния газа в некотором объёме, при прохождении через него звуковой волны, является близким к адиабатному процессу вследствие малого времени прохождения волны через объём газа.

В отсутствие теплообмена с окружающей средой  $dQ = 0$ . По первому началу термодинамики для адиабатного процесса

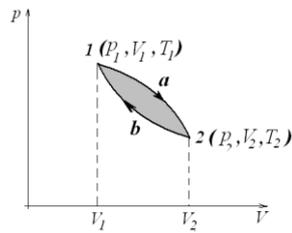
$$dA = -dU.$$

Уравнение Пуассона для адиабатного процесса  $p_1 \cdot V_1^\gamma = p_2 \cdot V_2^\gamma$



*Круговые процессы* – процессы при протекании которых система пройдя ряд состояний возвращается в исходное.

Процесс протекающий в термодинамической системе, называется обратимым, если он способен протекать как в прямом, так и в обратном направлении, причём, возвращаясь в исходное состояние, система должна пройти ту же последовательность состояний, что и в прямом процессе, но проходимых в обратном порядке



Процесс считается равновесным, если его можно представить как непрерывный ряд равновесных состояний. Равновесными являются бесконечно медленно протекающие процессы, в которых в течение конечного промежутка времени параметры системы остаются неизменными. Всякий равновесный процесс является обратимым процессом, и, наоборот, любой обратимый процесс является равновесным. Обратимость равновесного процесса следует из того, что любое его промежуточное состояние является равновесным и для него вследствие постоянства параметров безразлично направление протекания процесса. Реальные процессы протекают с конечной скоростью и являются неравновесными и необратимыми.

В природе обратимых процессов не существует. Необратимы диффузия, передача тепла от нагретых тел к холодным, расширение газа в пустоту, превращение механической энергии в тепловую, например, при соударении тел или качании маятника и т. д. Все эти явления протекают самопроизвольно, сами по себе, только в одном направлении.

Тепловой двигатель. Экономичность теплового двигателя характеризуется коэффициентом полезного действия  $\eta$ , равным отношению произведенной двигателем работы к теплоте, взятой от нагревателя:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

Цикл Карно- представляет собой обратимый круговой процесс, состоящий из двух изотерм и двух адиабат

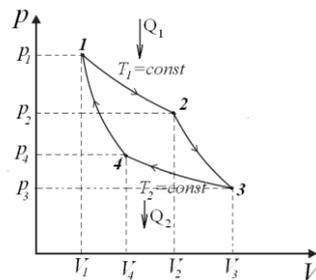


Рис. 24

Коэффициент полезного действия теплового двигателя, работающего по циклу Карно:

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1}.$$

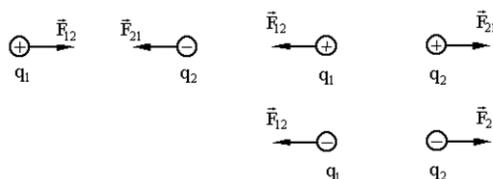
Коэффициент полезного действия идеального цикла Карно определяется только температурой нагревателя  $T_1$  и температурой холодильника  $T_2$ . Кпд цикла Карно тем больше, чем ниже температура холодильника и чем выше температура нагревателя.

### Раздел 3. Электричество и магнетизм

#### Тема 3.1. Электростатика

##### Лекция (2 часа)

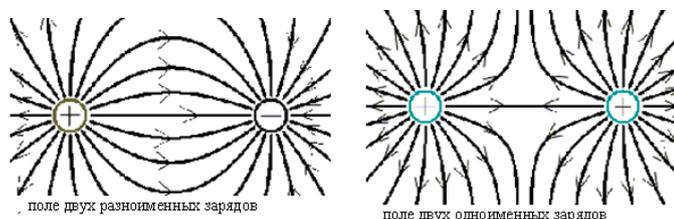
Электрический заряд  $Q, q$ . Виды заряда. Взаимодействие зарядов.



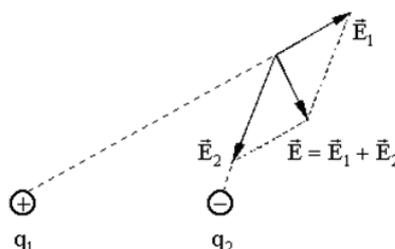
Дискретность заряда. Закон сохранения электрического заряда. Точечный заряд. Закон Кулона.

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon_0 r^2}$$

Понятие электрического поля. Графическое представление электрического поля. Силовые линии.



Поле точечного заряда. Характеристики электростатического поля: напряженность и потенциал (определение напряженности и потенциала и их единицы измерения). Принцип суперпозиции полей.



Напряженность поля точечного заряда. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Применение теоремы Гаусса. Напряженность бесконечно заряженной плоскости. Напряженность бесконечно заряженной нити. Линейная плотность заряда. Напряженность двух разноименно заряженных бесконечных плоскостей. Поверхностная плотность заряда. Напряженность заряженной сферы.

Работа электрического поля по перемещению заряда. Работа электрического поля по удалению (сближению) двух точечных зарядов. Циркуляция вектора напряженности.

Потенциал: определение, единицы измерения. Потенциал поля точечного заряда. Работа электрического поля. Напряжение. Единицы измерения. Принцип суперпозиции электрических полей.

$$\varphi = \sum_{i=1}^N \varphi_i$$

Эквипотенциальные поверхности.

Связь напряженности и потенциала: 1) связь напряженности и потенциала для однородного электрического поля (поля бесконечной заряженной плоскости), 2) связь напряженности и потенциала для поля обладающего центральной симметрией (поле точечного заряда).

Электрический диполь. Плечо диполя. Электрический момент электрического диполя.

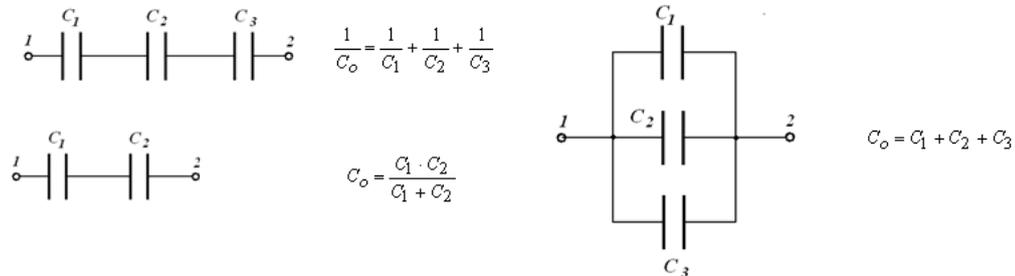
Диэлектрики в электрическом поле. Типы диэлектриков: полярный, неполярный, ионный.

Виды поляризации: электронная, ориентационная, ионная. Поле внутри диэлектрика.

Связанные заряды. Поляризованность. Диэлектрическая проницаемость среды.

Сегнетоэлектрики. Пьезоэффект. Электрическое смещение. Теорема Гаусса для электрического поля в диэлектрике.

Проводники в электрическом поле. Индуцированные заряды. Напряженность внутри проводника. Электроёмкость проводника. Единицы измерения. Электроёмкость шара, сферы. Конденсаторы. Виды конденсаторов: плоский, цилиндрический, сферический. Зарядка, разрядка конденсаторов. Соединение конденсаторов: последовательное и параллельное соединение.



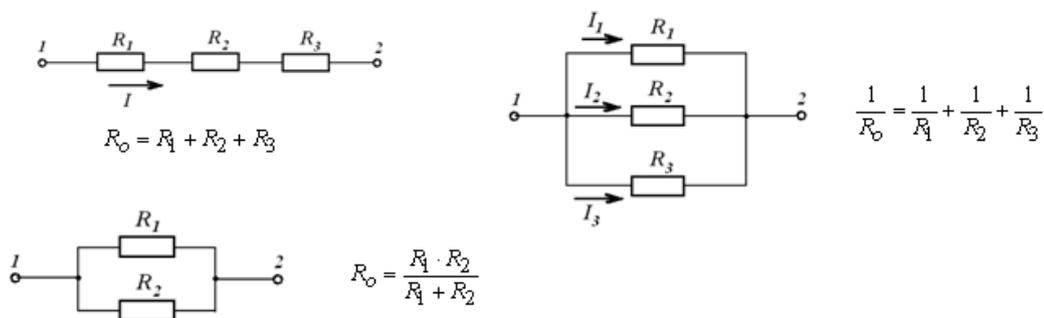
Энергия заряженного конденсатора. Энергия заряженного проводника. Энергия электрического поля. Диэлектрики в электрическом поле. Проводники в электрическом поле.

### Тема 3.2. Электрический ток

#### Лекция (2 часа)

Электрический ток. Направление электрического тока. Постоянный и переменный электрический ток. Сила тока. Единицы измерения. Плотность тока. Направление тока в проводнике. Закон Ома для однородного участка цепи.  $I = \frac{U}{R}$ . Сопротивление проводника.

Единицы измерения. Зависимость сопротивления проводника от его геометрических размеров и вида материала проводника. Удельная проводимость, удельное электрическое сопротивление. Зависимость сопротивления проводника от температуры. График зависимости удельного сопротивления проводника от температуры. Сверхпроводимость. Керметы. Закон Ома в дифференциальной форме. Электродвижущая сила. ЭДС. Источники тока. Сторонние силы. Однородный и неоднородный участок цепи. Работа сторонних сил. Напряжение. Работа сил на участке цепи. Работа электрического тока. Закон Джоуля Ленца. Мощность электрического тока. Закон Джоуля-Ленца в дифференциальной форме. Закон Ома для неоднородного участка цепи. Закон Ома для замкнутой цепи. Соединение сопротивлений: последовательное и параллельное.

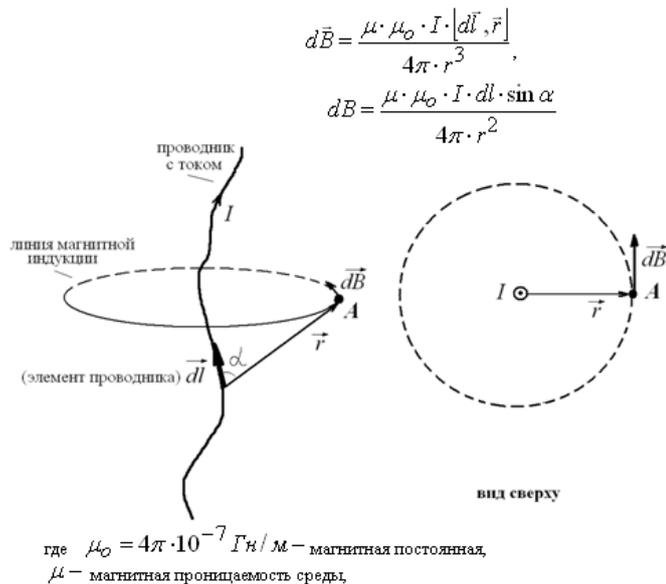


### Тема 3.3. Магнитное поле

#### Лекция (2 часа)

Магнитное поле в вакууме и его характеристики. Источники магнитного поля. Силовые линии магнитного поля. Направление силовых линий. Воздействие магнитного поля на проводники с током и магнитную стрелку. Характеристики магнитного поля: напряженность магнитного поля и вектор магнитной индукции. Единицы измерения.

Направление вектора магнитной индукции. Принцип суперпозиции магнитных полей.  
Закон Био-Савара-Лапласа.



Применение закона Био-Савара-Лапласа для расчета магнитных полей: магнитное поле в центре кругового тока, магнитное поле прямого бесконечно длинного проводника с током, магнитное поле бесконечно длинного соленоида. Рамка с током в магнитном поле. Определение магнитной индукции однородного магнитного поля. Сила Ампера – сила действующая на проводник с током со стороны магнитного поля. Правило левой руки. Определение магнитной индукции. Взаимодействие двух параллельных бесконечно длинных проводников с током: токи одного направления притягиваются, токи противоположных направлений отталкиваются. Вектор напряженности магнитного поля. Магнитная проницаемость среды. Напряженность в центре кругового тока. Напряженность бесконечно длинного проводника с током. Напряженность в центре бесконечно длинного соленоида. Сила Лоренца – сила действующая на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля. Случаи: 1) частица движется вдоль силовых линий, частица влетает в магнитное поле перпендикулярно силовым линиям, частица влетает в магнитное поле под углом  $< 90^\circ$ . движение частицы в электромагнитных полях. Ускорители заряженных частиц. Магнитный поток. Магнитный поток от неоднородного магнитного поля через не плоскую поверхность. Теорема Гаусса для магнитного поля. Отсутствие магнитных зарядов. Работа магнитного поля по перемещению проводника с током. Магнитное поле в веществе. Магнетики- вещества способные намагничиваться и создавать собственное магнитное поле.

От характера намагничивания магнетики делятся:

- Диамагнетики
- Парамагнетики
- Ферромагнетики.

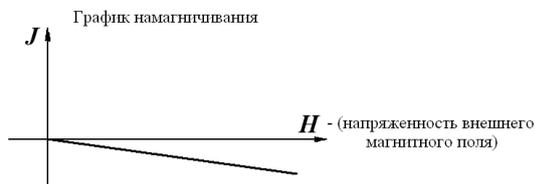
. Намагниченность

$$\vec{J} = \frac{1}{\Delta V} \sum_{j=1}^n \vec{P}_{mj},$$

где j-количество атомов в объеме  $\Delta V$ .

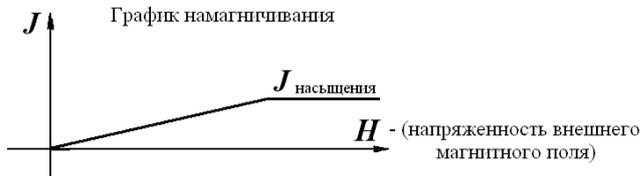
Диамагнетики-

намагничиваются против направления магнитного поля, ослабляя его. (Стекло, вода, инертные газы, медь, серебро, золото, цинк, ртуть )



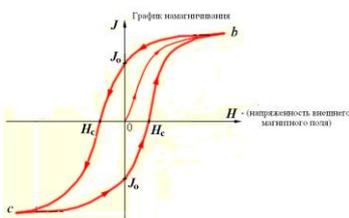
### Парамагнетики

– намагничиваются по направлению магнитного поля, усиливая его. (Воздух, кислород, алюминий, платина, щелочные металлы).



### Ферромагнетики

– обладают более сильной намагниченностью, чем парамагнетики и сохраняют состояние намагниченности длительное время в отсутствии магнитного поля. (Железо, никель, кобальт, сталь, чугун).



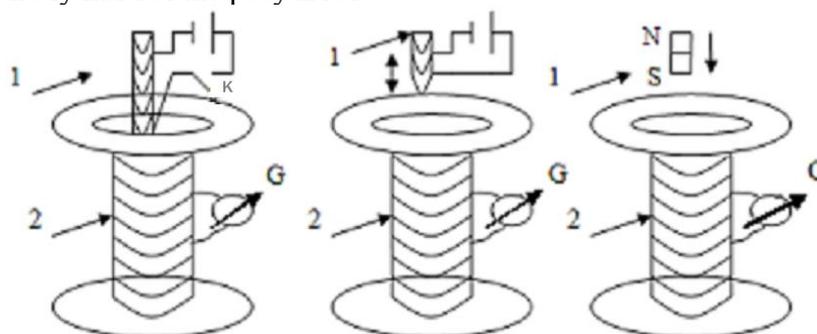
Закон Ампера. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.

## Тема 3.4. Электромагнитные явления

### Интерактивная форма занятия: лекция- диспут (дискуссии) (2 часа)

#### Опыты Фарадея 1831г.. Явление электромагнитной индукции

Идея опыта следующая. Катушку (1), присоединенную к источнику тока и ключу, Фарадей поместил вовнутрь второй катушки (2), подключенной к гальванометру (G). При замыкании и размыкании ключа (K) на гальванометре он наблюдал отклонение стрелки то в одну, то в другую сторону (рис. 4.1). Катушку (1) с постоянным включенным источником тока вдвигал и выдвигал в катушку (2) (рис. 4.2) – так же наблюдал отклонение стрелки гальванометра. Заменяв катушку (1), присоединенную к источнику тока, на постоянный магнит, Фарадей опыт повторил и получил тот же результат.



Опыты Фарадея

Отклонения стрелки гальванометра G свидетельствовали о том, что в катушке (2) возникает электрический ток, который получил название индукционного. Само явление возникновения индукционного тока в катушке называется электромагнитной индукцией. Обобщая результаты опытов, Фарадей пришел к следующему выводу: *при всяком изменении магнитного потока, пронизывающего замкнутый проводящий контур, в нем возникает индукционный ток, который не зависит от способа изменения магнитного потока, а зависит от скорости его изменения.*

Закон электромагнитной индукции (закон Фарадея–Максвелла). Правило Ленца

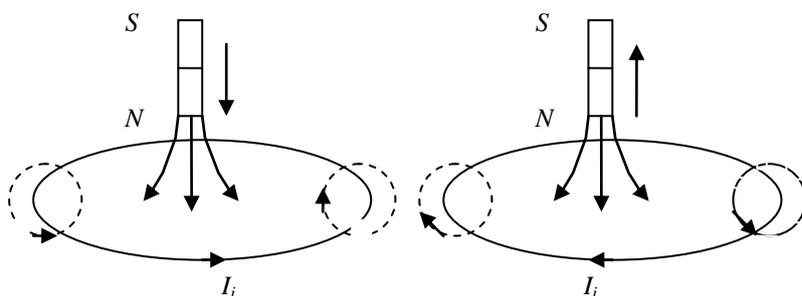
Обобщая результаты опытов, Фарадей сформулировал закон электромагнитной индукции. Он показал, что при всяком изменении магнитного потока в замкнутом проводящем контуре возбуждается индукционный ток. Следовательно, в контуре возникает ЭДС индукции.

*ЭДС индукции прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока во времени и не зависит от способа изменения магнитного потока.* Математическую запись этого закона оформил Максвелл, и поэтому он называется законом Фарадея-Максвелла (законом электромагнитной индукции).

Правило Ленца.: *индукционный ток имеет такое направление, что созданное им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока, пронизывающего данный контур. Он направлен так, чтобы противодействовать причине, его вызывающей.*

С учетом правила Ленца закон Фарадея–Максвелла примет вид

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



Индукционный ток

магнитный поток, пронизывающий один виток) и называется магнитным потокосцеплением. Тогда выражение закона предстанет в виде

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

Магнитный поток определяется формулой

$$\Phi = BS \cos \alpha .$$

Явление самоиндукции. Индуктивность

*Явление возникновения экстраток в замкнутом проводящем контуре при изменении силы тока в нем называется самоиндукцией.*

Направление тока самоиндукции определяется правилом Ленца. Ток самоиндукции противодействует изменению тока в цепи (контуре). Например, если в контуре сила тока увеличивается, то экстраток направлен противоположно основному току

контура, т.е. препятствует увеличению тока. Если в контуре сила тока уменьшается, то направление экстраточа совпадает с направлением убывающего тока контура.

ЭДС самоиндукции  $\mathcal{E}_s$  зависит от скорости изменения силы тока и индуктивности. Если катушка неподвижна, не изменяется конфигурация и отсутствует ферромагнетик  $L = \text{const}$ , то

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

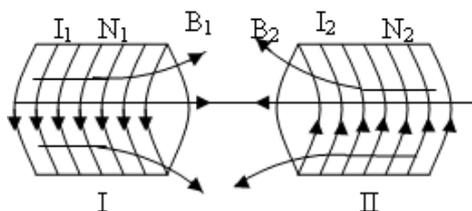
Индуктивность  $L$  — это величина, равная отношению магнитного потокосцепления  $\Psi$ , возникающего при прохождении тока  $I$  в катушке, к величине этого тока.

$$L = \frac{\Psi}{I}.$$

Индуктивность измеряется в генри [Гн],  $[\text{Гн}] = \left[ \frac{\text{Вб}}{\text{А}} \right]$ .

Смысл индуктивности состоит в том, что она выражает меру инертности тока. Чем больше  $L$ , тем медленнее нарастает или убывает ток в цепи.

### Взаимная индукция. Трансформатор



Взаимная индукция

Рассмотрим две катушки, расположенные параллельно и близко друг к другу (рис.). Ферромагнетик отсутствует. Если в первой (I) катушке течет ток  $I_1$ , то он создает магнитное поле  $B$ , пронизывающее вторую катушку (II).

При изменении силы тока  $I_1$  в катушке II индуцируется ЭДС

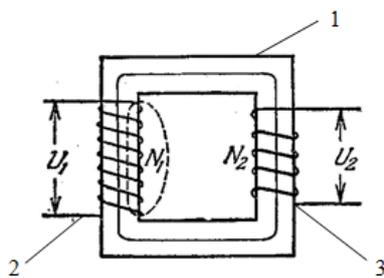
$$\mathcal{E}_{21} = -\frac{d\Psi_2}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}.$$

При изменении силы тока  $I_2$  в первой катушке возникает ЭДС

$$\mathcal{E}_{12} = -\frac{d\Psi_1}{dt} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}.$$

Величины  $L_{12}$  и  $L_{21}$  называются коэффициентами взаимной индукции.

Контуры катушек I и II называются связанными, а явление возникновения ЭДС в одной из катушек при изменении силы тока в другой называется взаимной индукцией. Если отсутствует ферромагнетик, то  $L_{12} = L_{21}$ .



Трансформатор

Взаимная индукция реализуется в трансформаторах, дросселях и др.

Принципиальное устройство трансформатора дано на рис.. Он состоит из сердечника (I) (из магнитомягкого ферромагнетика), на который намотаны две обмотки (2 и 3) с разным числом витков. Концы первичной обмотки (вход) подключены к сети питающего переменного напряжения ( $U_1$ ), а концы вторичной (выход)  $U_2$  — к потребителям электрической энергии. Усиление переменного напряжения определяется соотношением

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{или} \quad U_2 = \frac{N_2}{N_1} U_1.$$

Коэффициент  $k = \frac{N_2}{N_1}$  называется коэффициентом трансформации.

Полная система уравнений Максвелла в интегральной форме

Система уравнений Максвелла в интегральной форме имеет следующий вид:

$$\text{I} \quad \begin{array}{l} 1. \oint_L \vec{E} d\vec{l} = - \int_S \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}; \\ 2. \oint_S \vec{B} d\vec{S} = 0 \end{array} \quad \text{II} \quad \begin{array}{l} 3. \oint_L \vec{H} d\vec{l} = \sum_i I_i + \int_S \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}; \\ 4. \oint_S \vec{D} d\vec{S} = \sum_i q_i.$$

Первое уравнение показывает, что изменяющееся во времени магнитное поле порождает вихревое электрическое поле;  
второе – что в природе нет магнитных зарядов;  
третье – что магнитные поля создаются не только токами проводимости, но и изменяющимися во времени электрическими полями;  
четвертое – что источниками электрического поля являются электрические заряды.

Уравнения Максвелла могут быть дополнены граничными условиями:

$$D_{1n}=D_{2n}; \quad \frac{D_{1\tau}}{D_{2\tau}} = \frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}; \quad E_{1\tau} = E_{2\tau}; \quad \frac{E_{1n}}{E_{2n}} = \frac{\epsilon_2}{\epsilon_1}; \quad \frac{H_{1n}}{H_{2n}} = \frac{\mu_2}{\mu_1}; \quad \frac{B_{1\tau}}{B_{2\tau}} = \frac{\mu_1}{\mu_2};$$

$$H_{1\tau}=H_{2\tau}; \quad B_{1n}=B_{2n};$$

а также материальными уравнениями:

$$\vec{D} = \epsilon \epsilon_0 \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

и уравнением непрерывности тока:

$$\oint_S \vec{j} d\vec{S} = - \frac{dq}{dt} = - \int_V \frac{d\rho}{dt} dV.$$

Из системы уравнений Максвелла вытекают следующие свойства электромагнитных волн:

1.  $\sqrt{\epsilon \epsilon_0} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H$ , т.е. векторы  $\vec{E}$ ,  $\vec{H}$ ,  $\vec{v}$  (скорость) – взаимно перпендикулярны.
2.  $v = \frac{1}{\sqrt{\epsilon \epsilon_0 \mu_0 \mu}}$  и  $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8$  м/с, где  $v$ ,  $c$  – скорости электромагнитных волн в веществе и вакууме.

### Электромагнитные колебания и волны

Свободные незатухающие электрические колебания в колебательном контуре.

Свободные затухающие электрические колебания. Добротность системы.

Вынужденные электрические колебания. Резонанс.

Переменный электрический ток. Закон Ома, мощность переменного тока.

Уравнения электромагнитных волн.

Опыты Герца по исследованию электромагнитных волн.

Энергия, импульс и давление электромагнитных волн. Вектор Умова-Пойнтинга.

Шкала электромагнитных волн.

## Раздел 4. Концепции строения и корпускулярно-волновой дуализм материи

### Тема 4.1. Геометрическая оптика

#### Лекция (1 час)

Ограниченность законов классической оптики. Измерение скорости света.

**Оптика** — это учение о физических явлениях, связанных с распространением электромагнитных волн. Длина  $\lambda$ , частота  $\nu$  и скорость  $u$  распространения любой волны в любой среде связаны соотношением  $\lambda = u/\nu = uT$ , в пустоте  $\epsilon = \mu = 1$  и  $u = c = 3 \cdot 10^8$  м/с.

Электромагнитное излучение описывается уравнениями Максвелла. Многие явления — дифракция, интерференция, поляризация — можно понять (см. гл. 3) только на основе представлений о поперечных волнах независимо от их электромагнитной природы. Их относят к волновой оптике. Часть явлений распространения света может быть объяснена законами отражения и преломления света на границе сред. Они — предмет геометрической оптики. Квантовая природа света проявляется тем резче, чем меньше длина его волны. Таков ряд действий света — люминесценция, давление света, фотохимические реакции и др. Свет — это электромагнитное излучение (см. рис. 2.7, в), которое исторически рассматривали в наглядных моделях или как волну, или как поток частиц.

Законы геометрической оптики сформулировал Декарт — закон прямолинейного распространения света, прохождение света через прозрачные тела, отражение и рассеяние.

Закон прямолинейного распространения света был известен давно, но свет может и обогнуть небольшое препятствие. Это явление, выходящее за рамки геометрической оптики, первым изучил итальянский физик и астроном Ф. Гримальди и назвал *дифракцией* (1665). В книге Р. Гука «Микрография» описаны цвета тонких пленок и объяснены с точки зрения волновой природы света.

Закон преломления был открыт экспериментально В. Снеллиусом (1620). Обсуждая его, Декарт использовал аналогию Альхазена с мячом, брошенным на слабую сетку, и уже раскладывал скорости на составляющие. Он записал (1637) закон: *отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная*.

Закон прямолинейного распространения света был известен давно, но свет может и обогнуть небольшое препятствие. Это явление, выходящее за рамки геометрической оптики, первым изучил итальянский физик и астроном Ф. Гримальди и назвал *дифракцией* (1665). В книге Р. Гука «Микрография» описаны цвета тонких пленок и объяснены с точки зрения волновой природы света.

Принцип Гюйгенса позволял теоретически определить и направление светового луча: «Любая точка, до которой дошло волновое возбуждение, является центром вторичных элементарных сферических волн. Поверхность, огибающая вторичные волны, если во всех ее точках фаза возбуждения одна и та же, есть фронт волны» (см. рис. 3.5). При этом «обратные» элементарные волны, направленные к источнику, не принимаются во внимание как не имеющие физического смысла. Гюйгенс объяснил все известные тогда явления оптики. В дальнейшем этот принцип был дополнен Френелем (принцип Гюйгенса—Френеля). Волновая теория Гюйгенса не получала поддержки еще почти сто лет (только М. В. Ломоносов и Эйлер развивали идеи Гюйгенса). Авторитет Ньютона был столь велик, что его последователи не обращали внимания на поставленные им самим вопросы, выхолащивая содержание его работ и не замечая иных объяснений. Лишь в XIX в. волновая теория получила всеобщее признание. К тому времени на ее основе были объяснены явления интерференции (Т. Юнг, 1801), поляризации и дифракции (О. Френель, 1818), предсказан тонкий эффект конической рефракции (У. Гамильтон, 1832), обнаружено, что скорость света в воде меньше, чем в воздухе, что противоречило корпускулярной теории (Л. Фуко, 1852).

Астроном Жан Доминик Кассини, приглашенный в Парижскую обсерваторию Людовиком XIV, изучая движения спутников Юпитера (1672), отметил некоторое запаздывание в моментах вхождения спутника Ио в конус тени планеты и выхода из нее. Казалось, будто время обращения спутника было больше, когда Юпитер находился дальше от Земли. Датский ученый Оле Ремер объяснил это запаздывание конечностью скорости света.

Ио вращается вокруг Юпитера с постоянным периодом почти в 7 сут, испытывая одно затмение за один оборот. Ремер установил, что затмения происходят на 11 мин раньше срока, если Земля находится на кратчайшем расстоянии от Юпитера, и опаздывают на 11 мин при наибольшем удалении. Отметив момент вхождения спутника в тень Юпитера при минимальном расстоянии Юпитера от Земли, можно вычислить момент, соответствующий его вхождению в тень примерно через полгода, когда Земля и Юпитер будут находиться на большем расстоянии друг от друга. Значит, запаздывание вызвано конечностью скорости света, поскольку свет должен пройти дополнительный путь (рис. 5.3). Осенью 1676 г. Ремер предсказал запаздывание вхождения спутника в тень на 22 мин (точнее — на 16 мин 36 с;

расхождение связано с неточно определенными в то время размерами земной орбиты). Последователи Декарта не поверили результату Ремера, продолжая считать скорость света бесконечной, лишь Кассини и Галлей поддержали его.

## Тема 4.2. Волновая оптика

### Лекция (2 часа)

Волновые свойства света. Спектр электромагнитного излучения. Явление дисперсии сред и доказательство материального единства мира. Законы теплового излучения.

Начало современной физической оптике положил Френель, она основана на представлении о свете как о поперечной, электромагнитной волне.

*Спектр* — это совокупность значений какой-либо величины, характеризующей систему или процесс. В физике используют частотный спектр колебаний — электромагнитных или акустических. Спектр энергий, импульсов или масс также широко распространен. Он может быть дискретным или непрерывным (сплошным). Спектр электромагнитных колебаний сплошной.

Электромагнитные волны длиной от 10 до 100 м зарегистрировал Г.Герц с помощью искрового разряда. Он сконструировал передатчик (так называемый диполь Герца), в котором между шариками проскакивала искра. Но искра — высокочастотный разряд переменного тока, и в промежутке между шариками устанавливалось переменное электрическое поле. Герц исследовал свойства поля — прямолинейность распространения, отражение, преломление возникающих волн, скорость, которая была равна скорости света.

*Инфракрасное излучение* открыл У. Гершель, исследуя равномерность распределения теплоты по солнечному спектру (1800). Перемещая термометр вдоль спектра, он обнаружил, что максимум температуры приходится на область далее красного края видимого излучения (отсюда и название).

*Ультрафиолетовое излучение* (УФ), преломляемое призмой сильнее фиолетового, открыл немецкий физик И.Риттер. Решив в 1802 г. повторить опыты Гершеля, он исследовал химическое действие разных участков спектра солнечного света. С помощью хлористого серебра он обнаружил, что химическое действие света усиливается при перемещении в область более коротких волн и становится максимальным за сине-фиолетовой областью.

Частоты **рентгеновского излучения** лежат выше УФ-диапазона. В. К. Рентген приступил к изучению катодных лучей, чтобы доказать их волновую природу.

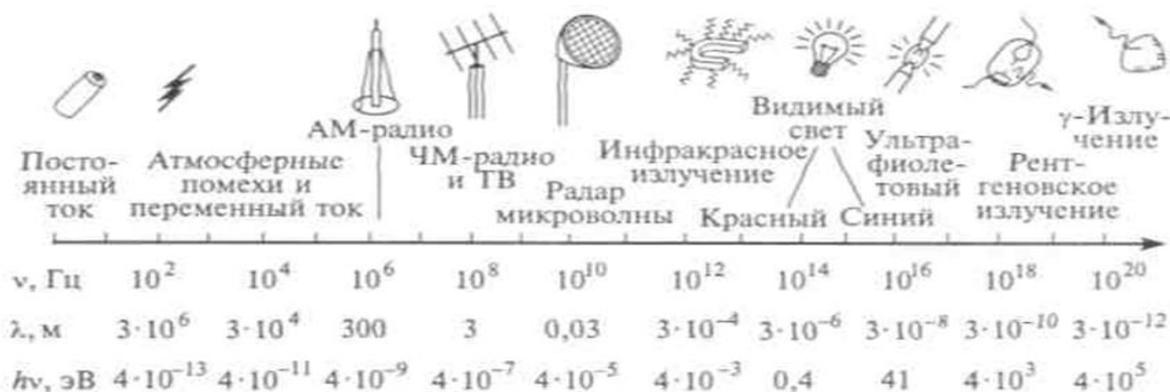


Схема спектра электромагнитных волн

Рентгеновское излучение имеет непрерывный спектр и возникает при резком соударении пучка быстрых электронов с мишенью. Рентгеновское излучение имеет непрерывный спектр и возникает при резком соударении пучка быстрых электронов с мишенью. Ч. Баркла открыл характеристическое рентгеновское излучение, возникающее только при очень высоком напряжении и имеющее узкий спектр определенной длины волны,

который зависит от вещества мишени (1906). После создания Н. Бором модели атома это излучение стали объяснять квантовыми переходами электронов с внешних оболочек атома на внутренние. Открытие Баркла положило начало рентгеноструктурной спектроскопии.

С переходами атомов из возбужденного состояния связаны все рассмотренные типы волн — от оптического излучения до рентгеновского. Верхний предел, который могут генерировать атомные системы, составляет  $10^{20}$  Гц. Излучение более высоких частот —  $\gamma$ -излучение — испускается атомными ядрами. Различные области спектра электромагнитного излучения исследованы многими методами, имеют неодинаковые названия и источники, но все имеют единую природу, отличаясь только частотами (рис.).

Явление дисперсии сред и доказательство материального единства мира

*Дисперсией* называется зависимость фазовой скорости гармонических волн в среде от частоты их колебаний (от лат. *dispersus* — рассеянный, рассыпанный). Все среды обладают дисперсией — зависимостью показателя преломления волн и от частоты  $\omega$  (кроме абсолютного вакуума).

Законы теплового излучения

*Тепловое излучение* — наиболее распространенный в природе вид электромагнитного излучения. Оно совершается за счет энергии теплового движения молекул в веществе, поэтому понижает температуру тела. Наряду с излучением происходит и поглощение теплоты, в результате температура тела поддерживается постоянной. В этом случае говорят, что тело находится в *тепловом равновесии*.

Закон Кихгофа, закон Стефана-Больцмана, законы Вина, формула Планка.

## Тема 4.2. Квантовая физика

Кризис классической теории и появление квантовой гипотезы. Открытие электрона и радиоактивности. Рождение представлений о сложном строении атома. Планетарная модель строения атома. Современная наука и постулаты Бора. Корпускулярные свойства света. Фотоны Эйнштейна и доказательство их реальности. Поглощение и испускание квантов света. Спонтанное и вынужденное излучения. Корпускулярно-волновые свойства вещества и значение их открытия.

Кризис классической теории и появление квантовой гипотезы

Планк совершил шаг от формулы Рэлея к эмпирическому закону Вина и огромный скачок в понимании не только микромира, но и всей, в том числе и живой, природы.

Все остальное в работе Планка вполне соответствовало классической физике. Но ему пришлось ввести в расчеты две константы. Наука XX в. показала, что дело не в объяснении и спасении закона Вина, а энергия при излучении меняется дискретными порциями, скачкообразно. Энергия каждого кванта пропорциональна частоте волны, т. е. цвету излучаемого света:  $E=h\nu$ .

Открытие электрона и радиоактивности. Рождение представлений о сложном строении атома

Открытие Томсоном электрона, изучение его уникальных свойств стимулировали исследования строения атома. Стали понятны процессы поглощения и испускания энергии веществом; сходства и отличия химических элементов, их химическая активность и инертность; внутренний смысл Периодической системы химических элементов Д. И. Менделеева, природа химической связи и механизмы химических реакций; появились совершенно новые приборы, в которых движение электронов играет определяющую роль.

## Планетарная модель строения атома. Современная наука и постулаты Бора

Планетарную модель строения атома первым предложил Ж. Перрен, пытаясь объяснить наблюдаемые свойства орбитальным движением электронов. Но В. Вин посчитал ее несостоятельной.

Опыты по прохождению  $\alpha$ -частиц через тонкие пластинки из золота и других металлов провели сотрудники Э. Резерфорда Э. Марсден и Х. Гейгер (1908). Они обнаружили, что почти все частицы проходят через пластинку свободно, и только 1/10 000 из них испытывает сильное отклонение — до  $150^\circ$ . Модель Томсона это не могла объяснить, но Резерфорд, его бывший ассистент, сделал оценки доли отклонений и пришел к планетарной модели: положительный заряд сосредоточен в объеме порядка  $10^{-15}$  со значительной массой.

Спектральные формулы Бальмера, Ридберга и Ритца позволили Бору сформулировать требования обеспечения устойчивости атома и линейчатого характера спектра атома водорода:

- 1) в атоме существует несколько стационарных состояний (или орбит электронов в планетарной модели), на которых атом не излучает энергии;
- 2) при переходе электрона с одной стационарной орбиты на другую атом излучает или поглощает порцию энергии, пропорциональную частоте, согласующейся с правилом частот Ридберга— Ритца.

## Корпускулярные свойства света. Фотоны Эйнштейна и доказательство их реальности

Фотоэффект указывает на дискретное строение света, связанное с существованием квантов, — решил Эйнштейн. Назвав кванты электромагнитного излучения *фотонами*, он стал рассматривать световой поток как поток квантов с энергией  $E = h\nu$ , падающих на пластинку.

Эйнштейн, анализируя статистические закономерности излучения, кроме энергии фотона  $E = h\nu$ , упоминал *импульс фотона*  $p = h\nu/c$  и подчеркивал, что он важен, несмотря на свою малую величину. В 1923 г. американский физик А. Комптон показал, что при рассеянии легкими элементами жестких рентгеновских лучей в рассеянном излучении появляются лучи с измененной длиной волны, которая зависит от угла рассеяния (рис.).



Этот эффект (разница частот излучения) не мог быть объяснен в классической теории и легко объяснялся в квантовой, построенной независимо П. Дебаем и А. Комптоном.

## Поглощение и испускание квантов света. Спонтанное и вынужденное излучения

Рассматривая поглощение и испускание фотонов, находящихся под непрерывным воздействием излучения, Эйнштейн нашел, что равновесное взаимодействие между веществом и излучением не может состоять только из актов передачи энергии от излучения веществу (*поглощения*) или обратной передачи от вещества к излучению (*спонтанного испускания*). Тогда не понятен постулат Планка о равномерном распределении энергии в спектре

равновесного излучения (инфракрасное излучение, например, Солнца, несет много энергии — потому греет, а более коротковолновое — меньше — от него мы загораем, но не согреваемся). Необходимо ввести еще одно излучение — *вынужденное*, или индуцированное внешним полем и когерентное с ним. Тогда Эйнштейн и не подозревал, что появится возможность усиления этого введенного им излучения и тем самым произойдет настоящая революция в оптике, связанная с открытием и созданием мазеров и лазеров.

Эйнштейн применил к модели атома Бора методы статистики и вывел формулу Планка для равновесного излучения. Так он стал разрабатывать *статистическую квантовую теорию* испускания и поглощения света отдельным атомом.

#### Корпускулярно-волновые свойства вещества и значение их открытия

Синтез корпускулярных и волновых представлений предложил в 1924 г. молодой французский физик Луи Виктор де Бройль, приписав любой частице некий внутренний периодический процесс и рассмотрев единым образом частицы вещества и света. Он развил представления Эйнштейна о двойственной природе света, распространив их на вещество. Для этого он объединил формулу Планка  $E = h\nu$  и формулу Эйнштейна  $E = mc^2$  и получил соотношение, показывающее, что любой частице при определенных массе и скорости соответствует своя длина волны. Сама волна не несет энергию, а только отображает «распределение фаз» некоего периодического процесса в пространстве. Эту фиктивную волну де Бройль назвал «*фазовой волной*», форма лучей которой определяется принципом наименьшего времени распространения, выдвинутого еще Ферма.

Вслед за Гамильтоном де Бройль сравнил принцип Ферма в оптике с принципом наименьшего действия в классической механике и пришел к выводу, что объединение этих экстремальных принципов должно стать основой объединения волновых и корпускулярных представлений, синтеза волн и квантов. Гамильтон подчеркивал, что дело не в том, чтобы представить себе свет как поток частиц или как волну, а в том, чтобы создать теорию, согласующуюся с опытом. Установив математическую тождественность проблем геометрической оптики и механики, он вообще игнорировал вопрос о природе света, но его оптико-механическая аналогия была началом сопоставления прерывности и непрерывности, «частицы» и «волны».

#### 4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела  дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторных работ</i>	<i>Объем ( час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1(1 час	<b>1.</b>	Определение ускорения свободного падения.	1	-
2	<b>1.</b>	Изучение законов сохранения импульса и энергии.	1	-
3	<b>1.</b>	Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника	1	-
4	<b>1.</b>	Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.	1	-
5	<b>1.</b>	Проверка закона сохранения механической энергии.	1	-
6	<b>1.</b>	Маятник Максвелла.	1	Тренинг в малой

				группе (1 час)
7	1.	Определение модуля кручения и модуля сдвига с помощью крутильного маятника.	1	-
8	1.	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника	1	Тренинг в малой группе (1 час)
9	1.	Определение момента инерции крутильного маятника методом колебаний	1	-
10	1.	Математический маятник.	1	-
11	2.	Изучение газовых законов.	1	-
12	2.	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха	1	-
13	2.	Определение отношений теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма	1	-
14	2.	Определение изменения энтропии реальных систем	1	Тренинг в малой группе (1 час)
15	2.	Определение скорости звука в воздухе методом резонанса.	1	-
16	2.	Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.	1	Тренинг в малой группе (1 час)
17	2.	Определение вязкости жидкости методом Стокса.	1	-
18	3.	Измерение величины электрического сопротивления с помощью R моста Уитстона	1	-
19	3.	Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры.	1	-
20	3.	Изучение работы электронного осциллографа	1	-
21	3.	Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона.	1	-
22	3.	Изучение электростатического поля	1	Разбор конкретных ситуаций (1 час)
23	3.	Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.	1	Разбор конкретных ситуаций (1 час)
24	3.	Изучение стабилитрона и снятие его характеристик	1	-
25	3.	Изучение вакуумного диода и определение удельного заряда электрона	1	-
26	3.	Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа	1	-
27	3.	Измерение удельного сопротивления	1	Тренинг в малой группе (1 час)
28	4.	Изучение зрительной трубы	1	-
29	4.	Определение показателя преломления стекла при помощи микроскопа	1	-

30	4.	Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки	1	Тренинг в малой группе (1 час)
31	4.	Определение концентрации сахара в растворе по углу вращения плоскости поляризации	1	-
32	4.	Изучение явления поляризации света.	1	Тренинг в малой группе (1 час)
33	4.	Изучение спектрального аппарата	1	Тренинг в малой группе (1 час)
34	4.	Исследование дифракции Фраунгофера	1	-
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>10</b>

#### 4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем ( час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	1.	Кинематика поступательного и вращательного движения	3	-
2	1.	Динамика поступательного и вращательного движения	4	-
3	1.	Законы сохранения. Работа. Мощность.	2	Тренинг в малой группе
4	2.	Молекулярно - кинетическая теория	3	-
5	2.	Термодинамика	4	Тренинг в малой группе (2 ч.)
6	3.	Электростатика	3	-
7	3.	Электрический ток	2	-
8	3.	Магнитное поле.	2	Разбор конкретных ситуаций
9	3.	Электромагнитные явления	2	Разбор конкретных ситуаций
10	4.	Оптика	4	-
11	4.	Атом. Атомное ядро. Радиоактивность.	4	-
<b>ИТОГО</b>			<b>34</b>	<b>8</b>

#### 4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

*Цель:* проверка освоения теоретического материала курса физики и естествознания.

*Структура:* номер варианта, далее следуют задачи, оформленные следующим образом: текст задачи, краткая запись условия, решение, в общем виде, включая при необходимости чертеж, вычисления, проверка единиц измерения величин, ответ.

*Основная тематика:* «механика», «молекулярная физика и термодинамика», «электродинамика».

*Рекомендуемый объем:* 2-3 рукописных листа. Выполняется на бумаге формата А4 с титульным листом.

<b>Оценка</b>	<b>Критерии оценки контрольной работы</b>
зачтено	- контрольная работа выполнена полностью; - в логических рассуждениях и обосновании решения задачи нет пробелов и ошибок; - в решении нет математических ошибок (возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала).
не зачтено	- выполнено не вся работа; - допущены ошибки или более двух – трёх недочётов в при выводе формул в решении задач, при пояснениях в решении задачи, в рисунках.. - работа выполнена несамостоятельно.

**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>Кол-во часов</i>	<i>Компетенции</i>	<i>Σ комп.</i>	<i>t<sub>ср</sub>, час</i>	<i>Вид учебной работы</i>	<i>Оценка результатов</i>
			<i>ОПК-7</i>				
1		2	3	4	5	6	7
<b>1.</b> Механика		50	+	1	50	Лк, ЛР, ПЗ, СР	1к, зачет
<b>2.</b> Молекулярная физика и термодинамика		40	+	1	40	Лк, ЛР, ПЗ, СР	1к, зачет
<b>3.</b> Электродинамика		60	+	1	60	Лк, ЛР, ПЗ, СР	2к, экзамен
<b>4.</b> Концепции строения и корпускулярно-волновой дуализм материи		30	+	1	30	Лк, ЛР, ПЗ, СР	2к, экзамен
<i>всего часов</i>		<b>180</b>	<b>180</b>	<b>1</b>	<b>180</b>		

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

1. Физика (сборник тестовых заданий). Геращенко Л.А., Агеева Е.Т. Физика: сборник тестовых заданий.- Братск: Изд-во «БрГУ», 2015. -64 с.
2. Физика. Молекулярная физика и термодинамика: лабораторный практикум/Д.Б.Ким, И.Г. Махро, А.А. Кропотов, Е.Т. Агеева. - Братск: Изд-во «БрГУ», 2014. -112с.
3. Физика. Электричество и электромагнетизм. Лабораторный практикум: учебное пособие/ Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро – Братск: Изд-во «БрГУ», 2014.- 144 с.
4. Физика твёрдого тела, атома и атомного ядра: лабораторный практикум/ А.С. Яскин, И.Г. Махро, Е.Т. Агеева.- Братск: Изд-во «БрГУ», 2014.-160 с.
5. Физика. Методические указания и контрольные задания для бакалавров ЗФО технических профилей/ Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро, Д.И. Левит.- Братск: Изд-во БрГУ, 2013.-140 с.
6. Ким Д.Б., Левит Д.И., Кропотов А.А., Геращенко Л.А. Электромагнетизм: курс лекций.- Братск: ФБГОУ ВПО «БрГУ», 2013.-378 с
7. Физика. Оптика: Методические указания по лабораторным работам/ С.С. Рудя, Е.Т. Агеева, И.Г. Махро.- Братск: ФГБОУ ВПО «БрГУ», 2012.- 164 с.
8. Ким Д.Б., Левит Д.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие.- Братск: ФБГОУ ВПО «БрГУ», 2012.-145 с.
9. Физика. Методические указания к выполнению контрольной работы для студентов обучающихся по сокращенным образовательным программам / Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро, Д.И. Левит.- Братск: Изд-во БрГУ, 2012.- 125 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
<b>Основная литература</b>				
1.	Трофимова Т.И. Курс физики: учебное пособие для инженерно-технических специальностей вузов/Т.И. Трофимова. -22-е стереотипное -М.: Академия, 2016.-560 с.	Лк, ЛР, СР, кр	150	1
2.	Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики: учебное пособие для студентов вузов.--е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2008.- 720 с.	Лк, ЛР, СР,	100	1

		кр		
	<b>Дополнительная литература</b>			
3.	Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики. 3-е издание, испр. и доп.- СПб.: Книжный мир, 2006.-328 с.	ПЗ, ЛР, кр	99	1
4.	Трофимова Т.И. Физика 500 основных законов и формул. Справочник для студ. вузов. 6-е изд., стереотип.- М.: Высшая школа, 2007.-63 с.	Лк, ЛР, СР, ПЗ, кр	5	0,25
5.	Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы: учеб. Пособие для вузов. -6-е изд.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.-319 с.	Лк, ПЗ, СР	10	1
6.	Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика: Учебник для втузов - М.: Наука, 1989.- 432 с.	Лк, ЛР, СР	208	1
7.	Савельев И.В. Курс общей физики, Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика.- М.: Наука, 1988.- 496 с.	Лк, ЛР, ПЗ, СР	97	1
8.	Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела атомного ядра и элементарных частиц - М: Наука, 1987. -304с.	Лк, ЛР, СР	101	1

## **8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ  
[http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r\\_15/cgiirbis\\_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=](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 и 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 в лабораторном практикуме, а также использовать рекомендуемую лабораторным практикумом литературу и свой конспект лекций. Для большего освоения материала ответы на вопросы рекомендуется оформлять в виде конспекта.

Практические занятия служат связующим звеном между теорией и практикой. Они необходимы для закрепления теоретических знаний, полученных на занятиях теоретического обучения, а так же для получения практических знаний. Практические задания выполняются студентом самостоятельно, с применением знаний и умений, полученных на уроках, а так же с использованием необходимых пояснений, полученных от преподавателя при выполнении практического задания. К практическому занятию от студента требуется предварительная подготовка, которую он должен провести перед занятием. Список литературы и вопросы, необходимые при подготовке, студент получает перед занятием из методических рекомендаций к практическому занятию. Практические задания разработаны в соответствии с учебной программой. Зачет по каждой практической работе студент получает после ее выполнения, а также ответов на вопросы преподавателя, если таковые возникнут при проверке выполненного задания. Образец оформления отчёта по лабораторной работе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра физики**

Лабораторная работа № 106

Определение скорости полета пули с помощью  
баллистического маятника

**ОТЧЕТ**

Выполнил:  
студент гр. УИ -15

Д.С. Иванов

Руководитель:  
ст.преподаватель

Д.И. Левит

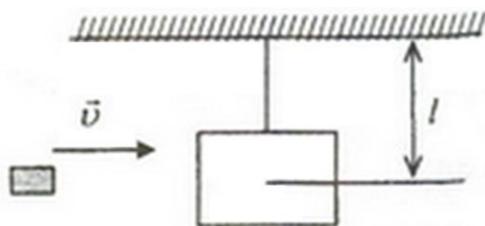
Братск 2016

**Цель работы:**

определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника с использованием законов сохранения импульса и энергии.

**Приборы и принадлежности:**

баллистический маятник,  
шкала (цена деления = 1 мм),  
пружинный пистолет,  
пуля,  
измерительная линейка (цена деления = 1 мм)

**Принципиальная схема рабочей установки:**

Тяжелое тело, подвешенное на двойном бифилярном подвесе.

**Рабочая формула:**

$$\langle v \rangle = \frac{M - m}{m} \cdot \langle S \rangle \sqrt{\frac{g}{l}},$$

$v$  – скорость пули,  $M$  – масса подвешанного груза;  $m$  – масса пули;  $S$  – горизонтальное смещение маятника;  $g$  – ускорение свободного падения;  $l$  – длина подвеса.

**Таблица результатов**

№	S	<S>	ΔS	M	m	l	g	<v>	Δv	E
	м	м	м	кг	кг	м	м/с <sup>2</sup>	м/с	м/с	%
1	0,039	0,04	0,0013	1,0485	0,03552	2	9,816	2,704	0,033	3,3
2	0,04									
3	0,042									
4	0,041									
5	0,038									
6	0,04									
7	0,041									

**Формула расчета погрешности:**

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

$$\Delta M = 0,05 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \quad \Delta m = 0,005 \cdot 10^{-3} \text{ кг}; \quad \Delta g = 0,5 \cdot 10^{-3}; \quad \Delta l = 0,5 \cdot 10^{-3};$$

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

где  $t_{p(n)}$  – коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности  $p=0,95$  и числа измерений  $N=7$ ;

$$\Delta S = 2,447 \cdot \sqrt{\frac{(0,039 - 0,04)^2 + (0,042 - 0,04)^2 + (0,041 - 0,04)^2 + (0,038 - 0,04)^2 + (0,041 - 0,04)^2}{7 \cdot 6}} = 0,0013$$

$$E = \frac{\Delta v}{v} = \frac{0,05 \cdot 10^{-3} + 0,005 \cdot 10^{-3}}{1,0485 + 0,03552} + \frac{0,005 \cdot 10^{-3}}{0,03552} + \frac{0,0013}{0,04} + \frac{1}{2} \left( \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{9,816} + \frac{0,5 \cdot 10^{-3}}{2} \right) = 0,033$$

$$E(\%) = 3,3\%;$$

$$\Delta v = E \cdot v$$

$$\Delta v = 0,033 \cdot 2,704 \approx 0,089 \text{ м/с}$$

**Конечный результат:**

$$v = \langle v \rangle \pm \Delta v = (2,7 \pm 0,1) \text{ м/с}$$

**Вывод:**

В ходе работы с помощью баллистического маятника была определена скорость полета пули. Погрешность измерения скорости полета пули составила приблизительно 3,3%.

## Лабораторная работа № 1

### Определение ускорения свободного падения

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

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

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

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 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 FPM-08.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Провести корректировку осевой установки шаров, ослабив фиксирующие гайки, установить шкалы 3, 4 таким образом, чтобы указатели подвесов занимали на шкалах нулевое положение.
2. Нажать клавишу «СЕТЬ».
3. Правый шар отодвинуть в сторону электромагнита и заблокировать его в этом положении, записать значение угла отклонения подвеса правого шара (1) от вертикали  $\alpha$ .
4. Нажать клавишу «ПУСК».

5. После столкновения шаров измерить по шкале углы отклонения шаров  $\alpha'_1$  (правый шар 1) и  $\alpha'_2$  (левый шар 2).
6. Измерение повторить 8 – 10 раз.
7. По формуле (103.9) вычислить скорость  $v$  правого шара до соударения. Подставив в эту же формулу вместо значения угла  $\alpha$  средние значения  $\langle \alpha'_1 \rangle$  и  $\langle \alpha'_2 \rangle$ , рассчитайте средние скорости  $\langle u_1 \rangle$ ,  $\langle u_2 \rangle$  шаров после соударения.
8. Результаты вычислений занести в таблицу.
9. Сделать вывод о выполнении законов сохранения энергии и импульса.

Вопросы для допуска к работе

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

Вопросы для защиты работы

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

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 3

#### Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника

*Цель работы:* разбор конкретных ситуаций соударений тел; виды соударений двух тел, определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника.

*Приборы и принадлежности:* баллистический крутильный маятник ФРМ-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 (11) 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  $0^\circ$  угловой шкалы.
4. Произвести выстрел, измеряя максимальный угол  $\alpha$  поворота маятника по угловой шкале (в радианах) и расстояние  $r$  от оси вращения маятника до точки застревания пули в пластине.
5. Отклонить рукой маятник на максимальный угол ( $\alpha$ ), 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.

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

7. Вычислить скорость пули  $v$  по формуле.

8. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

*Задания для самостоятельной работы:*

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке лабораторному занятию:* проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Подготовка к участию в тренинге, направленного на разбор конкретных ситуаций: абсолютно упругое и не упругое соударение двух тел.

*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?
5. Оцените погрешность метода измерения скорости пули.

*Вопросы для защиты работы*

1. Какой удар называется абсолютно упругим, 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.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

#### **Лабораторная работа № 4**

##### **Проверка основного уравнения динамики вращательного движения**

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

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Измерить штангенциркулем радиус большого и малого шкивов  $r_1$  и  $r_2$ .
2. Определить массу груза взвешиванием на технических весах с точностью  $\pm 0,1$  г.
3. Проверить соотношение. Для этого:

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

#### *Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Поясните физический смысл величин, входящих в данный закон, укажите единицы их измерения в «СИ».
3. Опишите устройство рабочей установки.
4. Оцените погрешность метода измерений величины углового ускорения.

#### *Вопросы для защиты работы*

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

#### *Задания для самостоятельной работы:*

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 5**

#### **Проверка закона сохранения механической энергии**

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

*Приборы и принадлежности:* наклонный желоб с миллисекундомером FPM-15, шарик.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента*

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

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

Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

1. Какие силы приводят к отсутствию скольжения при скатывании тела с наклонной плоскости? Укажите их на чертеже.
2. Сформулируйте закон сохранения механической энергии
3. Какие силы называются консервативными?
4. Какие силы называются консервативными? Диссипативными? Приведите примеры этих сил.
5. Поясните физический смысл силы трения сцепления  $F_{\tau}$ , и почему при отсутствии скольжения выполняется закон сохранения механической энергии.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

**Лабораторная работа № 6**

**Маятник Максвелла**

*Цель работы:* определение момента инерции маятника Максвелла.

*Приборы и принадлежности:* маятник Максвелла FPM-03, комплект сменных колец.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Включить клавишу «СЕТЬ»,
2. На ролик маятника надеть кольцо, 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

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

полученное

в

$i$ -ом

замере.

7. Со шкалы на вертикальной колонке прибора определить длину маятника.

8. По формуле, используя среднее значение времени  $\langle t_1 \rangle$  определить момент инерции  $J_1$  маятника.

9. Снять первое съемное кольцо и насадить на ролик второе кольцо массы  $m_{к2}$ , затем третье кольцо массы  $m_{к3}$ . Опыт повторить.

10. Оценить относительную  $E$  и абсолютную  $\Delta J$  погрешность результатов измерений.

11. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицы.

#### *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

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 7**

#### **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. Расположить подвижные грузы 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.

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  $\langle t_1 \rangle$  и определяют период колебаний

2. Раздвинуть подвижные грузы 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 найти среднее значение модуля кручения  $\langle D \rangle$ .

5. По формуле определить модуль сдвига материала проволоки.

6. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти абсолютные погрешности результатов  $\Delta D$  и  $\Delta G$ . 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 рабочие формулы для определения модуля кручения и модуля сдвига.

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 8**

#### **Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника**

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

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

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Привести маятник в состояние равновесия

2. Произвести 5 – 6 выстрелов, каждый раз отмечая смещения  $S$  указателя по шкале. Результаты измерений записать в таблицу. Определить среднее арифметическое значение смещения  $\langle S \rangle$ .

3. Вычислить скорость пули по формуле. Вычислить абсолютную погрешность прямых многократных измерений  $S$  по формуле:

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

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

4. Вычислить относительную погрешность измерения скорости пули

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

5. Найти абсолютную погрешность  $\Delta v = \langle v \rangle \cdot E$ .

6. Окончательный результат записать в виде  $v = \langle v \rangle \pm \Delta v$ .

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

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

#### *Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

### Лабораторная работа № 9

#### 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. 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 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;
7. По формуле вычислить момент инерции крутильного маятника.
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:* отчёт по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 10

#### 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. 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.

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

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

4. По формуле вычисляют значение  $\langle g \rangle$ .
5. 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.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 11**

#### **Изучение газовых законов**

*Цель работы:* изучение газовых законов; проверка уравнения Клапейрона.

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Воздух в закрытой колбе нагревают от комнатной температуры до 40 – 50 °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. По формулам вычисляют значения давлений  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  и объемов  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ , соответствующие температурам  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ .

3. Используя выражения осуществляют проверку закона Клапейрона. Результаты вычислений занести в таблицу

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Поясните, почему изучая поведение реальных газов, мы часто пользуемся моделью идеального газа?

2. Запишите основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа и поясните его.

3. Дайте понятие моля вещества, как рассчитывается количество молей идеального газа, число молекул газа?

4. Сформулируйте законы идеального газа. Приведите графики изотерм, изобар, изохор.

5. Используя уравнение Клапейрона, выведите и поясните уравнение.

6. Поясните физический смысл газовой постоянной  $R$ .

7. Что называется термодинамическим процессом?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 12**

#### **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. Наполняют баллон на три четверти водой и плотно закрывают пробкой, в которую вставлен капилляр.

2. Линейкой измеряют первоначальный уровень воды  $h_1$ . Открывают кран 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. Измеряют уровень жидкости  $h_2$  в сосуде. Объем вытесненной из баллона воды в мерном стакане будет равен объему воздуха  $V$ , вошедшего в баллон через трубку.

5. По формуле 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 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
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  $\langle\lambda\rangle$  (формулу

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 13**

#### **Определение отношений теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма**

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

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

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

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

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

Основная литература  
№ 1, № 2  
Дополнительная литература  
№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 14

#### Определение изменения энтропии реальных систем

*Цель работы:* на основании II закона термодинамики, используя экспериментальные данные, определить изменение энтропии реальных тел с целью развития у обучающихся профессиональных компетенций, приобретения навыков теоретического и экспериментального исследования, работы с научной аппаратурой, измерительными инструментами и навыков работы в команде.

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

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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. 2–8 для трех различных металлических тел
9. По формуле 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?

#### *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?

*Задания для самостоятельной работы:*

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

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию:* проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на обсуждение поведения замкнутых термодинамических систем и изменение их энтропии.

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

Основная литература  
№ 1, № 2  
Дополнительная литература  
№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 15** **Определение скорости звука в воздухе методом резонанса**

*Цель работы:* ознакомление с резонансным методом определения скорости звука.

*Приборы и принадлежности:* металлическая трубка с подвижным поршнем, электронный осциллограф, звуковой генератор, измерительная линейка, микрофон.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента*

1. включить генератор ГЗ-102 в сеть, Предварительно следует установить ручки на панели генератора: «множитель частот» – в положение 10, «регулировка напряжения» – в крайнее левое положение 50.
  2. Включают в сеть осциллограф.
  3. Медленно и равномерно отодвигается поршень от телефона по шкале, нанесенной на штоке, последовательно отмечают и записывают положения  $l_i$ , при которых сигнал на экране осциллографа максимально усиливается.
1. Вычисляется расстояние  $\delta l = l_{i+1} - l_i$ . Следует найти не менее пяти значений  $\delta l$ .
  2. По формуле вычисляют длину звуковой волны для каждого из опытов, вычисляют фазовую скорость распространения звука

3. Находят среднюю скорость звука и подсчитывают абсолютную и относительную погрешности результата, исходя из среднего значения искомой величины.
4. Измерения повторяют при частоте 2000 Гц.
5. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

1. Что называется механической волной? Какая волна является продольной? Поперечной?
2. Получите уравнение плоской бегущей волны.
3. Что называется интерференцией волн?
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 энергию и интенсивность бегущей волны.
10. Что называется высотой звука? От чего зависит громкость звука?
11. Что называется инфразвуком, ультразвуком? Расскажите об их применении.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

**Лабораторная работа № 16**

**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 с целью развития у обучающихся профессиональных компетенций, приобретения навыков теоретического и экспериментального исследования, работы с литературой и навыков работы в команде.

*Приборы и принадлежности:* сосуд с водой, капиллярная трубка, мерный стакан, секундомер, измерительная линейка.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Линейкой измеряют высоту уровня жидкости  $h_1$  в сосуде от поверхности
2. Опускают трубку свободным концом в мерный стакан, одновременно включают секундомер и измеряют время  $t$ , в течение которого через трубку в стакан перетекает жидкость объемом 0,1–0,2 литра
3. Измеряют высоту уровня жидкости в сосуде  $h_2$  после вытекания и высоту конца трубки  $h$  над поверхностью стойки.
4. Опыт повторяют 5 раз для одного и того же объема жидкости. Результаты измерений занесите в таблицу. По формуле рассчитайте значение коэффициента динамической вязкости  $\langle \eta \rangle$ , подставив среднее арифметическое значение времени  $\langle t \rangle$ .

5. Найдите абсолютную  $\Delta\eta$  и относительную  $E$  погрешность результата, исходя из табличного значения искомой величины  $\Delta\eta = |\eta - \eta_{табл}|$ ,

Коэффициенты динамической вязкости  $\eta$  воды при различных температурах

$t, ^\circ\text{C}$	20	22	23	24	25	26	28	30
$\eta, 10^{-3}$ Па·с	1,005	0,958	0,936	0,914	0,894	0,874	0,836	0,801

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

1. Объясните возникновение вязкости (внутреннего трения) в жидкостях и запишите формулу Ньютона.
2. Поясните физический смысл коэффициента вязкости  $\eta$  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.

*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 допуска к лабораторной работе.
3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию: проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на обсуждение поведения вязкой жидкости, возникновения вязкости в жидкостях, виды течения вязкой жидкости.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

**Лабораторная работа № 17**

**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; измерительная линейка; секундомер; шарики.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Измерить диаметр шарика  $D$  с помощью микроскопа.
2. С помощью линейки измерить расстояние  $l$  между кольцами.
3. Опустить шарик. В момент прохождения шариком верхнего кольца включить секундомер и измерить время  $t$  прохождения шариком расстояния  $l$  между кольцами.
4. Опыт повторить с пятью шариками.
5. По формуле определить значение  $\langle \eta \rangle$ .
6. Методом расчета погрешностей косвенных измерений находят относительную  $E$  и абсолютную  $\Delta \eta$  погрешность результата:

$$E = \frac{\Delta \eta}{\langle \eta \rangle} = \frac{\Delta \rho + \Delta \rho_{ж}}{\rho - \rho_{ж}} + 2 \frac{\Delta D}{D} + \frac{\Delta g}{g} + \frac{\Delta t}{\langle t \rangle} + \frac{\Delta l}{l}, \quad \Delta \eta = E \langle \eta \rangle,$$

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

**Лабораторная работа № 18**

**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 .

- Измерить величину сопротивления  $R_{x1}$ , а также последующих сопротивлений (три раза)
- Повторить измерения при  $l_1 < l_2$  и  $l_1 > l_2$ ,
- Измеряемая величина сопротивления определяется по формуле  $R_x = R \frac{l_1}{l_2}$ .
- Включить в цепь  $R_{x2}$  вместо  $R_{x1}$  и измерить его величину.
- Измерить величины сопротивлений последовательного и параллельного соединений  $R_{x1}$  и  $R_{x2}$ , включаемых вместо  $R_x$
- По формулам  $R_{x_{послед}} = R_{x1} + R_{x2}$  и  $R_{x_{пар}} = \frac{R_{x1} \cdot R_{x2}}{R_{x1} + R_{x2}}$  рассчитать значения величин сопротивлений
- Результат измерений занести в таблицу

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

- Используя законы Кирхгофа, выведите условия равновесия моста Уитстона.
- Нарисуйте электрическую цепь последовательного и параллельного соединения проводников и рассчитайте их сопротивления.
- От каких величин зависит сопротивление изотропного проводника?
- Каково практическое использование моста Уитстона?
- Дайте определение электрического потенциала, ЭДС, напряжения.
- 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

№ 4, № 7, № 8.

### **Лабораторная работа № 19**

#### **Изучение зависимости сопротивления металлов от температуры**

*Цель работы* - определение температурного коэффициента сопротивления меди.

*Приборы и принадлежности:* исследуемый медный проводник, измерительный мост или омметр, термометр.

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

Исследуемый проводник помещается в колбу, заполненную непроводящей жидкостью. Температура измеряется термометром.

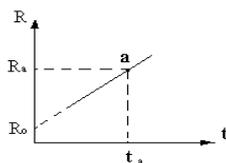
1. Исследуемый проводник  $R$  подключается в качестве неизвестного сопротивления к клеммам измерительного моста. Измеряют сопротивление исследуемого проводника при комнатной температуре.

2. При нагревании через каждые 5-10 °С измеряют сопротивление проводника. Измерения проводят до температуры 80-90 °С. Полученные результаты заносят в таблицу.

3. Строят зависимость  $R = f(t)$

4. Значение  $\alpha$  вычисляют по формуле  $\alpha = \frac{R_a - R_0}{R_0 t_a}$ .

5. Точка **a** – точка, выбранная вами на полученной прямой между двумя последними экспериментальными точками.



#### Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Почему сопротивление металлов увеличивается с возрастанием температуры?
3. Что называется температурным коэффициентом сопротивления? Выведите размерность температурного коэффициента сопротивления.

#### Вопросы для защиты работы

1. Объясните механизм проводимости в металлах.
2. В чем существенные отличия объяснения электрического сопротивления в классической теории металлов от квантовой?
3. Вывести формулу температурной зависимости удельного сопротивления.
4. Какие проводники называются проводниками I и II рода?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 20

#### Изучение работы электронного осциллографа

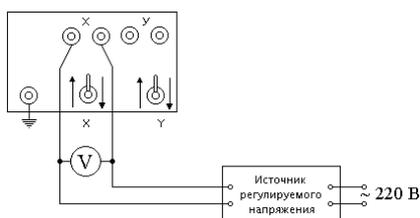
**Цель работы:** Ознакомление с принципом действия осциллографа. Определение чувствительности отклоняющих пластин электронно-лучевой трубки осциллографа.

**Приборы и принадлежности:** электронный осциллограф, вольтметр, регулируемый источник напряжения.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Определение чувствительности отклоняющих пластин трубки осциллографа.

1. Установить переключатели X и Y в верхнее положение.



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

3. Подключить к клеммам X источник напряжения и вольтметр и подать последовательно напряжение  $U_x = 15 \text{ В}, 20 \text{ В}, 25 \text{ В}, 30 \text{ В}$ . Для каждого значения измерить по координатной

сетке длину горизонтальной световой линии  $l_x$  в мм. То же самое повторить, подключая источник напряжения к клеммам Y.

4. Вычислить чувствительность горизонтальных отклоняющих пластин по формуле

$$j_y = \frac{l_y}{2U_y}, \quad j_x = \frac{l_x}{2U_x}.$$

5. Результаты измерения занести в таблицы.

6. Переключателем «диапазон развертки» и рукояткой «частота плавно» добиться того, чтобы на экране было видно несколько периодов синусоиды.

7. Полученную синусоиду зарисовать.

#### *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?

#### *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?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### **Лабораторная работа № 21**

#### **Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона**

*Цель работы* - изучение работы С-моста Уитстона и определение емкости конденсаторов; определение емкости конденсаторов при их последовательном и параллельном соединениях.

*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. 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.
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 .
6. По формулам  $C_{\text{пар.}} = C_{x1} + C_{x2}$ ,  $C_{\text{посл.}} = \frac{C_{x1} \cdot C_{x2}}{C_{x1} + C_{x2}}$
7. Результат измерений 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 емкостей.

### *Вопросы для защиты работы*

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

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### **Лабораторная работа № 22**

#### **Изучение электростатического поля**

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

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

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Собрать схему
2. На листе миллиметровой бумаги выбрать масштаб и заготовить сетки для каждой пары электродов А и В в соответствующем масштабе.
3. Установить движок потенциометра R на 1-е деление.
4. Перемещать зондовый электрод С( см. рис.3) в ванне до тех пор, пока вертикальная линия на экране осциллографа не сожмется в точку. На заготовленную координатную сетку нанести координаты положения зонда С.
5. Не меняя положения движка потенциометра R, найти еще 9-10 точек с таким же потенциалом  $\varphi$ . Соединить найденные точки линией, это и будет эквипотенциальная линия.
6. Определить потенциал и напряженность поля в 4-5 произвольно выбранных или заданных преподавателем точках для одного из смоделированных полей.
7. Полученные результаты занести в таблицу. Над таблицей следует указать, для какого поля проводились измерения.

### *Вопросы для допуска к работе*

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

### *Вопросы для защиты работы*

1. Дайте определение электростатического поля.
2. Назовите основные характеристики электростатического поля и их единицы измерения.

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

*Задания для самостоятельной работы:*

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке лабораторному занятию:*  
 проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.  
 Подготовка к участию в тренинге, направленного на разбор конкретных ситуаций:  
 распределение потенциала в различных конфигурациях электрических полей,  
 моделируемых с помощью электролитической ванны.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 23

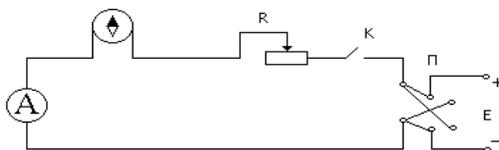
#### Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли

*Цель работы:* определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли с помощью тангенс-гальванометра. Разбор возможных типов магнитных полей созданных различными источниками их приёмы сложения их характеристик.

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Собрать электрическую цепь из тангенс-гальванометра, реостата  $R$ , ключа  $K$ , амперметра  $A$  и источника  $E$



2. Совместить плоскость кольца катушки с плоскостью магнитного меридиана.
3. Включить постоянный ток, движком реостата установить по круговой шкале компаса угол отклонения стрелки  $\alpha_1 = 45^\circ$ . Величину тока измерять по амперметру, угол  $\alpha_2$  – по шкале тангенс-гальванометра.
4. Поменять направление тока, поддерживая его по величине неизменным и проделать те же измерения
5. Вычислить  $\operatorname{tg} \langle \alpha \rangle$  и по формуле вычислить  $H_3$ . Все измеренные значения и результаты вычислений записать в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. Дайте понятие магнитного поля Земли.

3. Опишите метод определения горизонтальной составляющей магнитного поля Земли  $H_3$  с помощью тангенс-гальванометра.

4. Почему измерения выгоднее проводить при угле отклонения магнитной стрелки  $\alpha = 45^\circ$ ?

#### Вопросы для защиты работы

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

#### Задания для самостоятельной работы:

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке лабораторному занятию:* проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Подготовка к участию в тренинге, направленного на разбор конкретных ситуаций: магнитные поля созданные различными источниками.

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 24

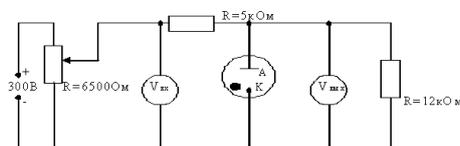
#### Изучение стабилитрона и снятие его характеристик

*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:



2. Медленно перемещая движок реостата 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.

4. Результаты измерений занести в таблицу.

5. Построить график зависимости  $U_{вых}$  от  $U_{вх}$ .

#### Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Объясните устройство, принцип действия и применение стабилитрона.
3. Какова роль балластного сопротивления?

### 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. Охарактеризуйте типы самостоятельного разряда.
7. Проанализируйте построенный Вами график зависимости  $U_{вых} = f(U_{вх})$ .

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

## Лабораторная работа № 25

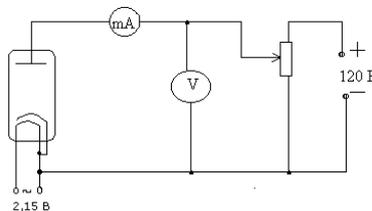
### Изучение вакуумного диода и определение удельного заряда электрона

**Цель работы:** исследование вольт-амперной 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 измерений

1. Собрать схему согласно



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 по полученной прямой и рассчитать по формуле

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

### Вопросы для допуска к работе

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

### Вопросы для защиты работы

1. Что называется термоэлектронной эмиссией?
2. Каким законам подчиняется ток в вакууме?
3. Объясните отклонение силы тока от закона Ома в вакуумном диоде.

4. Дайте анализ результатов вычислений и измерений.
5. Каковы Ваши критические замечания и суждения по данной работе?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 4, № 8

### Лабораторная работа № 26

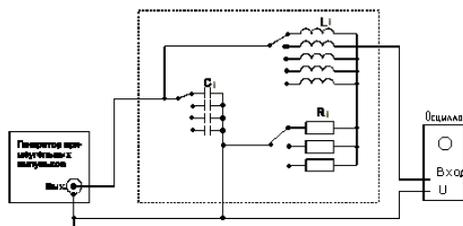
#### Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа

**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 энергии

**Приборы и принадлежности:** осциллограф, набор колебательных контуров с изменяемыми параметрами  $L$ ,  $C$ ,  $R$ ; генератор прямоугольных импульсов.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

Осциллограммы затухающих колебаний получить с помощью схемы



1. Зарисовать на кальку осциллограммы затухающих колебаний для тех же значений параметров  $L, C, R$  колебательного контура, затем перенести их на миллиметровую бумагу.
2. Измерить в миллиметрах величины соседних амплитуд  $U'_c$  и  $U''_c$ , отстоящих друг от друга на время равное одному периоду колебаний.
3. По формуле  $\lambda' = \ln \frac{U'_c}{U''_c}$ , рассчитать измеренное значение логарифмического декремента затухания.
4. Рассчитать значение логарифмического декремента затухания, исходя из параметров колебательного контура
5. 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.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 4, № 7

### Лабораторная работа № 27

#### Измерение удельного сопротивления

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

*Приборы и принадлежности:* установка FPM-01.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

1. Сформулируйте правила Кирхгофа для расчета разветвленных электрических цепей.
2. Выведите рабочие формулы.
3. При каких соотношениях  $R$ ,  $R_A$  и  $R_V$  пользуются первой схемой измерения? Второй? Объясните.
4. Сравните результаты, полученные в данной работе первым и вторым способом. Какие выводы можно сделать относительно точности измерений этими способами? Почему?
5. Почему в п.4 регулятор устанавливают в такое положение, чтобы стрелка вольтметра отклонялась не менее чем на  $2/3$  шкалы?
6. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
7. Сформулируйте физический смысл удельного сопротивления  $\rho$ .
8. От каких факторов зависит сопротивление  $R$  однородного изотропного металлического проводника?

*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 допуска к лабораторной работе.

3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию: проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на обсуждение законов постоянного тока и приемов расчета разветвленных электрических цепей.

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

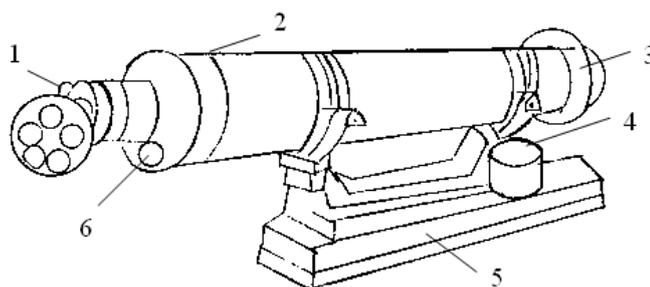
№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 28

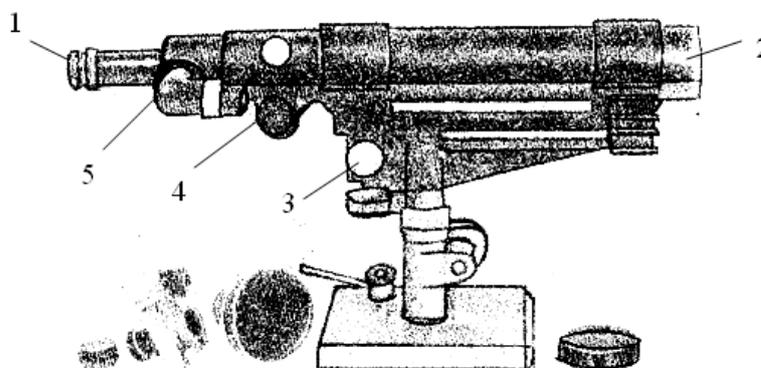
#### Изучение зрительной трубы

*Цель работы:* определение увеличения зрительной трубы и измерение ее предела разрешения.

*Приборы и принадлежности:* оптическая скамья ОСК-2; осветитель с конденсором, лампой накаливания 8В и матовым стеклом; зрительная труба; револьвер с миррой.



1 – винт поворота коллиматора в горизонтальной плоскости; 2 – маховичок поворота коллиматора в вертикальной плоскости; 3 – объектив; 4 – колпачок для предохранения объектива от пыли; 5 – станина; 6 – маховичок фокусировки.



1 – окуляр, 2 – объектив, 3 – винт для перемещения по вертикали, 4 – винт фокусировки, 5 – патрон освещения.

### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Включают осветитель.
2. Устанавливают позади окуляра зрительной трубы рейтер с матовым стеклом.
3. Передвигая рейтер с матовым стеклом, находят такое положение, при котором на матовом стекле отчетливо видно резко очерченное круглое светлое пятно – изображение оправы объектива.
4. Измеряют диаметр объектива зрительной трубы и диаметр его изображения.
5. По формуле  $\gamma = \frac{D_1}{D_2}$ , где  $D_1$  – диаметр объектива зрительной трубы;  $D_2$  – диаметр изображения объектива в окуляре, вычисляют увеличение зрительной трубы.
6. Сравнивают результат, найденный опытным путем, с теоретическим значением, рассчитанным по формуле (4):  $\gamma = \frac{f_1}{f_2}$ , где  $f_1 = 430$  мм – фокусное расстояние объектива зрительной трубы;  $f_2 = 21,5$  мм – фокусное расстояние окуляра зрительной трубы.
7. Вычисляют относительную погрешность. Результаты измерений и вычислений заносят в таблицу.

### *Вопросы для допуска к работе*

1. Сформулируйте цель работы.
2. Для чего предназначена зрительная труба и из каких основных частей она состоит?
3. Каковы методы определения увеличения зрительной трубы?
4. Как оценить разрешающую способность объектива зрительной трубы?

### *Вопросы для защиты работы*

1. Опишите ход лучей в зрительных трубах Кеплера и Галилея.
2. Что понимается под разрешающей способностью и критерием Релея?
3. Что представляет собой мира и для чего она используется?

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### **Лабораторная работа № 29**

#### **Определение показателя преломления стекла 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 (см. рис. 3).

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.

6. По формуле (8) вычисляют показатель преломления стекла.

7. Измерение истинной и кажущейся толщины каждой пластинки производят не менее трех раз; определяют среднее и истинное значение показателя преломления стекла. Полученные результаты измерения 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. При каких условиях справедлива формула (11)?
6. Выведите формулу для расчета относительной погрешности, пользуясь дифференциальным методом.

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

### **Лабораторная работа № 30**

#### **Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки**

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

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

### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Включают лампу накаливания;
2. Передвигают ползушку с прорезанной в ней щелью, устанавливая расстояние  $R$ - от щели до решётки, заданное преподавателем.
3. Измеряют расстояния  $S$  – от центра щели, до красной линии спектра первого порядка, от центра щели до зелёной линии спектра первого порядка и от центра щели до фиолетовой линии спектра первого порядка (см. рис. 9).
4. Изменяют расстояние  $R$ , перемещая ползушку на следующее заданное расстояние и измеряют следующие значения  $S$  – от центра щели до красной, зелёной, фиолетовой линии спектра первого порядка.
5. Данные заносят в таблицу, которая представлена ниже.
6. Вычисляют длину волн по формуле (19), 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?

### *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 допуска к лабораторной работе.
3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию: проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на обсуждение дифракционного спектра, определения спектрального состава излучения.

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

Основная литература  
№ 1, № 2

Дополнительная литература  
№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 31

#### Определение концентрации сахара в растворе по углу вращения плоскости поляризации

*Цель работы:* градуирование 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, ювета поляриметрическая, растворы сахара.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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 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. 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

№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 32

#### Изучение явления поляризации света

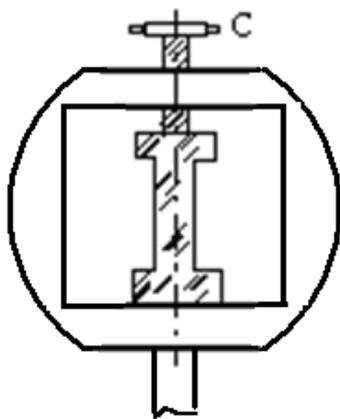
*Цель работы:* получение и наблюдение картины распределения механических напряжений в прозрачных моделях; проверка закона Малюса.

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

Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

Задание А. Наблюдение картины распределения механических напряжений

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



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

Задание В. Проверка закона Малюса

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

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

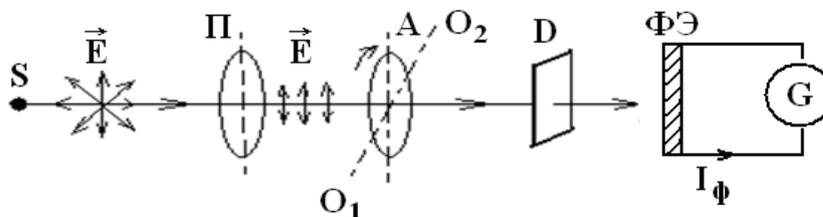


Рис. 2

*S* – источник света; *П* – поляризатор; *А* – анализатор;  
*O*<sub>1</sub>*O*<sub>2</sub> – ось вращения анализатора; *D* – матовое стекло;  
*ФЭ* – фотоэлемент; *G* – гальванометр.

Анализатор *A* может вращаться вокруг оси *O*<sub>1</sub>*O*<sub>2</sub> (см. рис. 9). Поворачивая анализатор, изменяем интенсивность света, падающего на фотоэлемент *ФЭ*, соединенный с гальванометром. В зависимости от интенсивности света сила фототока *I*<sub>ф</sub> будет меняться. Для проверки закона Малюса снимают зависимость силы фототока *I*<sub>ф</sub> от квадрата косинуса угла  $\varphi$ .

Вопросы для допуска к работе

1. Сформулируйте цель работы.
2. В чем заключается явление поляризации света?
3. В чем различие естественного света от поляризованного?
4. В чем заключается явление фотоупругости?

5. Сформулируйте закон Малюса.
6. Опишите порядок проведения работы.

### *Вопросы для защиты работы*

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

### *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 допуска к лабораторной работе.

3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию: проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы.

Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на обсуждение градуировки монохроматора, определения дисперсии и разрешающей способности призмы монохроматора.

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 4, № 7

### **Лабораторная работа № 33**

#### **Изучение спектрального аппарата**

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

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

#### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

Задание А. Отградуировать монохроматор.

1. Включают ртутную лампу.
2. Поворачивая барабан, просматривают через окуляр весь спектр. На рисунке 4 изображен вид поля зрения окуляра с набором спектральных линий и указателем.
3. Совмещают с указателем окуляра последовательно линии ртути от красной до фиолетовой и делают отсчеты по барабану монохроматора, отмечая цвет линий.



4. Измерения повторяют два раза. При этом следует подводить каждую линию к центру щели только с одной стороны во избежание погрешности за счет люфта барабана.

5. Полученные данные заносят в таблицу 1.

6. Вычисляют среднее значение показаний барабана для каждой линии.

7. По данным таблицы 1 строят градуировочную кривую монохроматора  $N_{\text{бар}} = f_1(\lambda)$ . Масштаб следует выбрать так,

чтобы диаграмма была достаточно большой и позволяла чётко определить длину волны до 1 нм.

Таблица результатов 1

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

Задание В. Рассчитать линейную дисперсию прибора.

- По градуировочной кривой монохроматора определяют интервалы значений показаний барабана  $\Delta N_{\text{бар}}$  для следующих участков спектра: 410, 450, 490, 530, 570, 610 нм (см. рис. 2). Величина  $\Delta\lambda$  берется по указанию преподавателя. Данные заносят в таблицу.

Таблица результатов 2

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

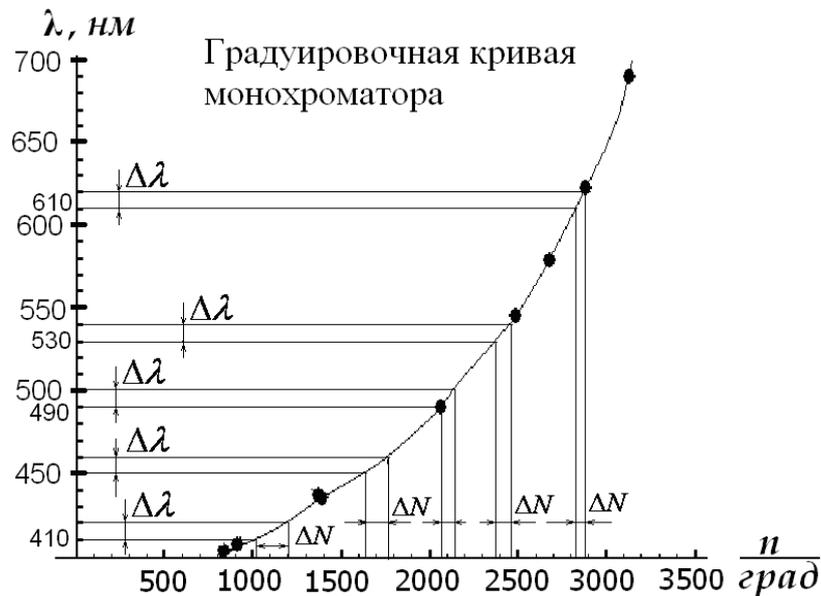


Рис. 2

2. Переводят интервалы показаний барабана  $\Delta N_{\text{бар}}, \dots^\circ$  в интервалы угла поворота диспергирующей призмы  $\Delta\varphi''$ , учитывая, что  $2^\circ$  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 (1) вычисляют угловую дисперсию монохроматора, заменяя малые интервалы  $\delta\varphi$  и  $\delta\lambda$  на  $\Delta\varphi$  и  $\Delta\lambda$ .

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

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

Основная литература  
№ 1, № 2  
Дополнительная литература  
№ 4, № 7, № 8.

### Лабораторная работа № 34 Исследование дифракции Фраунгофера

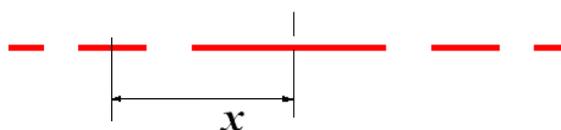
*Цель работы:* исследование дифракции света на прозрачной одномерной и прозрачной двумерной дифракционных решетках; определение параметров дифракционных решеток.

*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 (9).
3. Поверните турель 2 и установите нужный исследуемый объект - например одиночную щель;
4. с помощью ручки 3 установите угол  $0^0$ ;
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 на  $30^0$ , а затем на  $60^0$ , 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, и установите другой исследуемый объект - две щели;



Дифракционная картина от двух щелей при угле  $0^0$

11. установите ручкой 3 угол  $0^0$ ,  $30^0$ , а затем  $60^0$  и наблюдайте изменения дифракционной картины;
12. на своём рисунке измерьте координату максимума первого порядка  $x_k$  (см рис.). 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 таблицу1;
13. повторите аналогичные опыты для четырёх щелей.

Таблица результатов 1

Угол падения лучей	L, мм	Одна щель		Две щели		Четыре щели	
		x, мм	a, мм	x, мм	d, мм	x, мм	d, мм
0°	465						

**Задание В. Определение постоянной дифракционной решетки**

- Включите лазерный монохроматический источник света – тумблер сеть, см. рис. 8 ( $\lambda = 0.65$  мкм, что соответствует красному видимому свету);
- поверните турель 2 и установите первый объект исследования – одномерную дифракционную решетку;
- с помощью ручки 3 установите угол поворота решетки  $0^\circ$ .
- Положите лист белой или миллиметровой бумаги на основание оптического блока ( 9) . На бумаге должна появиться дифракционная картина (ряд чередующихся красных полосок - см рис. );
- зарисуйте дифракционную картину;
- поверните ручку 3 на  $30^\circ$ , а затем на  $60^\circ$ , наблюдайте изменения дифракционной картины при каждом угле;
- по своему рисунку измерьте положение максимума первого порядка  $x$ . Результаты запишите в таблицу;
- по формуле  $d = \frac{m \cdot \lambda \cdot L}{x}$  определите постоянную дифракционной решетки  $d$ . (Расстояние  $L = 465$  мм,  $m = 1$  );
- поверните турель и установите другой исследуемый объект - двумерную дифракционную решетку;
- установите ручкой угол  $0^\circ$  и зарисуйте дифракционную картину ;
- поверните ручку на  $30^\circ$ , а затем на  $60^\circ$ , наблюдайте изменения дифракционной картины при каждом угле.
- на своём рисунке нанесите координатные оси X , Y. Измерьте расстояния  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – для главных дифракционных максимумов .
- 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
- Результаты занесите в таблицу.

Таблица результатов 2

	L, мм	Одномерная дифракционная решётка		Двухмерная дифракционная решётка			
		x, мм	d <sub>1</sub> , мм	x, мм	y, мм	d <sub>1</sub> , мм	d <sub>2</sub> , мм
0°	465						

*Вопросы для допуска к работе*

- Сформулируйте цель работы.
- 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: отчёт по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 4, № 7

### **Практическое занятие №1**

*Тема:* Кинематика поступательного и вращательного движения.

*Цель занятия:* решение физических задач с помощью кинематических уравнений движения и графиков, определение положения тела в пространстве в любой момент времени. Определение кинематических характеристик движения – скорости и ускорения.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия:

№ 1

Найти скорость и ускорение точки, движущейся прямолинейно в момент времени 4 с. Движение точки задано уравнением  $S = 8t^3 - 6t^2 + 10$

№ 2

Точка движется по окружности радиусом 2м согласно уравнению  $\xi = 2t^3$ .

В какой момент времени нормальное ускорение точки будет равно тангенциальному. Определить полное ускорение в этот момент.

№ 3

Диск радиусом 10см, находящийся в состоянии покоя начал вращаться с постоянным угловым ускорением  $0.5 \text{ рад/с}^2$ . Найти тангенциальное, нормальное и полное ускорения точек на окружности диска в конце второй секунды после начала вращения.

№ 4

Колесо автомашины вращается равноускоренно. Сделав  $N = 50$  полных оборотов, оно изменило частоту вращения от  $n_1 = 240 \text{ мин}^{-1}$  до  $n_2 = 360 \text{ мин}^{-1}$ . Определить угловое ускорение колеса.

№ 5

Колесо радиусом  $R = 0.2\text{м}$  вращается так, что зависимость угла поворота радиуса колеса от времени дается уравнением  $\varphi = 1 + 2t^2 + t^3$ . Для точек лежащих на ободе колеса, найти через 2 с после начала движения: угловую скорость, линейную скорость, угловое ускорение, тангенциальное и нормальное ускорение.

№ 6

Колесо радиусом 10см вращается так, что зависимость линейной скорости точек, лежащих на ободе колеса, от времени движения определяется уравнением  $v = 4t + t^2$ . Найти угол, составляемый вектором полного ускорения с радиусом колеса в момент времени 2 с после начала движения.

*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, № 5.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Какое движение называется поступательным, вращательным?
2. Чему равна мгновенная скорость, ускорение при поступательном движении.
3. Приведите формулы связывающие угловые и линейные величины.

**Практическое занятие № 2**

*Тема:* Динамика поступательного и вращательного движения.

*Цель занятия:* решение физических задач используя законы динамики поступательного и вращательного движения тел.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Найти: 1) скорость шара, который скатывается с плоскости высотой 4 м. 2) скорость бруска, который соскальзывает с плоскости высотой 4 м

№ 2

Шар массой 10 кг и радиусом 20 см вращается вокруг оси, проходящей через его центр. Уравнение вращения шара имеет вид:  $\varphi = 1 + 4t^2 - t^3$ . Найти момент сил  $M$  в момент времени  $t = 2$  с.

№ 3

Колесо вращаясь равнозамедленно при торможении уменьшило за 1 мин частоту вращения от 300 об/мин до 180 об/мин. Момент инерции колеса  $J = 2 \text{ кг м}^2$ . Найти угловое ускорение, момент сил торможения, работу сил торможения и число оборотов, сделанных колесом за эту минуту.

№ 4

Найти работу подъема груза по наклонной плоскости длиной 2 м, если масса груза 100 кг, угол наклона  $30^0$ , коэффициент трения 0.2, груз движется ускорением  $1 \text{ м/с}^2$ .

№ 5

С какой скоростью вылетит из пружинного пистолета шарик массой 10 г, если пружина была сжата на 5 см. жесткость пружины равна 200 Н/м?

№ 6

Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком стержне и застревает в нем. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара. Длина стержня 1 м. Найти скорость пули, если стержень после удара отклонился на угол  $30^0$ .

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 5.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Сформулировать законы Ньютона
2. Назовите основные силы в механике
3. Что называется моментом силы
4. Запишите основной закон динамики вращательного движения

### Практическое занятие № 3

*Тема:* Законы сохранения. Работа. Мощность.

*Цель занятия:* развитие у обучающихся профессиональных компетенций, приобретения навыков практического использования законов сохранения, понятий мощности, работы для решения конкретных физических задач.

Задание: решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Найти линейные скорости:

- 1) шарика скатывающегося с наклонной плоскости высотой 10 м
- 2) тела соскальзывающего с наклонной плоскости высотой 10 м

№ 2

На какую высоту над поверхностью Земли поднимется ракета, пущенная вертикально вверх, если начальная скорость ракеты равна первой космической скорости (8 км/с)

№ 3

Пуля массой 10 г вылетает со скоростью 300 м/с из дула автоматического пистолета, масса затвора которого 200 г. Затвор пистолета прижимается к стволу пружиной жесткостью  $K = 25 \text{ кН/м}$ . на какое расстояние отойдет затвор после выстрела. Считать пистолет жестко закрепленным.

№ 4

Вагон массой 12 т двигался со скоростью 1 м/с. Налетев на пружинный буфер, он остановился, сжав пружину буфера на 10 см. найти жесткость пружины.

№ 5

Пуля, летящая горизонтально, попадает в шар, подвешенный на легком стержне и застревает в нем. Масса пули в 1000 раз меньше массы шара. Длина стержня 1 м. Найти скорость пули, если стержень после удара отклонился на угол  $30^\circ$ .

№ 6

Человек стоит на скамье Жуковского и ловит рукой мяч массой 0.4 кг, летящий в горизонтальном направлении со скоростью 20 м/с. Траектория мяча проходит на расстоянии 0.8 м от вертикальной оси вращения скамьи. С какой угловой скоростью начнет вращаться скамья Жуковского с человеком, поймавшим мяч, если суммарный момент инерции человека и скамьи  $= 6 \text{ кг м}^2$ .

*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. 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.
10. После проверки размерности полученных расчетных формул приводится численное решение задачи.
11. Интерактивная форма занятия - тренинг в малой группе.

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 5.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Сформулировать законы сохранения импульса, механической энергии, момента импульса.
2. Какая система называется замкнутой
3. Приведите формулу для работы силы, мощности.
4. Приведите единицы измерения работы, мощности

*Задания для самостоятельной работы:*

1. Проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. Ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

3. Подготовиться к тренингу в малых группах.

*Рекомендации по выполнению заданий и подготовке практическому занятию:* проработка лекционного материала, основной и дополнительной литературы. Конспектирование прочитанных литературных источников. Подготовка к участию в тренинге в формате малой группы, направленного на решение конкретных физических задач используя законы сохранения в механике.

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.

#### **Практическое занятие № 4**

*Тема:* Молекулярно-кинетическая теория.

*Цель занятия:* Решить физические задачи используя основные положения МКТ

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Определить количество вещества и число молекул азота массой 0.2 кг.

№ 2

Кислород находится при нормальных условиях и имеет объем  $V=11$  л. Определить количество вещества газа  $\nu$  и его массу.

№ 3

Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы водяного пара при температуре  $T = 600$  К. Найти среднее значение полной кинетической энергии молекулы, а также кинетическую энергию поступательного движения всех молекул пара, содержащего количество вещества 1 кмоль.

№ 4

Колба вместимостью 4 л содержит некоторый газ массой 0.6 г под давлением 200 кПа. Определить среднюю квадратичную скорость молекул газа.

№ 5

Определить среднюю арифметическую скорость молекул газа, если их средняя квадратичная скорость 1 км/с

№ 6

На сколько уменьшится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 100 м. Считать, что температура воздуха равна 290 К и не изменяется с высотой.

*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, № 5.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Запишите основное уравнение МКТ
2. Назовите основные положения МКТ

**Практическое занятие № 5**

*Тема:* Термодинамика.

*Цель занятия:* применение первого и второго законов термодинамики для решения практических задач.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Определить среднюю кинетическую энергию поступательного движения и среднее значение полной кинетической энергии молекулы водяного пара при температуре 600 К. найти также кинетическую энергию поступательного движения всех молекул в количестве вещества 1 кмоль.

№ 2

При какой температуре молекулы кислорода имеют такую же среднюю квадратичную скорость, как и молекулы водорода при температуре 100 К

№ 3

На сколько уменьшится атмосферное давление 100 кПа при подъеме наблюдателя над поверхностью Земли на высоту 100 м. температура воздуха 290 К и не изменяется с высотой.

№ 4

Баллон вместимостью 10 л содержит водород массой 1г. Определить среднюю длину свободного пробега молекул. Эффективный диаметр молекул водорода 0.28 нм.

№ 5

При адиабатном сжатии кислорода массой 1 кг совершается работа 100 кДж. Определить конечную температуру газа, если до сжатия кислород находился при температуре 300 К.

№ 6

Баллон вместимостью 20 л содержит водород при температуре 300 К под давлением 0.4 МПа. Каковы будут температура и давление, если газу сообщить количество теплоты 6 кДж.

*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, № 5.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Сформулируйте первый закон термодинамики
2. Сформулируйте второй закон термодинамики
3. Примените первый закон термодинамики к различным изопроцессам

## Практическое занятие № 6

*Тема:* Электростатика.

*Цель занятия:* решение физических задач используя законы электростатики и современные представления об электрических полях.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Расстояние между двумя точечными зарядами  $Q_1 = 8$  нКл и

$Q_2 = - 5.3$  нКл равно 40 см. Найти напряженность электрического поля в точке лежащей посередине между зарядами.

№ 2

Электрическое поле создано двумя зарядами  $Q_1 = 40$  нКл и  $Q_2 = -10$  нКл, находящимися на расстоянии 10 см друг от друга. Найти напряженность электрического поля в точке удаленной на расстояние 12 см от первого заряда и 6 см от второго заряда  
№ 3

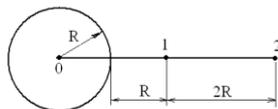
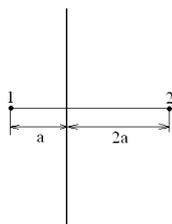
Определить потенциал электрического поля в точке удаленной от зарядов  $Q_1 = -0.2$  мкКл и  $Q_2 = 0.5$  мкКл на расстояние 15 см от первого заряда и 25 см от второго заряда  
№ 4

Бесконечная прямая нить несёт равномерно распределенный заряд  $\tau = 0.1$  мкКл/м. определить работу сил поля по перемещению заряда 50 нКл из точки 1 в точку 2.  
№ 5

Точечные заряды  $Q_1 = 1$  мКл и  $Q_2 = 0.2$  мКл находятся на расстоянии 10 см друг от друга. Какую работу совершат силы поля, если второй заряд удалится от первого: 1) на расстояние 20 см 2) на бесконечность.

№ 6

Электрическое поле создано отрицательно заряженным металлическим шаром. Определить работу внешних сил по перемещению заряда 40 мКл из точки с потенциалом  $\phi_1 = -300$  В в точку с потенциалом  $\phi_2$



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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 5, № 7.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Назовите основные характеристики электростатического поля
2. Что называется напряженностью, потенциалом электростатического поля?
3. Запишите теорему Гаусса

### **Практическое занятие № 7**

*Тема:* Электрический ток.

*Цель занятия:* решение физических задач с использованием законов постоянного электрического тока.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Определить плотность тока в железном проводнике длиной 10 м, если провод находится под напряжением 6 В. Удельное сопротивление железа  $98 \cdot 10^{-8}$  Ом

№ 2

Сколько витков нихромовой проволоки диаметром 1 мм надо намотать на фарфоровый цилиндр радиусом 2.5 см, чтобы получилась печь сопротивлением 40 Ом. Удельное сопротивление нихрома  $10^{-6}$  Ом

№ 3

Сколько воды можно вскипятить, затратив 3кВтч электроэнергии. Начальная температура воды  $10^{\circ}\text{C}$ . Потерями тепла пренебречь. (1кВтч = 3,6 МДж) Удельная теплоемкость воды 4190 Дж/кгК

№ 4

Лампочка и реостат, соединены последовательно, присоединены к источнику тока. Напряжение на лампочке 40 В, сопротивление реостата 10 Ом. Внешняя цепь потребляет мощность 120 Вт. Найти силу тока в цепи.

№ 5

Сила тока в проводнике сопротивлением 100 Ом равномерно нарастает от нуля до 10 А за 30 с. Определить количество теплоты выделившееся за это время в проводнике.

*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, № 5, № 7.

*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.

*Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Что называется электрическим током?
2. Запишите закон Джоуля Ленца.
3. Запишите закон Ома для участка цепи, для замкнутой цепи.

## Практическое занятие № 8

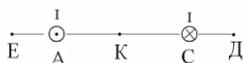
*Тема:* Магнитное поле.

*Цель занятия:* решить физические задачи с использованием основных характеристик магнитного поля и основных законов электромагнетизма.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

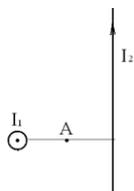
№ 1

Два прямолинейных бесконечно длинных проводников с током находятся на расстоянии  $AC = 10$  см.  $I_1 = 20$  А,  $I_2 = 30$  А. Найти напряженность магнитного поля в точках Е, К, Д. Расстояние  $EA = 2$  см,  $AK = 4$  см,  $CD = 3$  см



№ 2

Два бесконечно длинных прямых провода скрещены под прямым углом. По проводам текут токи  $I_1 = 80$  А,  $I_2 = 60$  А. расстояние между проводами 10 см. Определить магнитную индукцию в точке А, одинаково удаленной от обоих проводников.



№ 3

Проволочный виток радиусом 5 см находится в однородном магнитном поле напряженностью 2 кА/м. Плоскость витка образует угол  $60^\circ$  с направлением поля. По витку течет ток 4 А. Найти механический момент, действующий на виток.

№ 4

Квадратная рамка со стороной 10 см находится в однородном магнитном поле с индукцией  $B = 0.04$  Тл. Определить магнитный поток пронизывающий контур, если плоскость рамки составляет угол  $30^\circ$  с линиями индукции

№ 5

Электрон движется по окружности в однородном магнитном поле напряженностью 10 кА/м. Вычислить период вращения электрона. Масса электрона  $9.1 \cdot 10^{-31}$  кг, заряд =  $1.6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

№ 6

Перпендикулярно магнитному полю с индукцией  $B = 0.1$  Тл возбуждено электрическое поле напряженностью  $E = 100$  кВ/м. перпендикулярно обоим полям движется, не отклоняясь от прямолинейной траектории заряженная частица. Вычислить скорость частицы.

*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, № 5, № 7.

#### *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.

#### *Контрольные вопросы для самопроверки:*

1. Назовите характеристики магнитного поля.
2. Чему равно магнитная индукция созданная проводником с током, в центре кругового тока?
3. что называется магнитным потоком?

### Практическое занятие № 9

*Тема:* Электромагнитные явления.

*Цель занятия:* решить физические задачи с использованием основных характеристик магнитного поля и основных законов электромагнетизма.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

#### № 1

В однородном магнитном поле ( $B=0,1\text{Тл}$ ) равномерно с частотой  $n=10\text{с}^{-1}$  вращается рамка, содержащая  $N=1000$  витков, плотно прилегающих друг к другу. Площадь рамки  $S$  равна  $150\text{см}^2$ . Определить мгновенное значение ЭДС индукции, соответствующее углу  $\varphi$  поворота рамки, равному  $30^\circ$ .

#### № 2

Соленоид, сопротивление которого  $R=2\text{Ом}$ , подключается к аккумулятору с ЭДС  $E=8\text{В}$ . Спустя время  $t=0.01\text{с}$ , сила тока в цепи достигает значения  $I=1\text{А}$ . Определить коэффициент самоиндукции соленоида, если сопротивление аккумулятора ничтожно мало.

#### № 3

Соленоид с сердечником из немагнитного материала содержит  $N=1200$  витков провода, плотно прилегающих друг к другу. При силе тока  $I=4\text{А}$  магнитный поток  $\Phi=6\text{мкВб}$ . Определить индуктивность  $L$  соленоида и энергию  $W$  магнитного поля соленоида.

№ 4

По замкнутой цепи с сопротивлением  $R=300\text{Ом}$  течет ток. Через время  $t=8\text{мс}$  после размыкания цепи сила тока в ней уменьшилась в 10 раз. Определить индуктивность  $L$  цепи.

№ 5

При какой силе тока  $I$  в прямолинейном проводе бесконечной длины на расстоянии  $r=5\text{см}$  от него объемная плотность энергии магнитного поля будет  $w=1\text{мДж/м}^3$ ?

*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, № 5, № 7.

## Практическое занятие № 10

*Тема:* Оптика.

*Цель занятия:* решить физические задачи с использованием основных понятий, характеристик и основных законов геометрической и физической оптики.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

От двух когерентных источников  $S_1$  и  $S_2$  ( $\lambda=0.8\text{мкм}$ ) лучи попадают на экран. На экране наблюдается интерференционная картина. Когда на пути одного из лучей перпендикулярно ему поместили мыльную пленку ( $n=1.33$ ), интерференционная картина изменилась на противоположную, при какой наименьшей толщине  $d_{\min}$  пленки это возможно?

№ 2

Плосковыпуклая линза положена на стеклянную пластинку, причем вследствие попадания пыли между линзой и пластинкой нет контакта. Радиусы пятого и

пятнадцатого темных колец Ньютона, наблюдаемых в отраженном свете, соответственно равны  $r_5=0.7\text{мм}$ ,  $r_{15}=1.7\text{мм}$ . Определите радиус кривизны выпуклой поверхности линзы, если система освещается светом с длиной волны  $\lambda=581\text{нм}$ .

№ 3

Сколько максимумов дает дифракционная решетка, имеющая  $N=500$  штрихов на  $l=1\text{мм}$ ? Длина волны падающего нормально на решетку света равна  $\lambda=0.598\text{мкм}$ . Определить угол  $\varphi$ , соответствующий максимуму наибольшего порядка.

№ 4

Пучок естественного света падает на полированную поверхность стеклянной пластины, погруженной в жидкость. Отраженный от пластины пучок образует угол  $\varphi=85^\circ$  с падающим пучком (рис.4). Определить показатель преломления  $n_1$  жидкости, если отраженный свет максимально поляризован.

№ 5

Определить, во сколько раз уменьшится интенсивность естественного света, прошедшего через два николя  $N_1$  и  $N_2$ , плоскости поляризации которых составляют угол  $\alpha=60^\circ$ . При прохождении каждого из николей потери на поглощение света составляют 10% света, падающего на него.

№ 6

На металлическую пластинку падает монохроматический пучок света с длиной волны  $\lambda=0.413\text{мкм}$ . Поток фотоэлектронов, вырываемых с поверхности металла, полностью задерживается разностью потенциалов  $U=1\text{В}$ . Определить работу выхода и красную границу фотоэффекта.

№ 7

Определить, во сколько раз максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов, вырываемых с поверхности цезия монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda=155\text{нм}$ , превосходит среднюю энергию теплового движения электронов при  $30^\circ\text{С}$ .

№ 8

Электрон, начальной скоростью которого можно пренебречь, прошел ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Найти длину волны де Бройля электрона для двух случаев: 1)  $U_1=51\text{В}$ ; 2)  $U_2=510\text{кВ}$ .

№ 9

Определить полную лучеиспускательную способность Земли и длину волны, соответствующую максимуму её излучения. Считать Землю абсолютно черным телом с температурой поверхности  $7^\circ\text{С}$ .

№ 10

В результате нагревания абсолютно черного тела длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости, сместилась с  $\lambda_1=3,6\text{мкм}$  до  $\lambda_2=0,9\text{мкм}$ . Определить, во сколько раз увеличилась: 1) энергетическая светимость тела; 2) максимальная спектральная плотность энергетической светимости тела.

*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, № 5, № 7.

### Практическое занятие № 11

*Тема:* Атом. Атомное ядро. Радиоактивность.

*Цель занятия:* решить физические задачи с использованием основных характеристик и основных законов физики атома, атомного ядра, радиоактивности.

*Задание:* решение задач по теме практического занятия.

№ 1

Вычислить для основного состояния ( $n=1$ ) атома водорода радиус круговой орбиты электрона и его скорость.

№ 2

Электрон в атоме водорода перешел с четвертого энергетического уровня на второй. Определить энергию испущенного при этом фотона.

№ 3

Пользуясь теорией Бора, вычислить угловую скорость  $\omega$  и период обращения  $T$  электрона на третьей стационарной орбите атома водорода.

№ 4

Во сколько раз энергия фотона, соответствующая пятой линии серии Лаймана, больше энергии фотона, соответствующего пятой линии серии Бальмера?

№ 5

Какую энергию получил невозбужденный ион бериллия ( $B^{+++}$ ), если его электрон перешел с первого энергетического уровня на третий.

№ 6

Пользуясь теорией Бора, определить для однократно ионизованного иона гелия ( $He^+$ ) потенциал ионизации и первый потенциал возбуждения.

№ 7

Определить начальную активность радиоактивного препарата магния  $^{27}_{12}Mg$  массой  $m=0.2$ мкг, а также его активность через  $t=6$ ч.

№ 8

Вычислить дефект массы, полную и удельную энергию связи ядра изотопа кислорода  $^{16}_8\text{O}$ .

№ 9

Вычислить энергетический эффект ядерной реакции  $^4_2\text{He} + ^{10}_5\text{B} \rightarrow ^1_1\text{H} + ^{13}_6\text{C}$ . Освобождается или поглощается энергия?

№ 10

Определить порядковый номер и массовое число изотопа, который получается из ядер изотопа  $^{233}_{91}\text{Pa}$  в результате одного  $\beta$ - и двух  $\alpha$ -превращений.

*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, № 5, № 7.

## 9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

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

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

Пример такой записи.

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

Записывают:

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

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

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

Фрагмент задачи из раздела «Электромагнетизм».

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

Записывают:

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

$$N = 100 \text{ витков};$$

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

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

Еще один пример задачи из раздела «Оптика».

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

Записывают:

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

здесь слово «штрихи» можно опустить, тогда :

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

3. Все задачи следует решать в международной системе единиц (СИ).

4. К большей части задач необходимы поясняющие чертежи или графики с обозначением всех величин. Чертежи следует выполнять аккуратно при помощи чертежных инструментов; объяснение решения должно быть согласовано с обозначениями на чертежах.

5. Необходимо указать физические законы, которые должны быть использованы, и аргументировать возможность их применения для решения данной задачи.

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

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

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

9. Получив расчетную формулу, необходимо проверить ее размерность.

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

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

где  $V_0$  – скорость движения тела в начальный момент времени.

Осуществим проверку размерности полученной формулы:

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

Здесь, исходя из второго закона Ньютона, единицу измерения силы 1Н 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  $3,47 \cdot 10^{-4}$ .

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

- ОС Windows 7 Professional
- Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
- Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.

#### **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 или ПЗ</i>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
ЛР	Лаборатория механики и молекулярной физики	ФРМ –07- для измерения ускорения свободного падения	1
		ФРМ –08- для измерения импульса и механической энергии	2
		ФРМ –09- для определения скорости полета пули	3
		ФРМ –15 – маятник Обербека	4
		ФРМ –07- наклонный маятник	5
		ФРМ –03- маятник Максвелла	6
		ФРМ –05- крутильный маятник с миллисекундомером	7, 9
		ФРМ –06- универсальный маятник	8
		ФРМ - 10	10, 11
		Установка для определения коэффициента упругости пружины	12
		Звуковой генератор ГЗ- 109, осциллограф Н3013	13
		Генератор сигналов низкочастотный ГЗ- 102, осциллограф Н3013	14
		Установки для определения динамической вязкости воды	15, 16
		Установки для определения динамической вязкости воздуха	17
		Установка для определения коэф. поверхностного	18

		натяжения жидкости	
		Катетометр МК-8	19
		Установка для изучения газовых законов	20
		Установка для определения длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.	21
		Установка для определения теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма	22
		Установка для определения изменения энтропии реальных систем	23
ЛР	Лаборатория электричества и электромагнетизма	Магазин сопротивлений МСР-60, гальванометр М45МОМЗ, реостат РСП	24
		Эл. плитка, омметр В7-35	25
		Осциллограф С1-73, реостат РСП 500, магазин ёмкостей Р5025	26
		Реостат РСП 1280, вольтметр В7-35, эл. осциллограф УПМ	27
		Реостат РСП 3350, осциллограф Н3013	28
		Источник питания АГАТ, амперметр Э514, тангенсгальванометр, реостат РСП33	29
		Источник питания УИП-1, вольтметр Э515 - 2 шт., реостат РСП6500	30
		Вольтметр В7-35, вольтметр Э 58	31
		Осциллограф С165А, амперметр М104	32
		Установка FPM-01	33
		Осциллограф С1-75, генераторЛ31 вольтметр В7-35	34
ПЗ	Лекционные ауд.	Учебная доска	1-9
кр	ч31	Оборудование 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	ч31	Оборудование 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-7	способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.	<b>1. Механика</b>	1.1. Кинематика поступательного движения 1.2. Кинематика вращательного движения 1.3. Динамика поступательного движения 1.4. Динамика вращательного движения	Вопрос зачета
		<b>2. Молекулярная физика и термодинамика</b>	2.1. Молекулярно-кинетическая теория 2.2. Явления переноса 2.3. Законы термодинамики	Вопрос зачета
		<b>3. Электродинамика</b>	3.1. Электростатика 3.2. Электрический ток 3.3. Магнитное поле 3.4. Электромагнитные явления	Экзаменационный билет
		<b>4. Концепции строения и корпускулярно-волновой дуализм материи</b>	4.1. Геометрическая оптика 4.2. Волновая оптика 4.3. Квантовая физика	Экзаменационный билет

**2. Экзаменационные вопросы (вопросы к зачету)**

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-7	способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.	1. Кинематика поступательного движения: материальная точка, траектория, путь, вектор перемещения, скорость, ускорение. Кинематика вращательного движения: угловая скорость, ускорение 2. Кинематика вращательного движения: угловая скорость, угловое ускорение. Связь между линейными и угловыми величинами. 3. Нормальное, тангенциальное и полное ускорения. 4. Масса тела. Сила. Законы Ньютона.	1. Механика

		<p>5. Импульс тела, импульс силы. Закон сохранения импульса.</p> <p>6. Работа и мощность механической силы. Кинетическая энергия.</p> <p>7. Поле сил. Консервативные и диссипативные силы и системы. Потенциальная энергия.</p> <p>8. Классификация сил. Виды трения. Силы трения.</p> <p>9. Виды деформации. Упругие силы. Закон Гука.</p> <p>10. Закон сохранения полной энергии в механике.</p> <p>11. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Космические скорости.</p> <p>12. Момент силы, момент инерции и момент импульса. Основной закон динамики вращательного движения.</p> <p>13. Закон сохранения момента импульса. Кинетическая энергия тела при вращательном движении.</p> <p>14. Работа сил при вращательном движении.</p>	
		<p>15. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.</p> <p>16. Молекулярно-кинетическая теория температуры.</p> <p>17. Уравнение состояния идеального газа. Физический смысл универсальной газовой постоянной.</p> <p>18. Газовые законы и их графики.</p> <p>19. Число степеней свободы. Теорема о равномерном распределении энергии. Внутренняя энергия идеального газа.</p> <p>20. Распределение Максвелла. Опыт Штерна.</p> <p>21. Распределение Больцмана. Барометрическая формула.</p> <p>22. Явления переноса. Средняя длина свободного пробега.</p> <p>23. Теплопроводность газов. Коэффициент теплопроводности.</p> <p>24. Диффузия газов. Коэффициент диффузии.</p> <p>25. Вязкость (внутреннее трение). Коэффициент вязкости.</p> <p>26. Ламинарное и турбулентное течение. Течение жидкости в круглой трубке.</p> <p>27. Количество теплоты. I-й закон термодинамики.</p> <p>28. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.</p> <p>29. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона.</p> <p>30. Теплоемкость вещества. МКТ</p>	<p><b>2.</b> Молекулярная физика и термодинамика</p>

			<p>теплоемкости идеального газа.</p> <p>31. Обратимые и необратимые процессы. Круговые процессы. Принцип работы тепловой и холодильной машин.</p> <p>32. Цикл Карно. КПД цикла Карно. Теорема Карно.</p> <p>33. II-й закон термодинамики.</p> <p>34. Энтропия и ее физический смысл.</p> <p>35. Неравенство Клаузиуса.</p>	
--	--	--	--	--

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	<b>ОПК-7</b>	способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.	<p>1. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона. Дискретность заряда.</p> <p>2. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Силовые линии электрического поля.</p> <p>3. Поток вектора напряженности электрического поля. Теорема Гаусса.</p> <p>4. Применение теоремы Гаусса для расчета напряженностей электрических полей: напряженность заряженной бесконечной плоскости, сферы и бесконечно длинной нити.</p> <p>5. Работа электростатического поля. Циркуляция вектора напряженности электростатического поля.</p> <p>6. Потенциал и разность потенциалов. Поле диполя.</p> <p>7. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Эквипотенциальные поверхности и их свойства.</p> <p>8. Электроемкость проводников и конденсаторов. Соединение конденсаторов.</p> <p>9. Энергия взаимодействия электрических зарядов. Энергия заряженных проводников и конденсаторов.</p> <p>10. Объемная плотность энергии электростатического поля.</p> <p>11. Электрический ток. Условия существования тока. Сила и плотность тока.</p> <p>12. Закон Ома для однородной цепи в интегральной и дифференциальной</p>	<b>3.</b> Электродинамика

		<p>формах.</p> <p>13. Сопротивление проводника. Соединение проводников.</p> <p>14. Разность потенциалов. ЭДС и напряжение. Закон Ома для неоднородного участка цепи и для замкнутой цепи.</p> <p>15. Законы Кирхгофа.</p> <p>16. Работа сил тока. Мощность тока. КПД источника тока. Закон Джоуля – Ленца.</p> <p>17. Магнитное поле токов. Вектор магнитной индукции.</p> <p>18. Закон Био-Савара-Лапласа. Поле прямолинейного тока проводника конечной и бесконечной длины.</p> <p>19. Поле кругового тока.</p> <p>20. Сила Ампера. Сила Лоренца.</p> <p>21. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях.</p> <p>22. Магнитный момент кругового тока. Рамка с током в магнитном поле.</p> <p>23. Магнитный поток. Работа проводника с током в магнитном поле.</p> <p>24. Поле соленоида и тороида.</p> <p>25. Эффект Холла.</p> <p>26. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца.</p> <p>27. Вывод уравнения Фарадея-Максвелла для ЭДС.</p> <p>28. Самоиндукция. Индуктивность.</p> <p>29. Токи при размыкании и замыкании цепи.</p> <p>30. Энергия магнитного поля.</p> <p>31. Токи смещения.</p> <p>32. Вихревое электрическое поле.</p> <p>33. Уравнения Максвелла и их физический смысл.</p> <p>34. Шкала электромагнитных волн. Энергия электромагнитного поля. Вектор Умова-Пойнтинга.</p> <p>35. Свободные электрические колебания. Колебательный контур. Формула Томсона.</p> <p>36. Затухающие электрические колебания. Добротность. Время релаксации.</p> <p>37. Вынужденные электрические колебания. Резонанс.</p> <p>38. Закон Ома для переменного тока. Импеданс. Генератор переменного тока.</p>	
		<p>39. Ограниченность законов классической оптики. Измерение скорости света</p> <p>40. Явление дисперсии сред и доказательство материального единства мира</p>	<p><b>4.</b> Концепции строения и корпускулярно-волновой дуализм</p>

		<p>41. Волновые свойства света. Спектр электромагнитного излучения</p> <p>42. Законы теплового излучения, кризис классической теории и появление квантовой гипотезы</p> <p>43. Открытие электрона и радиоактивности. Рождение представлений о сложном строении атома</p> <p>44. Корпускулярные свойства света. Фотоны Эйнштейна и доказательство их реальности</p> <p>45. Планетарная модель строения атома. Современная наука и постулаты Бора</p> <p>46. Поглощение и испускание квантов света. Спонтанное и вынужденное излучения</p>	материи
--	--	--	---------

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>знать:</b> ОПК-7 -основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;</p> <p><b>уметь:</b> ОПК-7 применять методы математического анализа, теоретического и экспериментального исследования при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности;</p> <p><b>владеть:</b> ОПК-7 - современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента</p>	<b>отлично</b>	<p>обучающийся знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики.</p> <p>Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.</p>
	<b>хорошо</b>	<p>обучающийся знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики.</p> <p>Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента, но допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p>
	<b>удовлетворительно</b>	<p>в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса физики, не препятствующие</p>

		<p>усвоению программного материала.</p> <p>- умеет применять полученные знания по физике при решении простых физических задач с использованием формул.</p>
	<b>неудовлетворительно</b>	<p>обучающийся не знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики.</p> <p>Не умеет применять полученные знания для решения физических задач.</p> <p>Не владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.</p>
	<b>зачтено</b>	<p>«Зачтено» заслуживает обучающийся, обнаруживший всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, умение свободно выполнять практические задания, предусмотренные программой, усвоивший основную литературу и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой.</p>
	<b>не зачтено</b>	<p>«Не зачтено» ставится обучающемуся, обнаружившему пробелы в знаниях основного учебного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой практических заданий.</p> <p>«Незачтено» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании образовательного учреждения без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.</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,
- практические занятия;
- лабораторные занятия;
- контрольную работу;
- самостоятельную работу обучающихся;
- зачет;
- 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 условиях 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 «Гидродинамика» студенты должны получить представление о законах движения идеальной жидкости, взаимодействии её с твёрдыми телами, а так же знать о характере движения реальной жидкости.

В ходе освоения раздела 3 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 4 «Электричество и магнетизм» студенты должны уяснить основные характеристики электростатического поля: электрический заряд, напряженность, потенциал, взаимосвязь напряженности и потенциала, закон Кулона взаимодействие точечных зарядов, теорему 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.

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

При подготовке к экзамену и 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 осознание их сути следует заучить,

повторя несколько раз.

В процессе проведения практических занятий решение задач способствует запоминанию, углублению и проверке усвоения знаний студентов, формированию отвлечённого мышления, которое обеспечивает осознанное и прочное усвоение изучаемых основ.

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 готовности и умения использовать различные средства информации с целью поиска необходимого знания.

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

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

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

## АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины ФИЗИКА

### 1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: изучение фундаментальных физических законов, теорий, методов классической и современной физики. Формирование навыков владения основными приёмами и методами решения прикладных проблем. Формирование навыков проведения научных исследований, ознакомление с современной научной аппаратурой. Ознакомление с историей физики и ее развитием, а так же с основными направлениями и тенденциями развития современной физики.

Задача дисциплины физики состоит в формировании у обучающихся способностей использовать основные законы и фундаментальные понятия в профессиональной деятельности, уметь применять полученные знания при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности, владеть современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.

### 2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебной работы, включая самостоятельную работу: лекции –34 час., лабораторные занятия -34 час., практические занятия -34 час., самостоятельная работа – 78 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часа, 6 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Механика
2. Молекулярная физика и термодинамика
3. Электродинамика
4. Концепции строения и корпускулярно-волновой дуализм материи

### 3. Планируемые результаты обучения

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций: ОПК-7 - способность применять знания математики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.

4. Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен

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

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

---

---

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

---

---

---

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.,  
(разработчик)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(Ф.И.О.)

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-7	способность применять знания ма-тематики, физики и естествознания, химии и материаловедения, теории управления и информационные технологии в инновационной деятельности.	1. Механика	1.1. Кинематика поступательного движения 1.2. Кинематика вращательного движения 1.3. Динамика поступательного движения 1.4. Динамика вращательного движения	Защита ЛР, отчеты по ЛР, ПЗ, кр, тесты.
		2. Молекулярная физика и термодинамика	2.1. Молекулярно-кинетическая теория 2.2. Явления переноса 2.3. Законы термодинамики	Защита ЛР, отчеты по ЛР, ПЗ, кр, тесты.
		3. Электродинамика	3.1. Электростатики 3.2. Электрический ток 3.3. Магнитное поле 3.4. Электромагнитные явления	Защита ЛР, отчеты по ЛР, ПЗ, кр, тесты.
		4. Концепции строения и корпускулярно-волновой дуализм материи	4.1. Геометрическая оптика 4.2. Волновая оптика 4.3. Квантовая физика	Защита ЛР, отчеты по ЛР, ПЗ, кр, тесты.

### 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<b>знать:</b> ОПК-7 - основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики; <b>уметь:</b> ОПК-7 применять методы	<b>отлично</b>	обучающийся знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики. Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.

<p>математического анализа, теоретического и экспериментального исследования при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности;</p> <p><b>владеть:</b> ОПК-7 - современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента.</p>	<p><b>хорошо</b></p>	<p>обучающийся знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики.</p> <p>Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента, но допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p>
	<p><b>удовлетворительно</b></p>	<p>в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса физики, не препятствующие усвоению программного материала.</p> <p>- умеет применять полученные знания по физике при решении простых физических задач с использованием формул.</p>
	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>обучающийся не знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики.</p> <p>Не умеет применять полученные знания для решения физических задач.</p> <p>Не владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 27.03.05 Инноватика от «11» августа 2016 г. № 1006

**для набора 2015 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «03» июля 2018г. №413;

**для набора 2016 года:** и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» октября 2016 г. № 684

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

**Программу составил:**

Левит Д.И., ст. преподаватель \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиФ

от «21 » ноября 2018 г., протокол № 3

И.о. заведующего кафедрой МиФ \_\_\_\_\_ О.И. Медведева

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей базовой кафедрой ЭиМ \_\_\_\_\_ М.И. Черутова

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЕНФ

от «\_\_» \_\_декабря\_\_ 2018 г., протокол №\_\_

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ М.А. Варданян

**СОГЛАСОВАНО:**

Начальник  
учебно-методического управления \_\_\_\_\_ Г.П. Нежевец

Регистрационный № \_\_\_\_\_