

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**

**Б1.Б.06**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**09.03.02 Информационные системы и технологии**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Информационные системы и технологии**

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

## 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>4</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 .....	7
4.3 Лабораторные работы.....	35
4.4 Практические занятия .....	37
4.5 Контрольные мероприятия: контрольная работа.....	37
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>38</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>39</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>39</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>40</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>40</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	40
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы .....	76
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>77</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>77</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>80</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>88</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>89</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>90</b>

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

## Вид деятельности выпускника

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

## Цель дисциплины

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.

## Задачи дисциплины

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.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-2	способность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	<b>знать:</b> - основные законы и понятия физики <b>уметь:</b> - использовать их в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования, обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений <b>владеть:</b> - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.
ПК-23	готовность участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований	<b>знать:</b> - современные динамические процессы в природе и техносфере <b>уметь:</b> - применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования <b>владеть:</b> - навыками для постановки и проведения экспериментальных исследований и обработки информации.
ПК-24	способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений	<b>знать:</b> - основные методы и обработки результатов эксперимента <b>уметь:</b> - обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений <b>владеть:</b> - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.06 физика относится к базовой части

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

Основываясь на изучении дисциплин, физика представляет основу для изучения дисциплин: философия, моделирование процессов и систем.

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

## 3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Контрольная работа	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	1	1,2	216	88	53	35	-	92	1к, 2к (для наборов 2015-2017)	Зачет, экзамен
Заочная	1	-	216	22	12	10	-	185	1к	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

### 3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час	
			1	2
1	2	3	4	5
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	88	10	34	54
Лекции (Лк)	53	4	17	36
Лабораторные работы (ЛР)	35	6	17	18
Контрольная работа	+		+	+

Индивидуальные консультации	+	-	+	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	92	-	38	54
Подготовка к лабораторным работам	40		20	20
Подготовка к экзамену в течение семестра	24	-	-	24
Подготовка к зачету	8	-	8	-
Выполнение контрольной работы	20	-	10	10
<b>III. Промежуточная аттестация</b> зачет экзамен	+	-	+	-
	36	-	-	36
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	216	-	72	144
	6	-	2	4

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- для очной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Механика</b>	<b>38</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>20</b>
1.1.	Кинематика поступательного движения.	9	2	2	5
1.2.	Кинематика вращательного движения	9	2	2	5
1.3.	Динамика поступательного движения	9	2	2	5
1.4.	Динамика вращательного движения.	11	3	3	5
<b>2.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>34</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>18</b>
2.1.	Молекулярно-кинетическая теория	12	2	4	6
2.2.	Явления переноса	8	2	-	6
2.3.	Законы термодинамики	14	4	4	6
<b>3.</b>	<b>Электромагнетизм</b>	<b>39</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>18</b>
3.1.	Электростатика	10	3	2	5
3.2.	Электрический ток.	9	3	3	3
3.3.	Магнитное поле	10	3	2	5
3.4.	Электромагнитные явления	10	3	2	5
<b>4.</b>	<b>Оптика</b>	<b>39</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>18</b>
4.1.	Волновая оптика	17	4	7	6
4.2.	Тепловое излучение	12	4	2	6
4.3.	Фотоэффект. Эффект Комптона	10	4	-	6
<b>5.</b>	<b>Физика атома, атомного</b>	<b>30</b>	<b>12</b>	<b>-</b>	<b>18</b>

	<b>ядра и элементарных частиц</b>				
5.1.	Теория атома водорода по Бору	5	2	-	3
5.2.	Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	5	2	-	3
5.3.	Атомное ядро. Дефект массы и энергия связи.	5	2	-	3
5.4.	Ядерные силы.	5	2	-	3
5.5.	Закон радиоактивного распада	5	2	-	3
5.6.	$\alpha$ -, $\beta$ - распад. $\gamma$ - излучение	5	2	-	3
	<b>ИТОГО</b>	<b>180</b>	<b>53</b>	<b>35</b>	<b>92</b>

**для заочной формы обучения:**

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Механика</b>	<b>41,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>37</b>
1.1.	Кинематика поступательного движения.	11	0,5	0,5	10
1.2.	Кинематика вращательного движения	11	0,5	0,5	10
1.3.	Динамика поступательного движения	10	0,5	0,5	9
1.4.	Динамика вращательного движения.	9,5	0,5	1	8
<b>2.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>41,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>37</b>
2.1.	Молекулярно-кинетическая теория	14	0,5	1,5	12
2.2.	Явления переноса	12,5	0,5	-	12
2.3.	Законы термодинамики	15	1	1	13
<b>3.</b>	<b>Электромагнетизм</b>	<b>41,5</b>	<b>2</b>	<b>2,5</b>	<b>37</b>
3.1.	Электростатика	10	0,5	0,5	9
3.2.	Электрический ток.	10	0,5	0,5	9
3.3.	Магнитное поле	10,5	0,5	1	9
3.4.	Электромагнитные явления	11	0,5	0,5	10
<b>4.</b>	<b>Оптика</b>	<b>42,5</b>	<b>3</b>	<b>2,5</b>	<b>37</b>
4.1.	Волновая оптика	14,5	1	1,5	12
4.2.	Тепловое излучение	14	1	1	12
4.3.	Фотоэффект. Эффект Комптона	14	1	-	13
<b>5.</b>	<b>Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц</b>	<b>40</b>	<b>3</b>	<b>-</b>	<b>37</b>
5.1.	Теория атома водорода по Бору	6,5	0,5	-	6

5.2.	Соотношение неопределенностей Гейзенберга.6	6,5	0,5	-	6
5.3.	Атомное ядро. Дефект массы и энергия связи.	6,5	0,5	-	6
5.4.	Ядерные силы.	6,5	0,5	-	6
5.5.	Закон радиоактивного распада	6,5	0,5	-	6
5.6.	$\alpha$ -, $\beta$ - распад. $\gamma$ - излучение	7,5	0,5	-	7
	<b>ИТОГО</b>	<b>207</b>	<b>12</b>	<b>10</b>	<b>185</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 относительно. 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 конечном положении, 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

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

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.

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

## 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

### 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 работу совершаемой за единицу времени  $P = \frac{dA}{dt}$ ,

Единицы измерения:  $[F] = H$ ,  $[p] = \hat{e}\hat{a} \cdot \hat{i} / \hat{n}$ ,  $[\dot{A}] = \ddot{A}\hat{e}$ ,  $[\mathcal{D}] = \hat{A}\hat{\delta}$ .

### Тема 1.4. Динамика вращательного движения

#### Лекция (3 часа)

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  $M = F \cdot R$ ,  $[M] = \hat{I}$

Моментом инерции материальной точки относительно оси вращения называется произведение массы этой точки на квадрат расстояния от оси:  $J = mR^2$ ,  $[J] = \hat{e}\hat{a} \cdot \hat{i}^2$

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  $z$ :

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

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:  $W_{\dot{\varphi}} = \frac{J \cdot \omega^2}{2}$

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:

$$L = m \cdot V \cdot R, \quad [L] = \frac{\hat{e}\tilde{a} \cdot \tilde{i}^2}{\tilde{n}}$$

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 (2 часа)

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

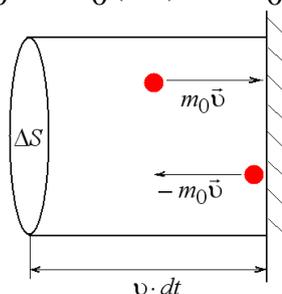
Уравнение состояния идеального газа известно из элементарного курса физики:

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

*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

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



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

Поведение всей совокупности молекул характеризуется средней квадратичной скоростью

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

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

где  $\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{2} m_0 \cdot \langle v_{\text{эф}} \rangle^2$  - 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  $\langle \varepsilon \rangle = \frac{3RT}{2nV_0} = \frac{3RT}{2N_A} = \frac{3}{2}kT$  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  $\langle \varepsilon \rangle = 0$  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.

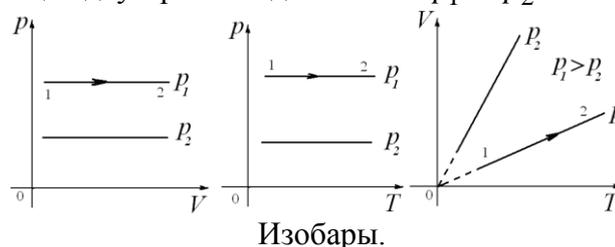
Графическое изображение уравнения состояния называют диаграммой состояния. В случае изопроцессов диаграммы состояния изображаются двумерными (плоскими) линиями и называются соответственно изотермами, изобарами и изохорами. Изотермы, соответствующие двум разным температурам  $T_1$  и  $T_2$



*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 объёма газа к его термодинамической температуре есть величина постоянная.

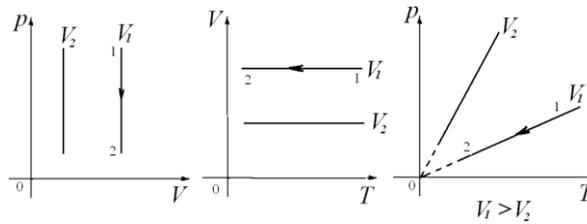
Изобары, соответствующие двум разным давлениям  $p_1$  и  $p_2$



*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 объём, и масса идеального газа не изменяются, то отношение давления газа к его термодинамической температуре есть величина постоянная.

Изохоры соответствующие двум разным объёмам  $V_1$  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.

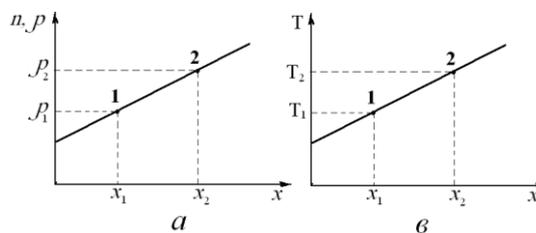
Пусть концентрация молекул  $n$  и плотность газа  $\rho$  возрастают в положительном направлении оси  $x$ . Величина

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

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.  $[D] = \frac{\text{г} \cdot \text{см}^2}{\text{с} \cdot \text{г} \cdot \text{см}^{-3}}$ .

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.  $[k] = \frac{\text{Дж}}{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{К}}$ . Знак минус в формуле означает, что теплота переносится в сторону убывания температуры.

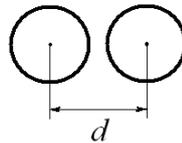
Явление внутреннего трения состоит в переносе импульса от более быстрого слоя (движущегося со скоростью  $\vec{v}_2$ ) к более медленному (движущемуся со скоростью  $\vec{v}_1$ ).

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

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 2.3. Законы термодинамики.

### Лекция (4 часа)

*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 извне 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 превращения 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.

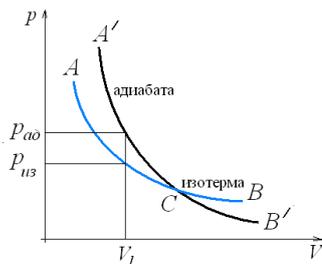
Адиабатный процесс.

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

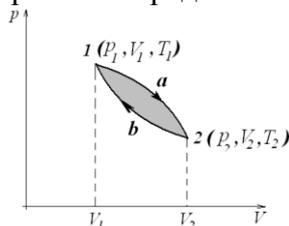
$$dA = -dU.$$

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 проходящих 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

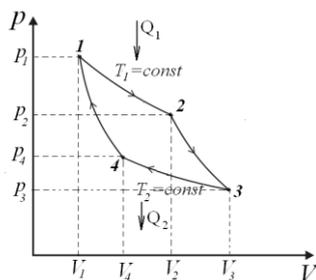


Рис. 24

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. Электромагнетизм

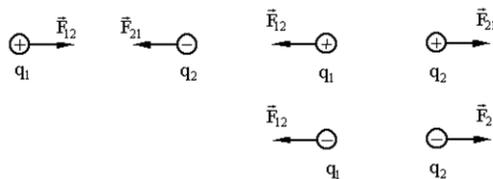
#### Тема 3.1. Основные законы электростатики

##### Лекция (3 часа)

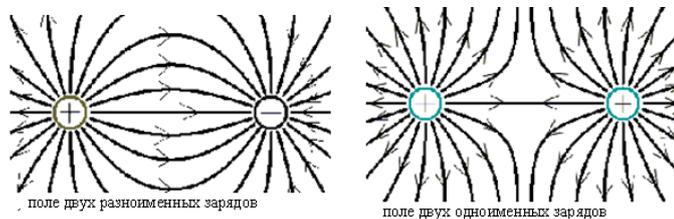
Электрический заряд  $Q, q$ . Виды заряда. Взаимодействие зарядов.

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

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

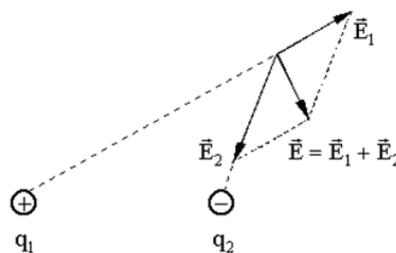


Понятие электрического поля. Графическое представление электрического поля. Силовые линии.



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, не полярный, ионный.

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

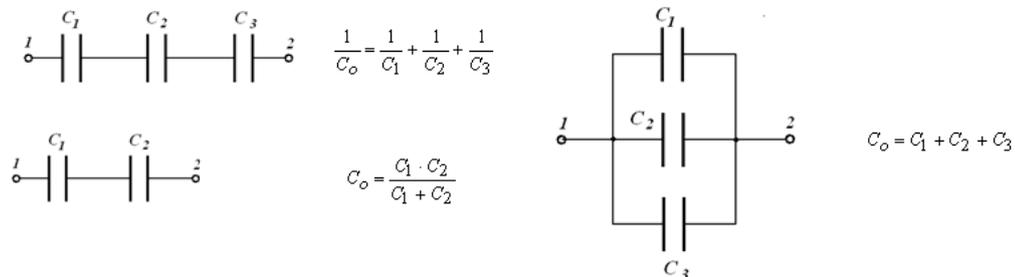
Связанные заряды. Поляризованность. Диэлектрическая проницаемость среды.

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.



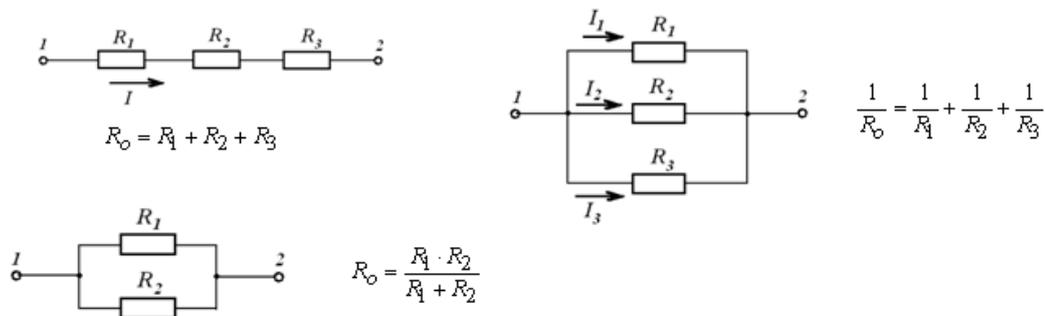
Энергия заряженного конденсатора. Энергия заряженного проводника. Энергия электрического поля. Диэлектрики в электрическом поле. Проводники в электрическом поле.

## Тема 3.2. Электрический ток

### Лекция (3 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.

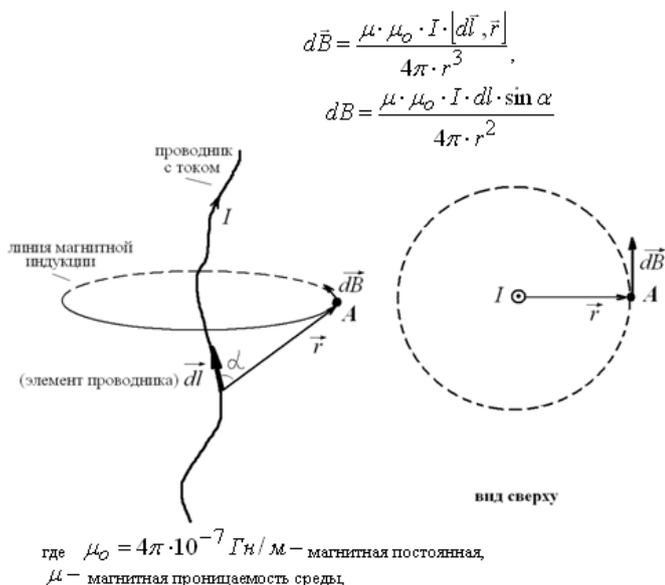


### Тема 3.3. Магнитное поле

#### Интерактивная форма занятия: лекция- диспут (дискуссии) (3 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 поля. 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.

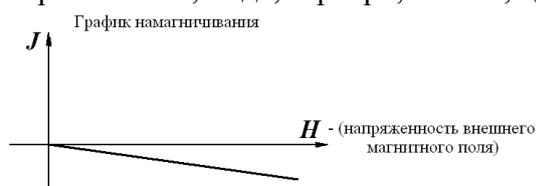
. Намагниченность

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

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

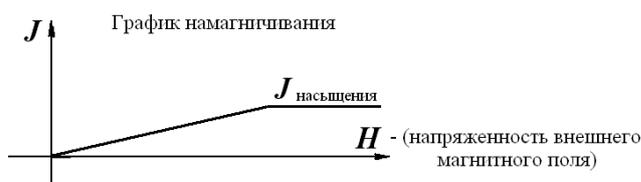
Диамагнетики-

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



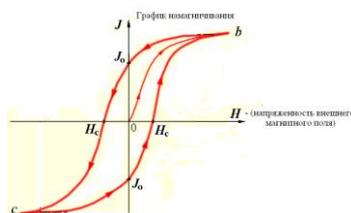
Парамагнетики

– 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).



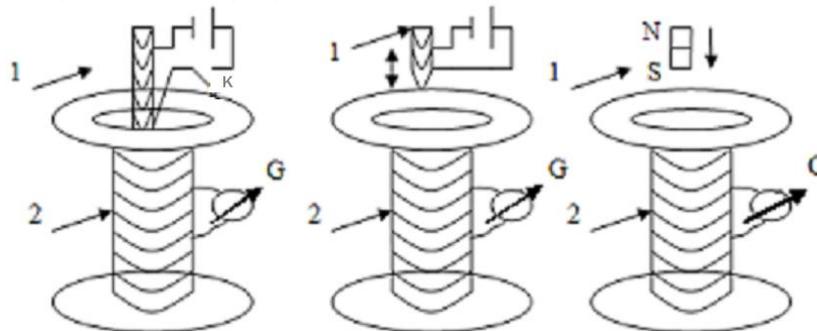
Закон Ампера. Движение заряженных частиц в электрических и магнитных полях. Явление электромагнитной индукции.

Электромагнитная индукция. 1831 г М Фарадей. Опыт Фарадея. ЭДС индукции, индукционный ток. Правило ладони. Генератор и электродвигатель. ЭДС индукции в движущемся проводнике. ЭДС индукции в неподвижном проводнике. Ток смещения. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида. Единицы измерения. Потокосцепление. Энергия магнитного поля. Взаимная индукция. Трансформатор. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны.

### Тема 3.4. Электромагнитные явления (3 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

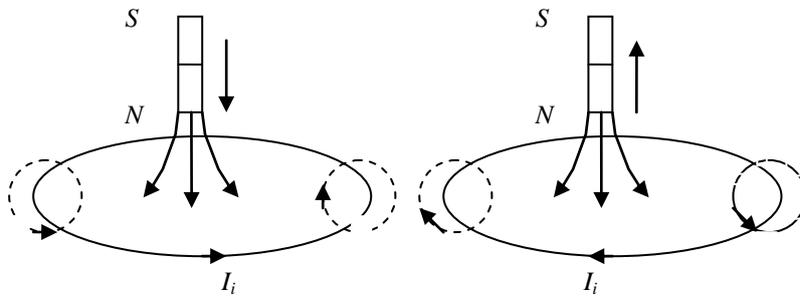
Обобщая результаты опытов, Фарадей сформулировал закон электромагнитной индукции. Он показал, что при всяком изменении магнитного потока в замкнутом проводящем контуре возбуждается индукционный ток. Следовательно, в контуре возникает ЭДС индукции.

*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 экстраточа 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

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

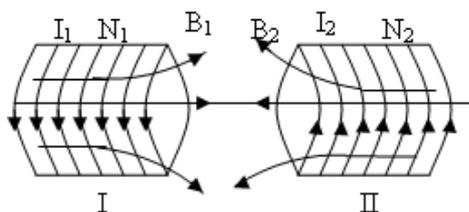
Индуктивность  $L$  – это величина, равная отношению магнитного потокосцепления  $\Psi$ , возникающего при прохождении тока  $I$  в катушке, к величине этого тока.

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

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

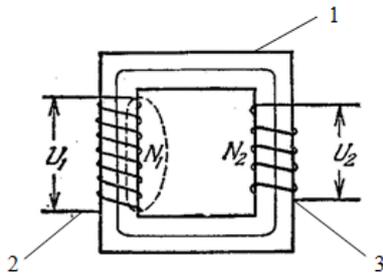
$$\mathcal{E}_{21} = -\frac{d\Psi_2}{dt} = -L_{21} \frac{dI_1}{dt}.$$

Закон электромагнитной индукции справедлив не только для отдельного контура, но и для катушки, состоящей из  $N$  витков. Полный магнитный поток, пронизывающий катушку, определяется по формуле  $\Psi = N\Phi$  ( $\Phi$  –

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

$$\varepsilon_{12} = -\frac{d\Psi_1}{dt} = -L_{12} \frac{dI_2}{dt}.$$

Величины  $L_{12}$  и  $L_{21}$  называются *коэффициентами взаимной индукции*.  
Контур 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 (1) (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:

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

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:

$$\begin{array}{l} D_{1n} = D_{2n}; \quad \frac{D_{1\tau}}{D_{2\tau}} = \frac{\varepsilon_1}{\varepsilon_2}; \quad E_{1\tau} = E_{2\tau}; \quad \frac{E_{1n}}{E_{2n}} = \frac{\varepsilon_2}{\varepsilon_1}; \quad \frac{H_{1n}}{H_{2n}} = \frac{\mu_2}{\mu_1}; \quad \frac{B_{1\tau}}{B_{2\tau}} = \frac{\mu_1}{\mu_2}; \\ H_{1\tau} = H_{2\tau}; \quad B_{1n} = B_{2n}; \end{array}$$

а также материальными уравнениями:

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}; \quad \vec{B} = \mu_0 \mu \vec{H}$$

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.  $\sqrt{\varepsilon \varepsilon_0} E = \sqrt{\mu_0 \mu} H$ , 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. Оптика

### Тема 4.1. Волновая оптика

#### Лекция (4 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.

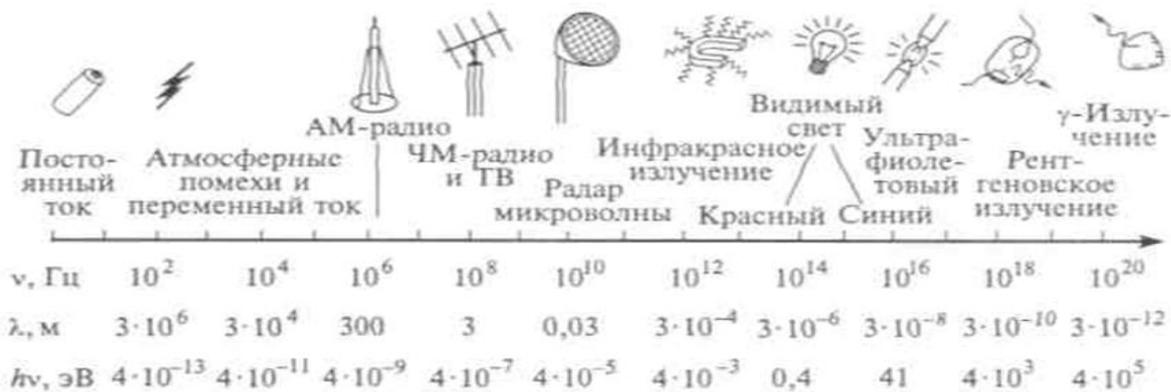


Схема спектра электромагнитных волн

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. Баркля 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 Баркля 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. Тепловое излучение

### Лекция (4 часа)

Тепловым или температурным излучением называется электромагнитное излучение нагретых тел, для которого источником энергии является возбуждение атомов и молекул при их хаотическом тепловом движении. Это излучение имеется при всех температурах, отличных от абсолютного нуля. Интенсивность теплового излучения и его спектральный состав зависят от температуры, химической природы и агрегатного состояния нагретого тела. Тепловое излучение характеризуется сплошным спектром, положение максимума которого зависит от температуры. При высоких температурах излучаются короткие (видимые и ультрафиолетовые) электромагнитные волны, при низких — преимущественно длинные (инфракрасные).

Тепловое излучение относится к равновесному. Если на тело падает поток лучистой энергии, то часть этого потока поглощается телом. В равновесном состоянии энергия, поглощаемая телом, теряется им путем излучения, поэтому температура тела не изменяется.

Основными характеристиками теплового излучения являются энергетическая светимость  $R_T$ , лучеиспускающая способность  $r_{\nu, T}$

Основными характеристиками теплового излучения являются энергетическая светимость  $R_T$ , лучеиспускающая способность  $r_{\nu, T}$  ( $r_{\lambda, T}$ ), лучепоглощательная способность  $a_{\nu, T}$  ( $a_{\lambda, T}$ ).

Энергетическая светимость тела  $R_T$  – это полная энергия, испускаемая единицей площади поверхности нагретого тела в единицу времени в интервале длин волн (частот) от 0 до  $\infty$  при температуре  $T$  (в пределах телесного угла  $2\pi$ ):

$$R_T = \frac{W}{S \cdot t}.$$

Лучеиспускающая (излучательная) способность (спектральная плотность энергетической светимости)  $r_{\nu, T}$  ( $r_{\lambda, T}$ ) – это доля энергетической светимости, приходящаяся на единичный интервал длин волн (частот) при температуре  $T$ :

$$r_{\lambda, T} = \frac{dR_{\lambda T}}{d\lambda} \text{ и } r_{\nu, T} = \frac{dR_{\nu T}}{d\nu}.$$

Эта величина является функцией длины волны (частоты) и температуры и определяет энергетическую светимость  $R_T$ :

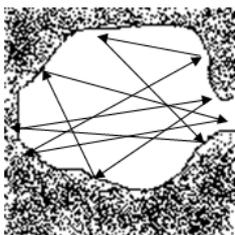
$$R_T = \int_0^{\infty} r_{\lambda T} d\lambda = \int_0^{\infty} r_{\nu T} d\nu.$$

Лучепоглощательная способность тела  $a_{\nu, T}$  ( $a_{\lambda, T}$ ) показывает, какая часть энергии, падающей на единицу площади поверхности тела в единичном интервале длин волн  $d\lambda$  (частот  $d\nu$ ), поглощается им при температуре  $T$ :

$$a_{\lambda, T} = \frac{dW_{\text{погл}}}{dW_{\text{пад}}},$$

где  $dW_{\text{погл}}$  – энергия, поглощенная единицей площади поверхности тела в единичном интервале длин волн  $d\lambda$  (частот  $d\nu$ );  $dW_{\text{пад}}$  – энергия, падающая на единицу площади поверхности тела в единичном интервале длин волн  $d\lambda$  (частот  $d\nu$ ).

Лучеиспускающая  $r_{\lambda, T}$  и лучепоглощательная  $a_{\lambda, T}$  способности зависят не только от длины волны (частоты) излучения и температуры тела, но и от химического состава, формы и состояния поверхности тела.

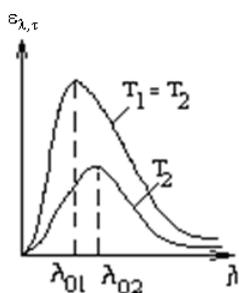


Тело, поглощающее всю падающую на него энергию, называется абсолютно черным (а.ч.т.). В природе не существует абсолютно черного тела. Но тело, близкое к нему по своим свойствам, можно создать искусственно.

Моделью а.ч.т., по В.А. Михельсону, может служить маленькое отверстие в стенке полости, сделанной из любого материала. Луч, падающий извне на отверстие, попадает внутрь полости и прежде чем выйти обратно наружу испытывает многократное отражение от стенок, теряя энергию за счет поглощения.

Поэтому интенсивность выходящего обратно луча будет практически равна нулю. Это отверстие полностью поглощает все падающие на него лучи и является а.ч.т. Приближенно а.ч.т. можно считать сажу, платиновую чернь. Лучепоглощательная способность абсолютно

черного тела равна единице ( $\alpha_{\nu T} = 1$ )



Для разных тел величины лучеиспускающей и лучепоглощательной способностей при одинаковых условиях резко отличаются, но отношение лучеиспускающей способности к поглощательной для любых тел при одинаковой температуре  $T$  не зависит от их природы и является универсальной функцией длины волны (частоты) и температуры (закон Кирхгофа):

$$\left( \frac{r_{\nu T}}{a_{\nu T}} \right)_A = \left( \frac{r_{\nu T}}{a_{\nu T}} \right)_B = \left( \frac{r_{\nu T}}{a_{\nu T}} \right)_{\tilde{N}} = \dots = f(\nu, T),$$

где  $f(\nu, T)$  – функция Кирхгофа;  $A, B, C$  – различные тела.

Применим закон Кирхгофа к излучению абсолютно черного тела:

$$\frac{\varepsilon_{\nu, T}}{1} = f(\nu, T),$$

где  $\varepsilon_{\nu, T}$  – лучеиспускательная способность а.ч.т. Следовательно, функция Кирхгофа  $f(\nu, T)$  равна лучеиспускательной способности  $\varepsilon_{\nu, T}$  абсолютно черного тела (физический смысл функции Кирхгофа):

$$f(\nu, T) = \varepsilon_{\nu, T}.$$

Установлены следующие законы излучения абсолютно черного тела (а.ч.т.).

**Закон Стефана–Больцмана:** энергетическая светимость абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры, т.е.

$$R_T = \sigma T^4,$$

где  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  Дж/с·м<sup>2</sup>·К<sup>4</sup> – постоянная Стефана–Больцмана.

**Закон смещения Вина** (первый закон): длина волны  $\lambda_0$ , на которую приходится максимум спектральной плотности энергетической светимости (или максимум излучательной способности) абсолютно черного тела, обратно пропорциональна абсолютной температуре тела, т.е.

$$\lambda_0 = \frac{\vartheta}{T},$$

где  $\vartheta = 2,8978 \cdot 10^{-3}$  м·К – постоянная закона Вина.

Выражение (9) потому называют законом смещения Вина, что оно показывает смещение положения максимума функции  $\varepsilon_{\lambda, T}$  по мере возрастания температуры в область коротких длин волн. Закон Вина объясняет, почему при понижении температуры нагретых тел в их спектре все сильнее преобладает длинноволновое излучение (например, переход белого каления в красное при остывании металла).

На рис. изображены кривые распределения энергии излучения по длинам волн в спектре абсолютно черного тела при различных температурах. Площади, ограниченные кривыми и осью абсцисс, определяют энергетическую светимость  $R_T$  абсолютно черного тела (при  $T_1 > T_2$   $\lambda_{01} < \lambda_{02}$ ).

**Второй закон Вина:** максимальная излучательная способность абсолютно черного тела прямо пропорциональна пятой степени его абсолютной температуры, т.е.

$$(\varepsilon_{\nu T})_{\max} = \vartheta' \cdot T^5,$$

где  $\vartheta' = 1,29 \cdot 10^{-5}$  Вт/(м<sup>3</sup>·К<sup>5</sup>).

Для объяснения законов теплового излучения М. Планк в 1900 г. высказал гипотезу, что испускание энергии электромагнитного излучения атомами и молекулами возможно только отдельными «порциями», которые стали называться квантами энергии  $\varepsilon$ . Величина кванта энергии равна

$$\varepsilon = h\nu,$$

Планк на основе квантовых представлений вывел аналитическое выражение для универсальной функции Кирхгофа. Эта функция, получившая название функции Планка, имеет следующий вид:

$$\varepsilon_{\nu, T} = \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1},$$

Интегрируя функцию Планка по всему спектру излучения, получим закон Стефана–Больцмана:

$$R_T = \int_0^{\infty} \frac{2\pi\nu^2}{c^2} \cdot \frac{h\nu}{e^{h\nu/kT} - 1} d\nu = \sigma T^4, \quad \text{где } \sigma = \frac{2\pi^5 k^4}{15\tilde{n}^2 h^3}.$$

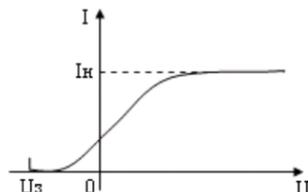
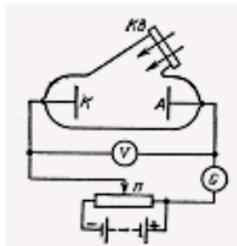
Если взять производную по  $\lambda$  от функции Планка и приравнять ее к нулю, то тогда можно найти длину волны  $\lambda_0$ , при которой функция  $\varepsilon_{\lambda, T}$  имеет максимум, т.е. получим закон смещения Вина.

Рассмотренные закономерности излучения абсолютно черного тела качественно справедливы и для тел, не являющихся абсолютно черными. Например, энергетическая

светимость серого тела  $R_T = \alpha \sigma T^4$ , где  $\alpha$  – коэффициент, который меньше единицы и который зависит от состояния поверхности, формы и химического состава тела.

#### Тема 4.4. Фотоэффект. Эффект комптона. Лекция (4 часа)

Фотоэффект – называется вырывание электронов из вещества под действием света.  
Виды фотоэффекта: внешний, внутренний, вентильный.



Из анализа вольтамперных характеристик получены законы фотоэффекта.

1. Свет не любой частоты вызывает фотоэффект. Для каждого вещества существует красная граница фотоэффекта, т. е. минимальная частота  $\nu_0$ , при которой возможен фотоэффект.
2. Величина  $\nu_0$  зависит от химической природы вещества и состояния его поверхности.
3. Максимальная энергия фотоэлектронов не зависит от светового потока, а линейно зависит от частоты света.
4. Величина фототока насыщения, возникающего при освещении монохроматическим светом, пропорциональна падающему световому потоку.

Эти законы невозможно было объяснить с классической точки зрения, согласно которой электрическая компонента электромагнитной волны вызывает вынужденные колебания свободных электронов в металле, сообщая им энергию, достаточную для вылета. Тогда максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов должна быть пропорциональна квадрату амплитуды световой волны, т. е. должна зависеть от светового потока, что противоречит опытным фактам.

Объяснение законов фотоэффекта дал в 1905 г. немецкий ученый Альберт Эйнштейн на основе гипотезы световых квантов. Вслед за Планком он предположил, что, если излучение энергии атомами происходит дискретно в виде порций или квантов, то ее распространение в пространстве и поглощение веществом происходит порциями (квантами). Энергия кванта равна:  $\varepsilon = \hbar \omega$ ,

При поглощении света веществом каждый фотон отдаёт свою энергию одному электрону (однофотонный фотоэффект), который в зависимости от соотношения между энергией поглощенного фотона и величиной потенциального барьера на границе вещество-вакуум (работой выхода) может покинуть вещество. Под работой выхода  $A_g$  следует понимать наименьшую энергию, которая необходима, чтобы электрон покинул вещество. Фотоэлектроны могут накапливаться в вакууме, вблизи поверхности вещества так, что их совокупный электрический отрицательный пространственный заряд оказывается способным препятствовать дальнейшему выходу электронов. Для устранения такого влияния фотоэлектроны необходимо удалять от поверхности вещества. Очевидно, что в условиях отсутствия пространственного заряда количество фотоэлектронов, покидающих вещество в единицу времени, т. е. фототок, прямо пропорциональны числу фотонов, падающих на поверхность вещества в единицу времени, а значит, и световому потоку. При этом энергия фотона не оказывает влияния на количество фотоэлектронов. Получив энергию от фотона, электрон теряет часть её вследствие случайных столкновений в веществе. Энергия, равная работе выхода, тратится электроном на преодоление потенциального барьера на границе металл-вакуум. Оставшаяся часть энергии образует кинетическую энергию электрона, вышедшего в вакуум. Максимальной кинетической энергией обладают электроны, вылетевшие в вакуум непосредственно с поверхности вещества.

Для таких электронов потери на столкновение равны нулю и их кинетическая энергия  $T_{\max}$  связана с энергией фотона и работой выхода формулой Эйнштейна:

$$\hbar\omega = A_0 + T_{\max},$$

где  $T_{\max} = \frac{mv^2}{2}$  - максимальная кинетическая энергия выбитых электронов при данной

энергии поглощенного фотона  $\hbar\omega$  и работе выхода  $A_0$ . Эта формула является законом сохранения энергии применительно к фотоэффекту и называется уравнением Эйнштейна для фотоэффекта.

### Эффект Комптона

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.).



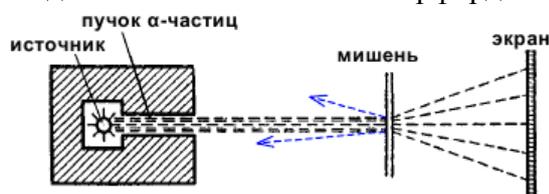
Этот эффект (разница частот излучения) не мог быть объяснен в классической теории и легко объяснялся в квантовой, построенной независимо П. Дебаем и А. Комптоном.

## Раздел 5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц

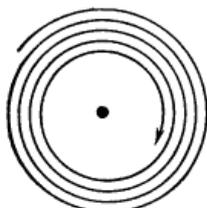
### Тема 5.1. Теория атома водорода по Бору

#### Лекция (1 час)

Строение атома. Опыт Резерфорда.  
Модели атома Томсона и Резерфорда.



Планетарная модель атома Резерфорда.

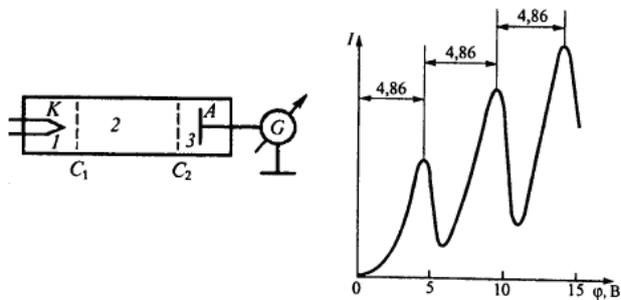


Недостатки классической планетарной модели атома. Невозможность объяснить спектр атома водорода.

Спектр атома водорода. Серия Лаймана, Бальмера, Пашена.

Постулаты Бора.

Опыты Франка-Герца.

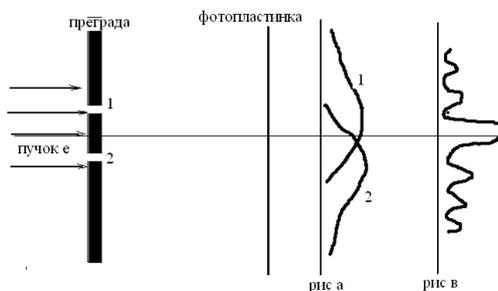


Спектр атома водорода по Бору.  
Значение теории водорода.

## Тема 5.2. Соотношение неопределенностей Гейзенберга Лекция (2 часа)

### НЕОБЫЧНЫЕ СВОЙСТВА МК ЧАСТИЦ:

Одно из основных отличий квантовых ч-ц от классических – отсутствие у них траекторий. Т.е. ч-ца не имеет **одновременно определенных** координат и скорости – это утверждение наз **принципом неопределенности** .



Если бы электрон двигался по траектории, он проходил бы через определенное отверстие 1 или 2. Явление дифракции доказывает, что в прохождении электрона участвуют оба отверстия : 1 и 2.

Принцип неопределенности имеет количественное выражение в виде неравенств, которые наз **соотношением неопределенностей Гейзенберга** (получил в 1927 г) немец физик.:

$$\Delta p_x \Delta x \geq \hbar$$

$$\Delta p_y \Delta y \geq \hbar$$

Где  $\Delta x, \Delta y, \Delta z$  – неопределённость координаты.  $\Delta p_x, \Delta p_y, \Delta p_z$  неопределённость проекции импульса.

Из неравенств следует, что чем точнее определена одна из величин, тем менее точно определена др.

Соотношение неопределённостей для энергии и времени:  $\Delta E \Delta t \geq \hbar$

Соотношение неопределенностей является обобщением опытных фактов, вытекает из волновой природы мк ч-ц, оно не связано с неточностью измерительных приборов. Соотношение неопределенностей показывает, что классические понятия: координат,  $p$ , траектории к мк ч-м применимы с некоторым приближением.

## Тема 5.3. Атомное ядро. Дефект массы и энергия связи Лекция (2 часа)

Состав атомного ядра: протоны, нейтроны – нуклоны.

### Размер атомного ядра. Характеристики.

Одной из важнейших характеристик атомного ядра является зарядовое число  $Z$  , которое определяет количество протонов ( $p$ ) в ядре, порядковый номер химического элемента в таблице Менделеева и заряд ядра в условных единицах  $q_y = Ze$ , где  $e$  – заряд позитрона (элементарный заряд).

Массовое число  $A$  определяет число протонов ( $p$ ) и нейтронов ( $n$ ) в ядре и массу ядра в атомных единицах.

Число нейтронов  $N = A - Z$ .

### Протон.

Масса протона ( $p$ )  $m_p = 1836,2m_e = 1,672 \cdot 10^{-27}$  кг = 938,3 МэВ = 1,00728 а.е.м., где  $m_e \approx 9,1 \cdot 10^{-31}$  кг = 0,511 МэВ = 0,00055 а.е.м. – масса электрона. 1 а.е.м. =  $m_C^{12}/12 = 1,66 \cdot 10^{-27}$  кг = 931,44 МэВ, где  $m_C^{12}$  – масса атома углерода  $C^{12}$ .

Заряд протона приблизительно  $q_p = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Её.

Протон – стабильная частица, время ее жизни более  $10^{32}$  лет.

Спин протона  $s = \frac{1}{2}$ ; проекция момента импульса  $L_s = \frac{1}{2}h$ ;  $h = \frac{h}{2\pi} = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}}{2\pi}$ .

### Нейтрон.

Масса нейтрона ( $n$ )  $m_n = 939,55$  МэВ =  $1,675 \cdot 10^{-27}$  кг = 1,00866 а.е.м.; заряд нейтрона  $q_n = 0$ ; спин нейтрона  $s = \frac{1}{2}$ ; магнитный момент  $\mu_n = -1,91\mu_y$ ; время жизни  $\tau \approx 15 \cdot 10^{-10}$  с.

Нейтрон – нестабильная частица, распад которой происходит по схеме  $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}$  (антинейтрино).

### Изотопы. Изобары.

Ядра с одинаковыми массовыми числами  $A$  называются **изобарами** ( $_{18}\text{Ar}^{40}$ ,  $_{20}\text{Co}^{40}$ , где  $A = 40$ ).

Ядра с одинаковым зарядовым числом  $Z$ , но разными массовыми числами  $A$  называются **изотопами** ( $_8\text{O}^{16}$ ,  $_8\text{O}^{17}$ ,  $_8\text{O}^{18}$ , где  $Z = 8$ ,  $A = 16; 17; 18$ ).

Ядра с одинаковым числом нейтронов называются **изотонами** ( $_6\text{C}^{13}$ ,  $_7\text{N}^{14}$ , где число нейтронов  $A - Z = 7$ ).

Ядра с одинаковыми массовыми и зарядовыми числами ( $A$  и  $Z$ ), но разными периодами полураспада называются **изомерами** (например,  $_{35}\text{Br}^{80}$  – существуют радиоактивные ядра брома с периодами полураспада  $T_1 = 18 \cdot 10^{-10}$  с,  $T_2 = 4,4 \cdot 10^{-10}$  с).

Модели атомных ядер: капельная модель, оболочная модель, обобщенная модель ядра.

### Магнитный момент, спин и радиус ядра

Протон и нейтрон (нуклоны) обладают спинами, равными  $S = \frac{1}{2}$  (в единицах  $h$ ), и магнитным моментом. Полный момент импульса нуклона состоит из спинового ( $\vec{s}$ ) и орбитального ( $\vec{l}$ ) моментов:  $\vec{j} = \vec{l} + \vec{s}$ . Тогда атомное ядро обладает полным моментом импульса  $\vec{J}$ , который складывается из суммарного спинового момента нуклонов  $\vec{S} = \sum_i \vec{s}_i$  и из орбитального момента  $\vec{L} = \sum_i \vec{l}_i$ , обусловленного движением ядра как целого:  $\vec{J} = \vec{S} + \vec{L}$ .

Существуют следующие закономерности ядерных спинов:

- ядра с четными  $A$  имеют целые спины, а с нечетными  $A$  – полуцелые спины;
- четно-четные ядра обладают нулевым спином.

Магнитный момент  $\mu$  атомного ядра складывается из магнитных моментов нуклонов и определяется формулой  $\mu = g\mu_0\sqrt{J(J+1)}$ ,

где  $g$  – фактор, который зависит от  $J$  и  $S$ ;  $\mu_0 = \frac{eh}{2m_p}$  – ядерный магнетон.

Из эмпирических закономерностей следует:

1. Магнитные моменты ядер по порядку величины равны ядерному магнетону, т.е. на 3 порядка меньше атомных магнитных моментов.
2. У ядер с нулевым спином (у четно-четных (ЧЧ) ядер) магнитные моменты равны нулю.
3. У всех ядер  $g$ -факторы лежат в пределах от  $-4$  до  $+6$ .

## Дефект массы и энергия связи

Экспериментальные исследования показывают, что масса атомного ядра  $m_y$  всегда меньше суммы масс входящих в ядро частиц (протонов и нейтронов). Это обусловлено тем, что при объединении нуклонов в ядро выделяется большая энергия, которая называется **энергией связи** ( $W_{\text{я}}$ ).

**Энергия связи** ( $W_{\text{св}}$ ) – это энергия, в  $\text{Дж}$ , равная работе, которую нужно совершить, чтобы разложить ядро на нуклоны и удалить их друг от друга на такие расстояния, при которых они не будут взаимодействовать друг с другом:

$$W_{\text{я}} = \tilde{m}^2 [Zm_p + (A-Z)m_n - m_y],$$

где  $c$  – скорость света в вакууме, м/с;  $m$  – масса, кг.

В ядерной физике энергия и масса частиц рассматриваются в энергетических единицах измерений – мегаэлектронвольтах (МэВ). С учетом переводного коэффициента энергию связи можно также преобразовать в МэВ:

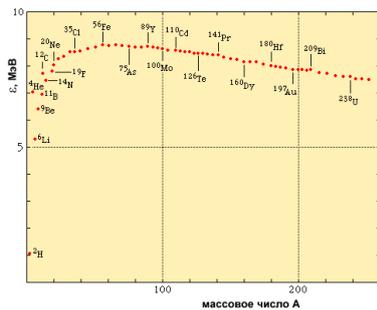
$$W_{\text{я}} = 931,44 [Zm_p + (A-Z)m_n - m_y].$$

### . Удельная энергия связи. Зависимость удельной энергии связи от массового числа.

Поэтому вместо энергии связи рассмотрению подлежит удельная энергия связи, т.е. энергия связи, приходящаяся на один нуклон,  $\frac{W_{\text{я}}}{A}$ :

$$\varepsilon = \frac{W_{\text{я}}(Z, A)}{A}.$$

Зависимость  $\varepsilon$  от массового числа  $A$  показана на рис



1. Они являются короткодействующими силами. Радиус их действия имеет порядок  $r_0 \sim 10^{-15} \text{ м}$ , то есть если радиус действия сил ( $r$ ) больше  $10^{-15} \text{ м}$  ( $r > r_0$ ), то ядерные силы притяжения быстро спадают, а если  $r \ll r_0$ , то притяжение нуклонов сменяется отталкиванием.

2. Ядерные силы зарядово-независимы, т.е. они действуют между протонами ( $p-p$ ), между нейтронами, а также между протоном и нейтроном ( $p-n$ ) и имеют одинаковую величину.

3. Ядерные силы зависят от взаимной ориентации спинов нуклонов. Например, нейтрон и протон удерживаются вместе, образуя ядро тяжелого водорода ( $D$  – дейтон), только в том случае, если их спины параллельны друг другу ( $\uparrow\uparrow$ ).

4. Ядерные силы не являются центральными, т.е. они не направлены вдоль прямой, соединяющей центры взаимодействующих нуклонов.

5. Ядерные силы обладают свойством насыщения. Это значит, что каждый нуклон в ядре взаимодействует с ограниченным числом нуклонов. Насыщение проявляется в том, что удельная энергия связи нуклонов в ядре при увеличении их количества сначала резко возрастает, а затем практически не изменяется.

Теория ядерных сил очень сложна и не имеет законченного вида, который объяснил бы и предсказал все многообразие их свойств.

Первыми данную теорию в виде гипотезы предложили Д.Д. Иваненко и И.Е. Тамм в 1934 г. Их гипотеза, основанная на теории  $\beta$ -распада Ферми, состояла в том, что ядерное взаимодействие осуществляется через поле, квантами которого являются электронно-нейтринные пары, и нуклоны обмениваются этими парами между собой. Теория не имела успеха.

#### Как осуществляются ядерные силы.

В 1935 г. японский физик Юкава, используя известные в то время характеристики ядерных сил и соотношение неопределенностей энергия-время  $\Delta W \Delta t \geq h$ , предсказал, что ядерные силы обусловлены тем, что нуклоны обмениваются между собой виртуальными гипотетическими частицами, массы которых составляют порядка  $200-300 m_e$  ( $m_e$  – масса электрона). Эти гипотетические частицы назвали мезонами (средние). В квантовой механике виртуальными считаются частицы, которые не могут быть обнаружены за время их существования.

При этом возможны четыре типа обмена:

$$p \leftrightarrow p + \pi^0, n \leftrightarrow n + \pi^0, p \leftrightarrow n + \pi^+, n \leftrightarrow p + \pi^-.$$

Позже из свойств ядерных сил вывели, что должно существовать три сорта мезонов – положительные, отрицательные и нейтральные, и наблюдаться они должны не только в виртуальном, но и в свободном состоянии. Начались поиски этих частиц.

#### Пи- мезоны (заряд, масса, спин)

В 1937 г. К. Андерсон и С. Недермайер обнаружили в космических лучах частицу с массой примерно  $200 m_e$ , которую назвали  $\mu$ -мезоном (мюоном). Мюон не имел отношения к ядерным силам.

В 1947 г. С. Пауэлл и Д. Оккиалини в космических лучах обнаружили новые мезоны, массы которых составляли примерно  $270 m_e$ . Они были названы  $\pi$ -мезонами (пионами). Пионы существуют в виде  $\pi^+, \pi^-, \pi^0$ . Они являются переносчиками ядерных сил. То есть два нуклона, находясь на малом расстоянии друг от друга  $r \leq \frac{h}{mc}$ , обмениваются виртуальными пионами.

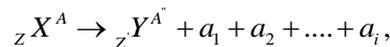
Масса заряженных пимезонов  $\pi^\pm - 273 m_e$  ( $140 \text{ мэВ}$ ), время жизни –  $2,6 \cdot 10^{-8} \text{ нс}$ . Масса пимезона  $\pi^0 - 246 m_e$ , время жизни –  $8 \cdot 10^{-17} \text{ нс}$ .

## Тема 5.5. Закон радиоактивного распада

### Лекция (2 часа)

**Радиоактивностью** называют самопроизвольное превращение неустойчивых изотопов одного химического элемента в изотопы других химических элементов, сопровождающееся испусканием некоторых частиц. Ядра, подверженные распаду, называют **радиоактивными**, не подверженные – **стабильными**.

В процессе распада у ядра могут измениться массовое ( $A$ ) и зарядовое ( $Z$ ) числа:



где  $a_i$  – частицы, вылетающие в процессе распада.

Необходимым, но не всегда достаточным условием радиоактивного распада является его энергетическая выгодность, то есть масса радиоактивного материнского ядра должна быть больше суммы масс дочернего ядра и частиц, вылетающих при распаде, то есть распад возможен при  $m_x > m_y + \sum_i m_i$ . Энерговыделение  $Q$  характеризуется энергией распада в Дж:

$$Q = \left[ m_x - m_y - \sum_i m_i \right] c^2 \quad \text{или в МэВ} \quad Q = 931 \left[ m_x - m_y - \sum_i m_i \right],$$

где масса частиц берется в а.е.м.

Всякий радиоактивный процесс, протекающий при  $Q > 0$ , называется **экзотермическим**, а при  $Q < 0$  – **эндотермическим**.

Существуют естественная и искусственная радиоактивности. Между ними нет различий. Не все нестабильные ядра являются радиоактивными. На практике к радиоактивным относятся ядра, время жизни которых может быть измерено современными радиотехническими средствами (от  $10^{-22}$  с до  $10^{10}$  лет).

Радиоактивность – процесс статистический; одинаковые ядра распадаются за различное время, т. е. протекает изомерный процесс.

**Естественная радиоактивность** – радиоактивность, наблюдающаяся у существующих в природе неустойчивых изотопов (например,  $U^{238}$ ).

**Искусственная радиоактивность** – радиоактивность, которая наблюдается у изотопов, являющихся результатом ядерных реакций. Искусственное радиоактивное ядро может быть получено путем бомбардировки стабильных ядер частицами.

Самопроизвольный распад ядер подчиняется **закону радиоактивного распада**:

$$N = N_0 e^{-\lambda t},$$

где  $N_0$  – число нераспавшихся ядер в момент времени  $t = 0$ ;  $\lambda$  – постоянная распада,  $[\lambda] = c^{-1}$ , тогда число распавшихся ядер составит

$$N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}).$$

Постоянная распада  $\lambda = \frac{dN}{Ndt}$  – это доля от общего числа ядер, распадающихся за единицу времени.

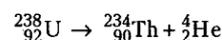
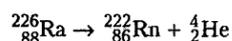
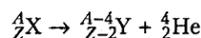
Время, за которое распадается половина из общего числа ядер, называют **периодом полураспада**  $T_{1/2}$ .

Время, за которое число радиоактивных ядер уменьшается в  $e$  раз, называется **временем релаксации**. Оно связано с постоянной распада следующим соотношением:  $\tau = \frac{1}{\lambda}$ .

## Тема 5.6. $\alpha$ -, $\beta$ - распад, $\gamma$ - излучение

### Лекция (2 часа)

**Альфа-** частицы – это поток ядер гелия. Свойства альфа излучения. **альфа-распад**:

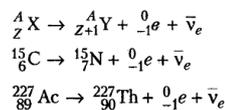


Альфа-распад – это **внутриядерный процесс**. В составе тяжелого ядра за счет сложной картины сочетания ядерных и электростатических сил образуется самостоятельная  $\alpha$ -частица, которая выталкивается кулоновскими силами гораздо активнее остальных нуклонов. При определенных условиях она может преодолеть силы ядерного взаимодействия и вылететь из ядра.

В тканях тела человека пробег частицы - менее 0,7 мм. Альфа-излучение, воздействующее на незащищенную часть тела, не может проникнуть даже через внешний слой клеток кожи и не причиняет вреда организму.

**Бета частица** – это поток электронов или позитронов ядер гелия. Свойства. Существует  $\beta^-$ ,  $\beta^+$ -распады и электронный захват

**При бета-распаде** излучается электрон ( $\beta^-$  частица). В результате распада одного нейтрона на протон, электрон и антинейтрино, состав ядра увеличивается на один протон, а электрон и антинейтрино излучаются вовне:



Проникающая способность бета-частицы значительно больше, чем альфа-частицы, потому что электрический заряд бета-частицы - вдвое меньше заряда альфа-частицы. Проникающая способность бета-частицы в воздухе изменяется от 0,1 до 20 метров в зависимости от начальной энергии частицы. Большой риск облучения бета-частицами связан с попаданием их внутрь организма при приеме пищи.

#### Гамма- излучение

Гамма-излучение это - электромагнитное (фотонное) излучение, состоящее из гамма-квантов и испускаемое при переходе ядер из возбужденного состояния в основное при ядерных реакциях или аннигиляции частиц. Это излучение имеет высокую проникающую способность вследствие того, что оно обладает значительно меньшей длиной волны, чем свет и радиоволны. Энергия гамма-излучения может достигать больших величин, а скорость распространения гамма-квантов равна скорости света. Как правило, гамма-излучение сопутствует альфа и бета-излучениям. Гамма-излучение сходно с рентгеновским излучением, но отличается от него природой происхождения, длиной электромагнитной волны и частотой.

**Ионизация вещества гамма-излучением** Гамма-излучение, проходящее через вещество, имеет возможность ионизировать это вещество, передавая свою энергию электронам атомов, составляющих его. Энергия излучения постепенно уменьшается. Поскольку гамма-излучение не имеет никакого электрического заряда, его способность ионизировать атомы вещества намного меньше, чем у альфа- и бета-излучения. Защититься от воздействия гамма-излучения сложнее, чем от воздействия альфа- и бета-частиц. Проникающая способность его очень высока, и гамма-излучение способно насквозь пронизывать живую человеческую ткань. Уменьшить мощность гамма-излучения на 50% могут, например, 1 см свинца, 5 см бетона, или 10 см воды.

### 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.	Определение ускорения свободного падения.	0,5	-
2	1.	Изучение законов сохранения импульса и энергии.	0,5	-
3	1.	Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника	1	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
4	1.	Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.	1	Разбор конкретных

				ситуаций (1 час.)
5	1.	Проверка закона сохранения механической энергии.	0,5	-
6	1.	Маятник Максвелла.	0,5	-
7	1.	Определение модуля кручения и модуля сдвига с помощью крутильного маятника.	0,5	-
8	1.	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника	0,5	-
9	1.	Определение момента инерции крутильного маятника методом колебаний.	0,5	-
10	1.	Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.	0,5	-
11	1.	Математический маятник.	0,5	-
12	1.	Физический маятник.	0,5	-
13	1.	Градуировка звукового генератора	1	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
14	1.	Определение скорости звука в воздухе методом резонанса.	0,5	-
15	1.	Определение коэффициента упругости	0,5	-
16	2.	Изучение газовых законов.	2	-
17	2.	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.	2	-
18	2.	Определение отношений теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма	2	-
19	2.	Определение изменения энтропии реальных систем	2	Тренинг в малой группе (1 час.)
20	3.	Измерение величины электрического сопротивления с помощью R моста Уитстона	1	-
21	3.	Определение емкости конденсатора с помощью C-моста Уитстона.	1	-
22	3.	Изучение электростатического поля	1	
23	3.	Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.	1	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
24	3.	Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа	1	-
25	3.	Измерение удельного сопротивления	2	-
26	3.	Определение индуктивности соленоида	2	-
27	4.	Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки	1	-
28	4.	Определение концентрации сахара в растворе по углу вращения плоскости поляризации	1	-

29	4.	Изучение явления поляризации света	1	
30	4.	Изучение спектрального аппарата	1	
31	4.	Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра	2	-
32	4.	Исследование селективного фотоэффекта	2	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
33	4.	Исследование внешнего фотоэффекта	2	-
<b>ИТОГО</b>			<b>35</b>	<b>6</b>

#### 4.4 Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено.

#### 4.5 Контрольные мероприятия: контрольная работа

*Цель:* Контрольная работа позволяет закрепить теоретический материал курса физики.

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

*Основная тематика:* контрольная работа №1 включает следующие разделы физики: «механика», «гидромеханика», «молекулярная физика и термодинамика»; контрольная работа №2 (для наборов 2015-2017) - «электричество и магнетизм», «колебания и волны», «квантовая механика», «физика атомного ядра».

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

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
отлично	- 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).
хорошо	- контрольная работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны; - допущена одна ошибка или два-три недочёта при выводе формулы, в рисунках.
удовлетворительно	-выполнено не менее 2/3 всей работы; - допущены более одной ошибки или более двух – трёх недочётов в при выводе формул в решении задач, при 39пояснениях в решении задачи, в рисунках..
неудовлетворительно	-число ошибок и недочётов превысило норму для оценки «3» -правильно выполнено менее 2/3 всей работы; -работа выполнена не самостоятельно

**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</i>	<i>ПК</i>	<i>ПК</i>				
			<i>2</i>	<i>23</i>	<i>24</i>				
<i>1</i>		<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
<b>1.</b> Механика		38	+	+	+	3	12,7	Лк, ЛР, СР	1к, зачёт
<b>2.</b> Молекулярная физика и термодинамика		34	+	+	+	3	11,3	Лк, ЛР, СР	1к, зачёт
<b>3.</b> Электромагнетизм		39	+	+	+	3	13	Лк, ЛР, СР	2к, экзамен
<b>4.</b> Оптика		39	+	+	+	3	13	Лк, ЛР, СР	2к, экзамен
<b>5.</b> Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц		30	+	+	+	3	10	Лк, ЛР, СР	2к, экзамен
<b><i>всего часов</i></b>		<b>180</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>60</b>	<b>3</b>	<b>60</b>	-	-

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

1. Ким Д.Б., Кропотов А.А., Махро И.Г. Физика. Механика: лабораторный практикум. – 5-е изд. перераб. и доп. - Братск: Изд-во БрГУ, 2016. - 142 с.
2. Физика. Электричество и электромагнетизм. Лабораторный практикум/ Д.Б. Ким, А.А. Кропотов, И.Г. Махро – 2-е изд. Братск: Изд-во БрГУ, 2016.- 130 с.
3. Физика. Оптика: Методические указания по лабораторным работам/ С.С. Рудя, Е.Т. Агеева, И.Г. Махро.- Братск: Изд-во: «БрГУ», 2016.- 164 с.
4. Ким Д., Кропотов Н.П., Левит Д.И. Электромагнетизм: курс лекций.- Братск: Изд-во БрГУ, 2016.- 412 с.
5. Физика (сборник тестовых заданий). Геращенко Л.А., Агеева Е.Т. Физика: сборник тестовых заданий.- Братск: Изд-во «БрГУ», 2015.-64 с.
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. Ким Д.Б., Левит Д.И. Физика атомного ядра и элементарных частиц: учеб. пособие.- Братск: ФБГОУ ВПО «БрГУ», 2012.-145 стр. для СР.
10. 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

№	Наименование издания (автор, заглавие, выходные данные)	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
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 - Москва: Академия, 2016.-560 с.	Лк, ЛР, СР, кр	150	1
2.	Детлаф А.А. Курс физики: учебное пособие для вузов/ А.А.Детлаф, Б.М.Яворский. 7-е изд., стереотип. - М.: Академия, 2008.- 720 с.	Лк, ЛР, СР, кр	100	1
3.	Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики: для студентов технических вузов / В.С.Волькенштейн. - 3-е издание, испр. и доп.- Санкт-Петербург: Книжный мир, 2006.- 328 с.	кр	99	1
<b>Дополнительная литература</b>				
4.	Трофимова Т.И. Физика 500 основных законов и	Лк,	5	0,25

	формул. Справочник для студ. вузов/ Т.И.Трофимова. - 6-е изд., стереотип.- М.: Высшая школа, 2007.-63 с.	ЛР, СР, кр		
5.	Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы: учеб. Пособие для вузов / И.Е.Иродов. -6-е изд.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.-319 с.	Лк, СР	10	1
6.	Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 1. Механика. Молекулярная физика: Учебник для втузов / И.В.Савельев. - М.: Наука, 1989.- 432 с.	Лк, ЛР, СР	208	1
7.	Савельев И.В. Курс общей физики, Т. 2. Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. Учебник для втузов / И.В.Савельев. - М.: Наука, 1988.- 496 с.	Лк, ЛР, СР	97	1
8.	Савельев И.В. Курс общей физики. Т. 3. Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела атомного ядра и элементарных частиц. Учебник для втузов / И.В.Савельев. - М: Наука, 1987. - 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**

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.

Образец оформления отчёта по лабораторной работе

*Лист 1*

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

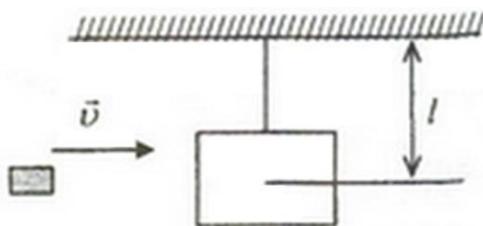
Братск 2016

**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 =1мм),  
пружинный пистолет,  
пуля,  
измерительная линейка (цена деления =1мм)

**Принципиальная схема рабочей установки:**

Тяжелое тело, подвешенное на двойном бифилярном подвесе.

**Рабочая формула:**

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

$v$  – 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 расчёта 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, № 3

Дополнительная литература

№ 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, № 3

#### Дополнительная литература

№ 6, № 8.

### Лабораторная работа № 3

*Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника.*

#### **Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций.**

*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 FPM-09, пуля, измерительная линейка.

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

1. Включить прибор, нажав клавишу «СЕТЬ» Пулю закрепить в стреляющем устройстве.
2. Расположить подвижные грузы (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, № 3  
Дополнительная литература  
№ 6, № 8.

#### Лабораторная работа № 4

*Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.*

##### **Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций:**

*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, № 3

### Дополнительная литература

№ 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.

Тренинг в малой группе

*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, № 3

### Дополнительная литература

№ 6, № 8.

## Лабораторная работа № 6

### Маятник Максвелла.

*Цель работы:* определение момента инерции маятника Максвелла.

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

### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. 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 ФРМ-03.
4. Нажать клавишу «СБРОС». Нажать клавишу «ПУСК».
5. Определить значение времени падения маятника. Опыт повторить 5 – 10 раз.
6. Определить среднее значение времени падения маятника по формуле  $\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ , где  $n$  – количество выполненных замеров;  $t_i$  – значение времени, полученное в  $i$ -ом замере.
7. Со шкалы на вертикальной колонке прибора определить длину 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, № 3

#### Дополнительная литература

№ 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: отчет по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

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

**Лабораторная работа № 8**  
**Тренинг в малой группе**

Определение скорости полете 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 неизолрированной 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, № 3

Дополнительная литература

№ 6, № 8.

### 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, № 3

Дополнительная литература

№ 6, № 8.

## Лабораторная работа № 10

Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.

### Тренинг в малой группе

**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  $\langle t \rangle$ .

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

#### Вопросы для допуска к работе

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

#### Вопросы для защиты работы

1. Объясните возникновение вязкости в жидкостях и запишите формулу Ньютона.
2. Поясните физический смысл коэффициента вязкости  $\eta$  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:** отчёт по лабораторной работе, выполненный по образцу, в соответствии с заданием.

Основная литература

№ 1, № 2, № 3

Дополнительная литература

№ 6, № 8.

*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 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 причины поднятия жидкости в капиллярных трубках, измерения её высоты и работы с измерительными инструментами.

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

Основная литература

№ 1, № 2, № 3

Дополнительная литература

№ 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 11**

*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, № 3  
Дополнительная литература  
№ 6, № 8.

### Лабораторная работа № 12 Физический маятник

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

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

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

- 1) Подвесить маятник на опорную призму 7, отклоняют на небольшой угол и измеряют секундомером время  $t_1$  30-50 полных колебаний. Опыт повторяют не менее 5 раз.
- 2) Определяют период колебаний.
- 3) Найти положение центра масс маятника.
- 4) Перевернув маятник, подвешивают его на опорную призму 9. Выбрать то же число колебаний  $n$  и, повторив опыт не менее 5 раз, находят период колебаний. При этом измеренные значения периодов  $T_1$  и  $T_2$  должны отличаться не более чем на 5%.
- 5) Вычисляют среднее значение  $\langle g \rangle$ .
- 6) Оценивают абсолютную погрешность  $\Delta g$  результата, исходя из табличного значения искомой величины  $g_{\text{табл}}$  для широты г. Братска:  $g_{\text{табл}} = 9,816 \text{ м/с}^2$ . Найти относительную погрешность  $E$ .
- 7) Результаты измерений и вычислений занесите в таблицу.

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Выведите формулу для периода колебаний физического маятника.
2. Получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний физического маятника, приведите его решение.
3. Что называется приведенной длиной физического маятника?
4. Сформулируйте теорему Штейнера.

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

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

### Лабораторная работа № 13 Градуировка звукового генератора

#### **Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций**

*Цель работы:* градуировка звукового генератора методом фигур Лиссажу. Разбор различных ситуаций возникающих при сложении двух взаимно перпендикулярных колебаний разных частот

*Приборы и принадлежности:* электронный осциллограф, звуковой генератор

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Собрать схему.
2. Включить в сеть звуковой генератор, осциллограф. Сфокусировать и вывести световое пятно в центр координатной сетки осциллографа.
3. Вращая ручку частоты звукового генератора от начала шкалы, добиться появления устойчивой фигуры. Получить фигуры при сложении колебаний различных частот. Фигуры перерисовать и определить частоту колебаний генератора  $\nu_1$ . Проверить, соответствует ли значение  $\nu_1$  показанию лимба звукового генератора  $\nu_{\text{лимба}}$ .
4. Оценить абсолютные и относительные ошибки в отчетах частоты по лимбу звукового генератора.
5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

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

*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: .

разбор различных ситуаций возникающих при сложении двух взаимно перпендикулярных колебаний с различными частотами.

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

Основная литература

№ 1, № 2, № 3

Дополнительная литература

№ 6, № 8.

**Лабораторная работа № 14**

*Определение скорости звука в воздухе методом резонанса.*

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

*Приборы и принадлежности:*

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов эксперимента*

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

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

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Что называется механической волной? Какая волна является продольной? Поперечной?
2. Получите уравнение плоской бегущей волны.
3. Что называется интерференцией волн?
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, № 3

#### Дополнительная литература

№ 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 15**

#### *Определение коэффициента упругости*

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

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

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

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

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

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

3. По формуле найти значение коэффициента упругости  $k$ .
4. По смещению линейки относительно указателя, определить удлинение пружины  $\Delta l_1$  под действием веса груза.
5. По формуле найти среднее значение  $k_{\text{проб}}$ .
6. Опыт повторить при другой массе груза  $m_2$ .
7. Данные вычислений и измерений занести в таблицу.

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Опишите колебания пружинного маятника.
2. Выведите дифференциальное уравнение гармонического колебания для пружинного маятника.
3. Напишите уравнение гармонического колебания пружинного маятника и поясните физический смысл всех величин.
4. Дайте определение циклической частоты и периода колебания.
5. От чего зависят циклическая частота и период колебания пружинного маятника?
6. Выведите рабочую формулу.
7. Каков физический смысл коэффициента упругости?
8. Какие колебания называются свободными? Вынужденными?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2, № 3

#### Дополнительная литература

№ 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 16**

#### *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, № 3

#### Дополнительная литература

№ 6, № 8.

### Лабораторная работа № 17

#### 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, № 3  
Дополнительная литература  
№ 6, № 8.

### Лабораторная работа № 18

#### *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

## Лабораторная работа № 19

### Определение изменения энтропии реальных систем

#### Тренинг в малой группе

*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?

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

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

### Лабораторная работа № 20

*Измерение величины электрического сопротивления с помощью R моста Уитстона*

*Цель работы:*

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

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

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

*Вопросы для допуска к работе*

1. Назовите цель работы.
2. Каков принцип действия моста Уитстона?
3. Изменится ли условие равновесия моста, если гальванометр и источник тока поменять местами?
4. Почему гальванометр, применяемый в мосте Уитстона, имеет двухстороннюю шкалу с нулем посередине?
- 5.

*Вопросы для защиты работы*

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

Форма отчетности: 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 электроемкостей.

*Вопросы для защиты работы*

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

Форма отчетности: отчёт 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

**Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций.**

*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  $\phi$ . 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  $\phi$  электростатического поля.
5. Приведите примеры расчета  $E$  и  $\phi$  для точечного заряда.
6. Что называется разностью потенциалов? Приведите примеры расчета разности потенциалов между двумя заряженными пластинами.
7. Найдите связь между  $E$  и  $\phi$ .
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.

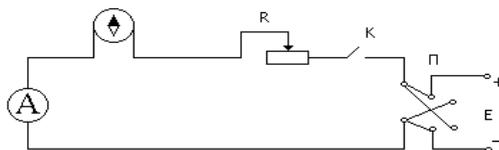
#### **Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций.**

*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 К, амперметра А и источника Е



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**

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

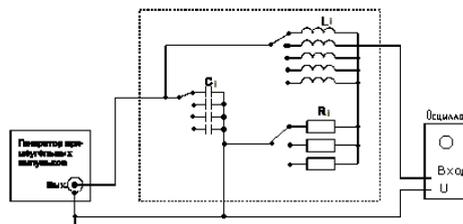
*Цель работы:* наблюдение и изучение затухающих электрических колебаний с помощью осциллографа: определение периода колебаний, влияние

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 № 25

*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». Прodelать 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?

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

**Лабораторная работа № 26**

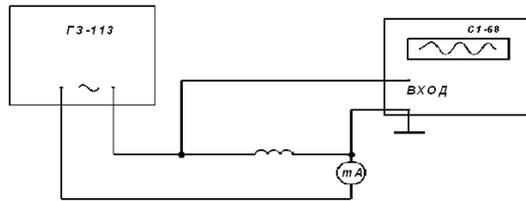
*Определение индуктивности соленоида*

*Цель работы;* определение индуктивности соленоида по его сопротивлению переменному току.

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

Для выполнения работы собрать цепь по схеме



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

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

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

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 4, № 7

**Лабораторная работа № 27**

**Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки  
Тренинг в малой группе**

*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 № 28**

**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 № 29**

**Изучение явления поляризации света**

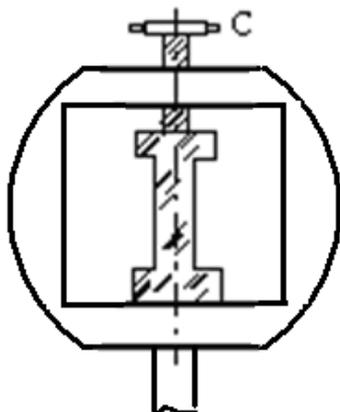
**Тренинг в малой группе**

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

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

**Задание А. Наблюдение картины распределения механических напряжений**



1. Включают лампу осветителя в сеть переменного тока.
3. Исследуемый образец устанавливают в пресс для сжатия, не зажимая его (рис. 1), и помещают его между поляризатором и анализатором. Наблюдают в окуляр б положение образца. Затем дают нагрузку (деформация сжатия), для чего закручивают винт С.
4. Рассматривают картину интерференции и зарисовывают изохроматические линии.
5. Такие же действия производят с другими моделями.

*Задание В. Проверка закона Малюса*

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

1. Включают установку в сеть переменного тока.
2. Снимают крышку с фотоэлемента и помещают его вплотную к окуляру.
4. Устанавливают на лимбе анализатора угол  $\alpha = 90^\circ$ , что соответствует углу  $\varphi = \alpha - \frac{\pi}{2} = 0^\circ$  и максимальному значению фототока.

Рис. 1

5. 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 таблицу.

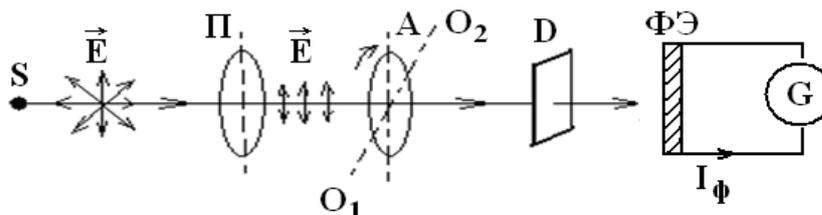


Рис. 2

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

Анализатор  $A$  может вращаться вокруг оси  $O_1O_2$  (см. рис. 9). Поворачивая анализатор, изменяем интенсивность света, падающего на фотоэлемент  $\Phi Э$ , соединенный с гальванометром. В зависимости от интенсивности света сила фототока  $I_\phi$  будет меняться. Для проверки закона Малюса снимают зависимость силы фототока  $I_\phi$  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 № 30 Изучение спектрального аппарата

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

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

**Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений**

Задание А. Отградуировать монохроматор.



1. Включают ртутную лампу.
2. Поворачивая барабан, просматривают через окуляр весь спектр (см. рис. 1). На рисунке 4 изображен вид поля зрения окуляра с набором спектральных линий и указателем.
3. Совмещают с указателем окуляра (рис. 4) 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  $N_{\text{бар}} = f_1(\lambda)$  (см. рис. 2). Масштаб следует выбрать так, чтобы диаграмма была достаточно большой и позволяла чётко определить длину волны до 1 нм.

Рис. 1

Таблица результатов 1

Окраска линии	Относительная яркость	Длина волны $\lambda$ , нм	Отсчет по барабану		Среднее значение отсчетов $\langle N \rangle$ , ...°
			$N_1$ , ...°	$N_2$ , ...°	
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						

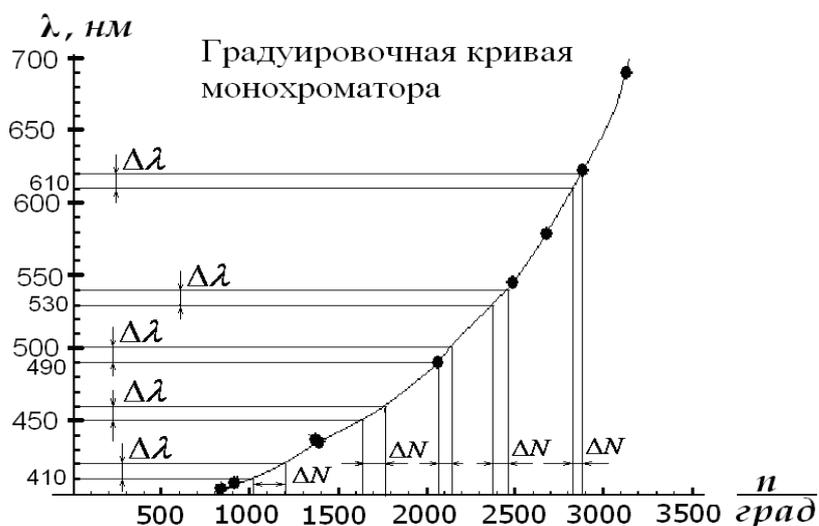


Рис. 2

- 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  $\Delta\lambda$ .

- 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

- Сформулируйте цель работы.
- Каково назначение монохроматора?
- Как градуируется монохроматор?
- 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 № 31

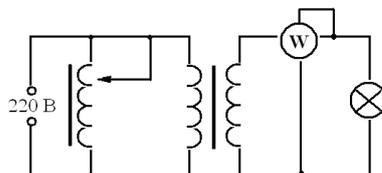
*Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра*

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

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

### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Собирают электрическую цепь.



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

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



4. Так как волосок лампочки накаливания не является абсолютно черным телом, то для определения действительной температуры вводят поправку  $\Delta t$ ,

которую определяют по диаграмме

5. Опыт повторяют три раза для различных значений мощности  $P$ . Полученные данные заносят в таблицу результатов

### Вопросы для допуска к работе

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

### Вопросы для защиты работы

1. Дайте определение основным спектральным характеристикам теплового излучения.
2. Сформулируйте закон Кирхгофа и поясните физический смысл величин, входящих в него.

3. Объясните физический смысл постоянной  $\sigma$ .
4. Запишите функцию Планка. Выведите закон Стефана-Больцмана.

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

Основная литература  
№ 1, № 2  
Дополнительная литература  
№ 8

### **Лабораторная работа № 32**

*Исследование селективного фотоэффекта*

**Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций I**

*Цель работы:* снятие спектральной характеристики селенового фотоэлемента. Разбор возможных видов фотоэффекта: внутренний, внешний, вентильный.

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

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

*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: возможных видов фотоэффекта: внутренний, внешний, вентильный.

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

Основная литература  
№ 1, № 2  
Дополнительная литература  
№ 8

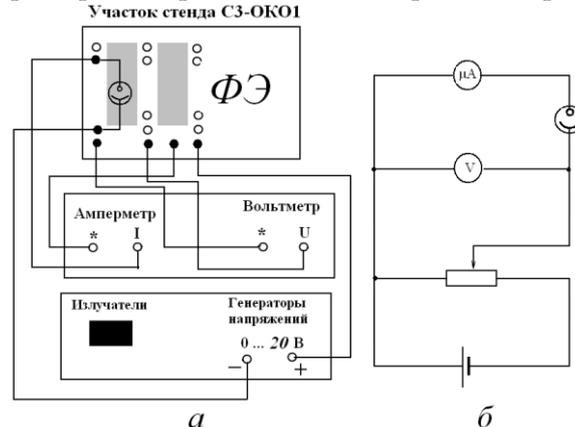
## Лабораторная работа № 33

### Исследование внешнего фотоэффекта

**Цель работы:** Снятие вольт-амперной и спектральной характеристик фотоэлемента. Определение красной границы фотоэффекта, работы выхода для фотокатода и материала, из которого сделан фотокатод.

**Приборы и принадлежности:** блок амперметра-вольтметра АВ, стенд с объектами исследования СЗ-ОК01, источник питания ИПС 1

**Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений** для снятия характеристик фотоэлемента соберите электрическую схему,



1. Снимите вольт – амперную характеристику  $I = f(U)$  при  $\lambda = \text{const}$  и  $\Phi = J/J_0 = \text{const}$ :
2. Снимите спектральную характеристику фоторезистора  $I = f(\lambda)$  при  $\Phi = J/J_0 = \text{const}$  и  $U = \text{const}$ :
3. Результаты занесите в таблицу
4. По результатам измерений постройте графики вольт- амперной характеристики  $I = f(U)$  и спектральной характеристики  $I = f(\lambda)$  фоторезистора.
5. Определите диапазон напряжений, соответствующих току насыщения.
6. Определите, по спектральной характеристике длину волны, соответствующую красной границе фотоэффекта

#### Вопросы для допуска к работе

1. Какова цель работы?
2. Что такое внешний фотоэффект?
3. Объясните методику определения величин в данной лабораторной работе.

#### Вопросы для защиты работы

1. Можно ли объяснить все особенности фотоэффекта, пользуясь волновой теорией света?
2. Можно ли объяснить все особенности фотоэффекта, пользуясь фотонной теорией света?
3. Какое уравнение предложено для квантового описания внешнего фотоэффекта?
4. Почему при фотоэффекте ярко проявляются корпускулярные свойства света?
5. Объясните все особенности вольт-амперной характеристики при фотоэффекте.
6. Что такое квантовый выход?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 8

## 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:

$$\begin{aligned}t &= 0,5 \text{ мин} = 30 \text{ с}; \\s &= 11 \text{ км} = 11 \cdot 10^3 \text{ м}; \\m &= 16 \text{ т} = 16 \cdot 10^3 \text{ кг}.\end{aligned}$$

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:

$$\begin{aligned}S &= 50 \text{ см}^2 = 50 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2; \\N &= 100 \text{ витков}; \\B &= 40 \text{ мТл} = 40 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}; \\n &= 960 \text{ об/мин} = 16 \text{ об/с}.\end{aligned}$$

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:

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

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:

$$[s] = \left[ \frac{V_0^2 \cdot m}{F_{\text{тр}}} \right] = \left[ \frac{(\dot{m}^2 / \ddot{m}^2) \cdot \hat{m}}{\dot{F}} \right] = \left[ \frac{\dot{m}^2 \cdot \hat{m}}{\ddot{m}^2 \cdot \hat{F} \cdot \dot{m} / \ddot{m}^2} \right] = [\dot{m}].$$

Здесь, исходя из второго закона Ньютона, единицу измерения силы 1Н расписывают как  $1(\hat{m} \cdot \dot{m} / \ddot{m}^2)$ .

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</i>
<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
Лк	Лекционная аудитория	-	
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
		Установки для определения	10, 11

		динамической вязкости воды	
		Установки для определения динамической вязкости воздуха	12
		Установка для определения коэф. поверхностного натяжения жидкости	13
		Катетометр МК-8	14
		Установка для изучения газовых законов	15
		Установка для определения длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.	16
		Установка для определения теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма	17
		Установка для определения изменения энтропии реальных систем	18
		ФРМ - 10	19, 20
		Звуковой генератор ГЗ-109, осциллограф Н3013	21
		Генератор сигналов низкочастотный ГЗ-102, осциллограф Н3013	22
		Установка для определения коэффициента упругости пружины	23
ЛР	Лаборатория электричества и электромагнетизма	Магазин сопротивлений МСР-60, гальванометр М45МОМЗ, реостат РСП	24
		Осциллограф С1-73, реостат РСП 500, магазин ёмкостей Р5025	25
		Реостат РСП 1280, вольтметр В7-35, эл. осциллограф УПМ	26
		Источник питания АГАТ, амперметр Э514, тангенсгальванометр, реостат РСП33	27
		Вольтметр В7-35, вольтметр Э 58	28
		Установка ФРМ-01	29

		Осциллограф С1-75, генераторЛ31 вольтметр В7-35	30
ЛР	Лаборатория оптики и физики твердого тела	Монохроматор УМ-2, вольтметр В7-35	32
		Пирометр с исчезающей нитью ОПИР	31
		блок амперметра- вольтметра АВ, стенд с объектами исследования СЗ-ОК01, источник питания ИПС 1	33
		источник питания ИПС1, блок амперметра-вольтметра АВ1, стенд с объектами исследования СЗ-ОК01.	34
кр	Читальный зал №1	Оборудование: 10 ПК i5- 2500/Н67/4Gb (монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	Читальный зал №1	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-2  ПК-23  ПК-24	способность использовать основные законы естественно-научных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования  готовность участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований  способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений	1. Механика	1.1. Кинематика поступательного движения 1.2. Кинематика вращательного движения 1.3. Динамика поступательного движения 1.4. Динамика вращательного движения	Вопросы для зачёта
		2. Молекулярная физика и термодинамика	2.1. Молекулярно-кинетическая теория 2.2. Явления переноса 2.3. Законы термодинамики	Вопросы для зачёта
		3. Электромагнетизм	3.1. Электростатика 3.2. Электрический ток 3.3. Магнитное поле 3.4. Электромагнитные явления	Экзаменационный билет
		4. Оптика	4.1. Волновая оптика 4.2. Тепловое излучение 4.3. Фотоэффект. Эффект Комптона	Экзаменационный билет
		5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц	5.3. Теория атома водорода по Бору 5.2. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. 5.3. Атомное ядро. Дефект массы и энергия связи 5.4. Ядерные силы 5.5. Закон радиоактивного распада 5.6. $\alpha$ -, $\beta$ - распад. $\gamma$ - излучение	Экзаменационный билет

**2. Вопросы для зачёта**

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ ДЛЯ ЗАЧЁТА	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-2	Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной	1. Кинематика поступательного движения: мат. точка, траектория, путь, вектор перемещения, скорость, ускорение. 2. Кинематика вращательного движения: угловая скорость, ускорение 3. Масса тела. Сала. Законы Ньютона	1. Механика

2	ПК-23	деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат. Готовность участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований.	4. Работа постоянной и переменной силы 5. Энергия. Кинетическая энергия 6. Закон сохранения механической энергии. 7. Консервативные и диссипативные силы. 8. Упругий и неупругий удар 9. Импульс тела. Закон сохранения импульса. 10. Момент силы. Момент инерции. 11. Момент импульса. Закон сохранения момента импульса 12. Кинетическая энергия и работа сил при вращательном движении 13. Основной закон динамики вращательного движения	
3	ПК-24	Способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений.	14. Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. 15. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории 16. Газовые законы и их графики. 17. Средняя длина свободного пробега молекулы. кон термодинамики. 18. Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам 19. Работа газа . Работа газа в изопроцессах. 20. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. 21. Цикл Карно. КПД цикла Карно 22. I и III начала термодинамики. 23. Энтропия. Изменение энтропии. Неравенство Клаузиуса.	<b>2.</b> Молекулярная физика и термодинамика

### Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-2	Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	1. Электрический заряд. Взаимодействие зарядов. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. 2. Напряженность электростатического поля. Линии напряженности. Напряженность точечного заряда. Принцип суперпозиции полей. Поток вектора напряженности электрического поля. 3. Теорема Гаусса и её применение для поля бесконечно заряженной плоскости. 4. Работа электрического поля по перемещению заряда 5. Потенциал. Разность потенциалов. Связь напряженности и потенциала. Эквипотенциальные поверхности. 6. Электроёмкость проводника. Конденсаторы. Электроёмкость плоского конденсатора. 7. Соединения конденсаторов. Энергия заряженного проводника, конденсатора. 8. Электрический ток. Сила и плотность тока. 9. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводника. Соединение сопротивлений.	<b>3.</b> Электромагнетизм
2		ПК-23		
3	ПК-24	Способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя		

	результаты экспериментальных данных и полученных решений.	10. Работа и мощность Эл. тока. закон Джоуля –Ленца 11. Магнитное поле: характеристики В и Н. Силовые линии. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный момент. 12. Сила Ампера. 13. Сила Лоренца. Движение заряженной ч-цы в магнитном поле 14. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение для магнитного поля в центре кругового тока. 15. Магнитный поток. Теорема Гаусса. 16. магнетики. Пара- диа- ферро-магнетики. 17. Явление электромагнитной индукции. Опыт Фарадея. ЭДС индукции. Правило Ленца. 18. Явление самоиндукции. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида.	
		19. Волновая оптика. 20. Тепловое излучение. 21. Фотоэффект. Эффект Комптона.	4. Оптика
		22. Ядерная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Боровская модель атома водорода. 23.Соотношение неопределенностей Гейзенберга. 24. Природа и состав атомного ядра 25. Закон радиоактивного распада. 26. Радиоактивное излучение.	5. Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц.

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>знать:</b> ОПК-2 -основные законы и понятия физики; ПК-23 - современные динамические процессы в природе и техносфере; ПК-24 - основные методы и обработки результатов эксперимента;</p> <p><b>уметь:</b> ОПК-2 - выявить естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения; ПК-23 – применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24</p>	Зачтено	<p>обучающийся 1) знает основные законы и понятия физики, современные динамические процессы в природе и техносфере, основные методы и обработки результатов эксперимента. Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения, применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования, обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений. Владеет современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применением соответствующего физико-</p>

<p>- обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений; <b>владеть:</b> ОПК-2</p> <p>- современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; ПК-23</p> <p>- применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24</p> <p>- современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.</p>		<p>математического аппарата для их моделирования. 2) в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса физики, не препятствующие усвоению программного материала. 3) умеет применять полученные знания по физике при решении простых физических задач с использованием формул.</p>
	<b>Не зачтено</b>	<p>обучающийся не знает основные законы и понятия физики, современные динамические процессы в природе и техносфере, основные методы и обработки результатов эксперимента. Не умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения, применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования, обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений. Не владеет современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применением соответствующего физико-математического аппарата для их моделирования.</p>

#### 4. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>знать:</b> ОПК-2</p> <p>-основные законы и понятия физики; ПК-23</p> <p>- современные динамические процессы в природе и техносфере; ПК-24</p> <p>- основные методы и обработки результатов эксперимента; <b>уметь:</b> ОПК-2</p> <p>- <b>ВЫЯВИТЬ</b></p>	<b>отлично</b>	<p>обучающийся 1) знает основные законы и понятия физики, современные динамические процессы в природе и техносфере, основные методы и обработки результатов эксперимента. Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения, применять соответствующий физико-</p>

<p>естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения; ПК-23</p> <p>– применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24</p> <p>- обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений;</p> <p><b>владеть:</b> ОПК-2</p> <p>- современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; ПК-23</p> <p>– применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24</p> <p>- современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.</p>		<p>математический аппарат для их моделирования, обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений.</p> <p>Владеет современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применением соответствующего физико-математического аппарата для их моделирования.</p>
	<p><b>хорошо</b></p>	<p>обучающийся</p> <p>1) знает основные законы и понятия физики, современные динамические процессы в природе и техносфере, основные методы и обработки результатов эксперимента.</p> <p>Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения, применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования, обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений.</p> <p>Владеет современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применением соответствующего физико-математического аппарата для их моделирования, 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</p>

		знания по физике при решении простых физических задач с использованием формул.
	<b>неудовлетворительно</b>	обучающийся не знает основные законы и понятия физики, современные динамические процессы в природе и техносфере, основные методы и обработки результатов эксперимента. Не умеет выявлять естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения, применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования, обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений. Не владеет современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применением соответствующего физико-математического аппарата для их моделирования.

### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности**

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

Изучение дисциплины физики предусматривает:

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

В ходе освоения раздела 1 «Механика» студенты должны уяснить представления об инерциальной системе отсчета, о материальной точке, о массе, силе, механической работе и механической энергии, Ознакомиться с понятиями: механическое движение, путь, перемещение, равномерное и неравномерное движение, мгновенная скорость,

средняя скорость, ускорение, импульс тела, мощность, КПД простого механизма, амплитуда, период и частота колебаний, поперечные и продольные волны. Изучить законы: первый, второй и третий законы Ньютона, всемирного тяготения, Гука, сохранения импульса тела, сохранения механической энергии. Знать формулы расчёта силы тяжести, силы трения, работы силы, потенциальной и кинетической энергии тела, мощности, КПД, периода колебаний математического, физического и пружинного маятников, длинны волны. Получить представления об условии равновесия тел и равновесия рычага, принципом действия гидравлических устройств. Изучить характеристики колебаний и волн. На конкретных примерах обсудить экологические проблемы связанные с изучением механики: строительство высотных сооружений и сейсмическая неустойчивость; механические колебания сооружений, конструкций и их влияние на окружающую среду; волны на поверхности и в твёрдом теле и др.

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

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

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

В ходе освоения раздела 5 «Физика атома, атомного ядра и элементарных частиц» студенты должны получить знания о закономерностях в спектре атома водорода. Рассмотреть теорию атома водорода Н. Бора, постулаты Бора. Значение теории Бора. Получить представление об необычных свойствах микрочастиц в квантовой механике, размерах атомного ядра, его строении, составе, о характеристиках атомного ядра, ядерных силах, дефекте масс и энергии связи ядра. Получить представление об явлении радиоактивности, естественной и искусственной радиоактивности, законе радиоактивного распада,  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - излучении.

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.

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

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

темы (правила, законы, определения и др.) после глубокого осознания их сути следует заучить, повторяя несколько раз.

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

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

Самостоятельную работу необходимо начинать с проработки конспекта лекций, лекций делая в нем соответствующие записи из основной и дополнительной литературы, а также рекомендуемых ресурсов и информационно-телекоммуникационной сети «Интернет». Самостоятельная работа создаёт условия для формирования у обучающихся 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 – 53 час., лабораторные занятия – 35 час., самостоятельная работа – 92 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

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

### 3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-2 способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;

ПК-23 готовность участвовать в постановке и проведении экспериментальных исследований;

ПК-24 способность обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений

**4. Вид промежуточной аттестации:** зачёт, 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.)



## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>знать:</b> ОПК-2 -основные законы и понятия физики; ПК-23 - современные динамические процессы в природе и техносфере; ПК-24 - основные методы и обработки результатов эксперимента;</p> <p><b>уметь:</b> ОПК-2 - выявить естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения; ПК-23 – применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24 - обосновывать правильность выбранной модели, сопоставляя результаты экспериментальных данных и полученных решений;</p> <p><b>владеть:</b> ОПК-2 - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; ПК-23 – применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24 - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Зачтено</b></p>	<p>обучающийся</p> <p>1) выполнил лабораторную работу, написал отчёт по лабораторной работе, отвечает на вопросы защиты лабораторной работы.</p> <p>2) выполнил лабораторную работу, написал отчёт с небольшими недочётами, которые студент может исправить с подсказкой преподавателя, отвечает на вопросы защиты лабораторной работы, но в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса физики, не препятствующие усвоению программного материала.</p>
<p><b>владеть:</b> ОПК-2 - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; ПК-23 – применять соответствующий физико-математический аппарат для их моделирования; ПК-24 - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.</p>	<p><b>Не зачтено</b></p>	<p>обучающийся</p> <p>1) не выполнил лабораторной работы. 2) нет отчёта по лабораторной работе 3) студент не готов отвечать на вопросы для защиты лабораторной работы</p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.03.02 информационные системы и технологии от «12» марта 2015 г. № 219

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «3» июля 2018 г. № 413

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «16» сентября 2016 г. № 622, для заочной формы обучения от «16» сентября 2016 г. № 622

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

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130, для заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. № 130

**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:**

И.о. заведующего выпускающей кафедрой ИиПМ \_\_\_\_\_ А.С. Толстиков

Директор библиотеки \_\_\_\_\_ Т.Ф. Сотник  
(подпись)

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЕНФ

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

Председатель методической комиссии факультета \_\_\_\_\_ М.А. Варданян  
(подпись)

**СОГЛАСОВАНО:**

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

Регистрационный № \_\_\_\_\_