

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

«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ФИЗИКА**

**Б1. Б.10**

**НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ**

**08.03.01 Строительство**

**ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ**

**Промышленное и гражданское строительство**

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>3</b>
<b>3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>4</b>
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости .....	4
<b>4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>5</b>
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий .....	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам .....	9
4.3 Лабораторные работы.....	45
4.4 Практические занятия .....	46
4.5. Контрольная работа.....	47
<b>5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>48</b>
<b>6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	<b>49</b>
<b>7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>49</b>
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>50</b>
<b>9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>50</b>
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ	51
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы .....	92
<b>10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....</b>	<b>92</b>
<b>11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>92</b>
<b>Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....</b>	<b>94</b>
<b>Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины .....</b>	<b>101</b>
<b>Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе .....</b>	<b>102</b>
<b>Приложение 4. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости по дисциплине.....</b>	<b>103</b>

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

## Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому и экспериментально-исследовательскому видам 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-1	способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	<b>знать:</b> -основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики; <b>уметь:</b> – применять методы математического анализа, теоретического и экспериментального исследования при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности; <b>владеть:</b> - современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента.
ОПК-2	Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	<b>знать:</b> -основные законы и понятия физики <b>уметь:</b> – выявить естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения <b>владеть:</b> - современным физико- математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б10 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: электроснабжение с основами электротехники, водоснабжение и водоотведение с основами гидравлики, основы архитектуры и строительства конструкций, безопасность жизнедеятельности.

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					Контроль ная работа	Вид промежу точной аттеста ции
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11
Очная	1	1,2	216	85	51	34	77	1к,2к	Зачёт Экзамен
Заочная	1	-	216	20	12	8	187	11	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	-	-	216	18	8	10	189	1	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-

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

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в интерактив- ной, актив- ной, иннова- ционной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час	
			1	2
1	2	3	4	5
<b>I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)</b>	85	18	34	51
Лекции (Лк)	51	14	17	34
Лабораторные работы (ЛР)	34	4	17	17
Контрольная работа	+	-	+	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+	+
<b>II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)</b>	77	-	38	39
Подготовка к лабораторным работам	30	-	18	12
Подготовка к экзамену в течение семестра	17	-	-	17
Подготовка к зачету	10	-	10	-
Выполнение контрольной работы	20	-	10	10
<b>III. Промежуточная аттестация экзамен</b>	54	-	-	54
зачет	+	-	+	-
Общая трудоемкость дисциплины час.	216	-	72	144
зач. ед.	6	-	2	4

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Механика</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
1.1.	Кинематика поступательного движения.	4	1	1	2
1.2.	Кинематика вращательного движения	4	1	1	2
1.3.	Динамика поступательного движения	5	2	1	2
1.4.	Динамика вращательного движения.	7	2	1	4

<b>2.</b>	<b>Гидромеханика</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
2.1.	Движение жидкостей	10	3	2	5
2.2.	Вязкость	10	3	2	5
<b>3.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>17</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>7</b>
3.1.	Молекулярно-кинетическая теория	5	2	1	2
3.2.	Явления переноса	6	2	1	3
3.3.	Законы термодинамики	6	2	2	2
<b>4.</b>	<b>Колебания и волны</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
4.1	Механические колебания: основные характеристики.	3.5	1	0.5	2
4.2	Маятники: пружинный, физический и математический.	3.5	1	0.5	2
4.3	Затухающие колебания.	4	1	1	2
4.4	Вынужденные колебания. Резонанс.	4	1	1	2
4.5	Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.	5	2	1	2
<b>5.</b>	<b>Электричество и магнетизм</b>	<b>25</b>	<b>9</b>	<b>6</b>	<b>10</b>
5.1.	Основные законы электростатики	9	3	2	4
5.2.	Электрический ток.	8	3	2	3
5.3.	Магнитное поле	8	3	2	3
<b>6.</b>	<b>Оптика</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
6.1	Геометрическая оптика	4	1	1	2
6.2	Интерференция света	7	2	1	4
6.3	Дифракция света	4	1	1	2
6.4	Поляризация света	5	2	1	2
<b>7.</b>	<b>Квантовая физика</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
7.1	Тепловое излучение	3.5	1	0.5	2
7.2	Фотоэффект	3.5	1	0.5	2
7.3	Теория атома водорода по Бору	4	1	1	2
7.4	Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.	4	1	1	2
7.5	Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	5	2	1	2
<b>8</b>	<b>Физика атомного ядра</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>10</b>
8.1	Размер, состав и заряд атомного ядра	3.5	1	0.5	2
8.2	Дефект массы и энергия связи	3.5	1	0.5	2
8.3	Ядерные силы	4	1	1	2
8.4	Закон радиоактивного распада	4	1	1	2
8.5	$\alpha$ -, $\beta$ - распад. $\gamma$ - излучение	5	2	1	2
	<b>ИТОГО</b>	<b>162</b>	<b>51</b>	<b>34</b>	<b>77</b>

- для заочной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обучаю- щихся
			лекции	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
<b>1.</b>	<b>Механика</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
1.1.	Кинематика поступательного и вращательного движения.	9	0.5	0.5	8
1.2.	Динамика поступательного и вращательного движения	9	0.5	0.5	8
<b>2.</b>	<b>Гидромеханика</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
2.1.	Движение жидкостей.	9	0.5	0.5	8
2.2	Вязкость.	9	0.5	0.5	8
<b>3.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>27</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>24</b>
3.1.	Молекулярно-кинетическая теория	9	0.5	0.5	8
3.2.	Явления переноса	9	0.5	0.5	8
3.3.	Законы термодинамики	9	0.5	0.5	8
<b>4.</b>	<b>Колебания и волны</b>	<b>44</b>	<b>3.5</b>	<b>1.5</b>	<b>40</b>
4.1	Механические колебания: основные характеристики.	8.5	0.5	-	8
4.2	Маятники: пружинный, физический и математический.	9	0.5	0.5	8
4.3	Затухающие колебания.	9	0.5	0.5	8
4.4	Вынужденные колебания. Резонанс.	8.5	0.5	-	8
4.5	Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.	9	0.5	0.5	8
<b>5.</b>	<b>Электричество и магнетизм</b>	<b>27</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>24</b>
5.1.	Основные законы электростатики	9	0.5	0.5	8
5.2.	Электрический ток.	9	0.5	0.5	8
5.3.	Магнитное поле	9	0.5	0.5	8
<b>6.</b>	<b>Оптика</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
6.1	Геометрическая оптика	9	0.5	0.5	8
6.2	Интерференция, дифракция, поляризация света.	9	0.5	0.5	8
<b>7.</b>	<b>Квантовая физика</b>	<b>25</b>	<b>1.5</b>	<b>0.5</b>	<b>23</b>
7.1	Тепловое излучение.	8.5	0.5	-	8
7.2	Фотоэффект.	9	0.5	0.5	8
7.3	Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.	7.5	0.5	-	7

<b>8.</b>	<b>Физика атомного ядра</b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>-</b>	<b>28</b>
8.1	Размер, состав и заряд атомного ядра.	7.5	0.5	-	7
8.2	Дефект массы и энергия связи	7.5	0.5	-	7
8.3	Закон радиоактивного распада	7.5	0.5	-	7
8.4	$\alpha$ -, $\beta$ - распад. $\gamma$ - излучение	7.5	0.5	-	7
	<b>ИТОГО</b>	<b>207</b>	<b>12</b>	<b>8</b>	<b>187</b>

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ 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>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
1.1.	Кинематика поступательного и вращательного движения.	9	0.5	0.5	8
1.2.	Динамика поступательного и вращательного движения	9	0.5	0.5	8
<b>2.</b>	<b>Гидромеханика</b>	<b>18</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
2.1.	Движение жидкостей	9	0.5	0.5	8
2.2.	Вязкость	9	0.5	0.5	8
<b>3.</b>	<b>Молекулярная физика и термодинамика</b>	<b>27</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>24</b>
3.1.	Молекулярно-кинетическая теория	9	0.5	0.5	8
3.2.	Явления переноса	9	0.5	0.5	8
3.3.	Законы термодинамики	9	0.5	0.5	8
<b>4.</b>	<b>Колебания и волны</b>	<b>42.5</b>	<b>-</b>	<b>2.5</b>	<b>40</b>
4.1	Механические колебания: основные характеристики.	8.5	-	0.5	8
4.2	Маятники: пружинный, физический и математический.	8.5	-	0.5	8
4.3	Затухающие колебания.	8.5	-	0.5	8
4.4	Вынужденные колебания. Резонанс.	8.5	-	0.5	8
4.5	Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.	8.5	-	0.5	8
<b>5.</b>	<b>Электричество и магнетизм</b>	<b>27</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>24</b>
5.1.	Основные законы электростатики	9	0.5	0.5	8
5.2.	Электрический ток.	9	0.5	0.5	8



5.3.	Магнитное поле	9	0.5	0.5	8
<b>6.</b>	<b>Оптика</b>	<b>17</b>	<b>-</b>	<b>1</b>	<b>16</b>
6.1	Геометрическая оптика	8.5	-	0.5	8
6.2	Интерференция, дифракция, поляризация света	8.5	-	0.5	8
<b>7.</b>	<b>Квантовая физика</b>	<b>27</b>	<b>1.5</b>	<b>1.5</b>	<b>24</b>
7.1	Тепловое излучение. Фотоэффект	9	0.5	0.5	8
7.2	Гипотеза де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.	9	0.5	0.5	8
7.3	Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	9	0.5	0.5	8
<b>8.</b>	<b>Физика атомного ядра</b>	<b>30.5</b>	<b>1.5</b>	<b>-</b>	<b>29</b>
8.1	Размер, состав и заряд атомного ядра	9.5	0.5	-	9
8.2	Дефект массы и энергия связи	9.5	0.5	-	9
8.3	Закон радиоактивного распада	11.5	0.5	-	11
	<b>ИТОГО</b>	<b>207</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>189</b>

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

### Раздел 1. МЕХАНИКА

#### Тема 1.1. Кинематика поступательного движения

##### Лекция (1 час)

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

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

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

По виду траектории делятся на прямолинейные и криволинейные.

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

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

$$x = x(t),$$

$$\vec{r} = \vec{r}(t) \quad \text{или} \quad y = y(t),$$

$$z = z(t).$$

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

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

Направление вектора скорости совпадает с направлением перемещения.

**Мгновенная скорость**, равна первой производной радиуса вектора по времени  $\vec{v} = \frac{d\vec{r}}{dt}$ .

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

Вектор скорости точки и модуль скорости равны соответственно:

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

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

Нормальное, тангенциальное и полное ускорение при криволинейном движении.

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

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

Численная величина касательного ускорения равна изменению модуля скорости за единицу времени

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

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

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

## Тема 1.2. Кинематика вращательного движения

### Лекция (1 час)

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

#### Лекция (2 час)

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* силы равно скалярному произведению вектора силы на вектор перемещения.

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

Работа переменной силы на пути  $S$ :  $A = \int_0^S F \cos \alpha \cdot dS$ . Графически работа равна площади

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

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

Единицы измерения:  $[F] = H$ ,  $[p] = \frac{kg \cdot m}{s}$ ,  $[A] = J$ ,  $[P] = \frac{J}{s}$ .

### Тема 1.4. Динамика вращательного движения

#### Лекция (2 час)

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

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

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

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  $z$ :

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

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

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

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:

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

Момент импульса твердого тела вращающегося относительно неподвижной оси:

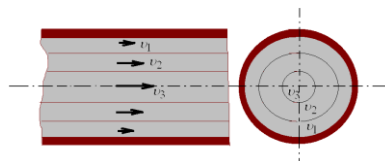
$$L_z = J_z \cdot \omega$$

## Раздел 2. Гидромеханика

### Тема 2.1. Движение жидкостей

#### Лекция (1 час)

Стационарная жидкость. Идеальная жидкость. Давление жидкости. Закон Паскаля. Давление на глубине жидкости. Закон Архимеда. Гидравлический пресс. Течение жидкости. При медленном течении скорость жидкости изменяется от нуля около стенок трубки, до максимума в центре трубки  $v_1 < v_2 < v_3$ .



Жидкость оказывается разделенной на слои, которые скользят относительно друг друга. Такое течение называется **ламинарным или слоистым**.

В 1840 г фр ученый Пуазейль показал, что при ламинарном течении объём  $V$  жидкости, вытекаемый через трубу радиусом  $R$ , длиной  $l$ , за время  $t$ , при разности давлений на концах трубы  $(p_1 - p_2)$ , равен:

$$V = \frac{\pi \cdot R^2 \cdot (p_1 - p_2) \cdot t}{8 \cdot l \cdot \eta} . \text{ - формула Пуазейля}$$

Ламинарное течение наблюдается при небольших скоростях. Если скорость увеличивать, то характер течения меняется: происходит интенсивное перемешивание жидкости, возникают завихрения. Такое течение называется **турбулентным или вихревым**. При турбулентном движении скорость в каждой точке жидкости непрерывно меняется по модулю и направлению но средняя скорость жидкости будет постоянной.

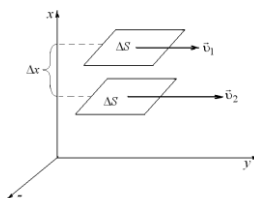
Характер течения определяется величиной называемой числом Рейнольдса  $Re$ . Если  $Re$  – мало ( $Re < 1000$ ) – течение ламинарное. При больших числах Рейнольдса происходит переход от ламинарного течения к турбулентному.

### Тема 2.2. Вязкость

#### Лекция (1 час)

*Вязкость* – свойство жидкости или газа оказывать сопротивление перемещению одной её части относительно другой.

При перемещении слоёв газа (жидкости) между ними возникают силы внутреннего трения, направленные по касательной к поверхности слоёв. Действие этих сил проявляется в том, что со стороны быстрого слоя на медленный действует ускоряющая сила, а со стороны медленного слоя на быстрый слой действует тормозящая сила. На рисунке представлены два слоя жидкости, площадью  $\Delta S$  отстоящие друг от друга на расстоянии  $\Delta x$  и движущиеся со скоростями  $\vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$ .



Изменение скорости  $\Delta v = v_2 - v_1$

Величина  $\frac{\Delta v}{\Delta x}$  – показывает, как быстро меняется скорость при переходе от слоя к слою в направлении оси  $Ox$ , перпендикулярной движению слоёв и называется градиентом скорости.

Сила трения между слоями жидкости пропорционально градиенту скорости и площади поверхности слоя:

$$F_{\partial\partial} = \eta \cdot \left| \frac{\Delta v}{\Delta x} \right| \cdot \Delta S \quad \text{-формула Ньютона}$$

Где  $\eta$  -коэффициент динамической вязкости. Зависит от рода жидкости и температуры.

$$[\eta] = \dot{\gamma} \cdot \tilde{\eta} \quad (\text{Паскаль умнож. на секунду})$$

**Физический смысл коэффициента динамической вязкости:** Коэффициент динамической вязкости численно равен силе внутреннего трения возникающей между слоями жидкости площадью  $1 \text{ м}^2$  при градиенте скорости жидкости равном  $1 \text{ м}^{-1}$ .

Вязкость зависит от температуры.

С увеличением температуры вязкость жидкостей уменьшается, а вязкость газов увеличивается.

У **газов** вязкость обусловлена перелётом молекул из слоя в слой из за их хаотичного движения. При этом медленная молекула попадая в быстрый слой тормозит его, а быстрая молекула – ускоряет движение слоя. При увеличении температуры интенсивность теплового движения молекул увеличивается, число перелётов увеличивается и вязкость следовательно тоже увеличивается.

У **жидкостей** – главной причиной вязкости являются силы притяжения между молекулами. С увеличением температуры жидкости расширяются и силы межмолекулярного притяжения уменьшаются и следовательно вязкость уменьшается.

### Раздел 3. Молекулярная физика и термодинамика

#### Тема 3.1. Молекулярно-кинетическая теория

##### Лекция (1 час)

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

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

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

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

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

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

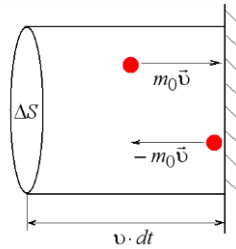
*Уравнение состояния идеального газа известно из элементарного курса физики:*

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

*Основное уравнение МКТ. Молекулярно-кинетический смысл температуры*

С молекулярно-кинетической точки зрения давление газа на стенки сосуда обусловлено ударами молекул, находящихся в тепловом движении, о стенки сосуда. Давление равно импульсу, переданному молекулами газа единице площади поверхности стенки за единицу времени. При выводе формулы давления будем считать, что в сосуде находится идеальный газ, масса одной молекулы которого  $m_0$ . Удар молекулы о стенки носит абсолютно упругий характер. Можно допустить, что при общем числе молекул газа  $N$  вследствие хаотичного движения в каждом из трёх взаимно перпендикулярных направлений будет двигаться  $N/3$  молекул. Если одно из этих направлений перпендикулярно стенке сосуда, то по направлению к стенке будет двигаться  $N/6$  молекул. Вначале предположим, что все молекулы газа движутся с одинаковыми скоростями  $v$ . при каждом соударении молекула передаёт стенке сосуда импульс

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



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

Поведение всей совокупности молекул характеризуется средней квадратичной скоростью

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

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

где  $\langle \varepsilon \rangle = \frac{1}{2} m_0 \cdot \langle v_{\hat{e}\hat{a}} \rangle^2$  -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.

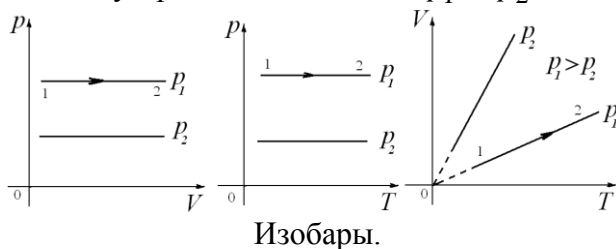
Графическое изображение уравнения состояния называют диаграммой состояния. В случае изопроцессов диаграммы состояния изображаются двумерными (плоскими) линиями и называются соответственно изотермами, изобарами и изохорами. Изотермы, соответствующие двум разным температурам  $T_1$  и  $T_2$



*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



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 3.2. Явления переноса.

### Лекция (1 час)

*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).

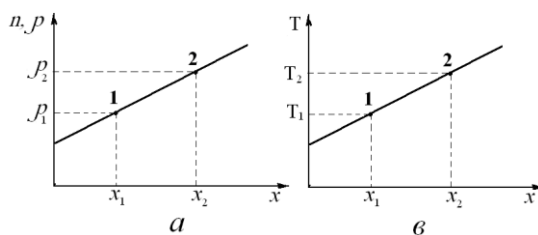
*Диффузия* состоит в самопроизвольном переносе массы газа из области с большей плотностью вещества в область с меньшей плотностью.

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.  $[D] = \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ .

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.  $[k] = \frac{\text{А}\dot{\delta}}{\text{и} \cdot \hat{E}}$ . Знак минус в формуле означает, что теплота переносится в сторону убывания температуры.

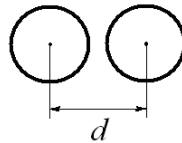
Явление внутреннего трения состоит в переносе импульса от более быстрого слоя (движущегося со скоростью  $\vec{v}_2$ ) к более медленному (движущемуся со скоростью  $\vec{v}_1$ ).

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

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 3.4. Законы термодинамики.

#### Лекция (2 час)

*Первый закон термодинамики:*

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Неравенство Клаузиуса служит математическим выражением второго начала термодинамики.

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

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

*Статистический смысл второго начала термодинамики:*

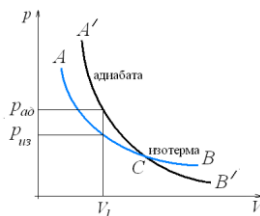
Чем меньше число молекул в газовой системе, тем с большей вероятностью может наблюдаться самопроизвольное сжатие газа, в котором  $W$  и  $S$  могут убывать. Хотя вероятность подобных процессов в термодинамических системах, состоящих из большого числа частиц, мала, в принципе они не запрещаются. Не исключая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

Адиабатный процесс.

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

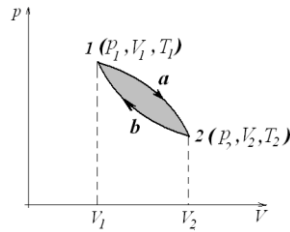
В отсутствии теплообмена с окружающей средой  $dQ = 0$ . По первому началу термодинамики для адиабатного процесса  $dA = -dU$ .

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 проходимых в обратном порядке



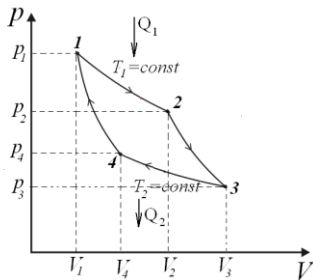
Процесс считается равновесным, если его можно представить как непрерывный ряд равновесных состояний. Равновесными являются бесконечно медленно протекающие процессы, в которых в течение конечного промежутка времени параметры системы остаются неизменными. Всякий равновесный процесс является обратимым процессом,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

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

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

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

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



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 4. Колебания и волны

### Тема 4.1. Механические колебания. Основные характеристики колебаний

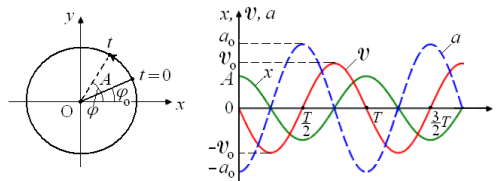
#### Лекция (1 час)

Колебания. Виды колебаний: механические, электромагнитные. Гармонические и не гармонические.

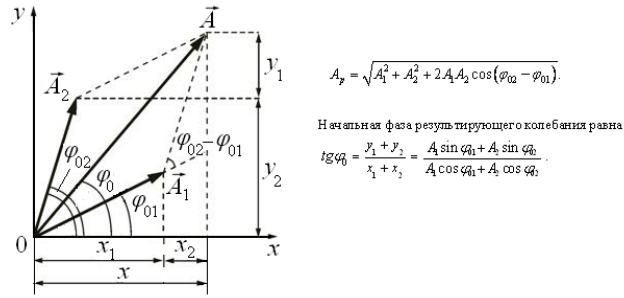
Механические колебания. Основные характеристики колебаний: амплитуда, частота, фаза и период колебаний.

Уравнение гармонических колебаний\*

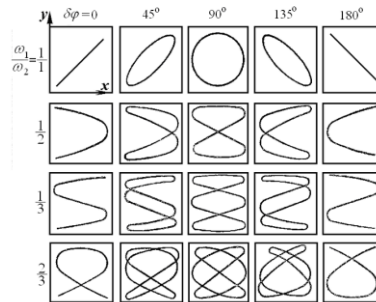
$$x = A \cos \varphi = A \cos(\omega t + \varphi_0), \quad y = A \sin \varphi = A \sin(\omega t + \varphi_0),$$



Скорость и ускорение материальной точки, совершающей гармонические колебания. Кинетическая, потенциальная и полная энергия материальной точки, совершающей гармонические колебания. Сложение двух однонаправленных гармонических колебаний одинаковой частоты.

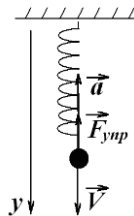


Сложение двух взаимноперпендикулярных гармонических колебаний одинаковой частоты. Фигуры Лиссажу.



## Тема 4.2. Маятники: пружинный, физический, математический Лекция (1 час)

### Пружинный маятник



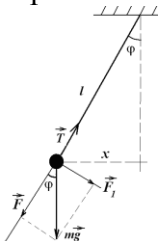
Вывод дифференциального уравнения пружинного маятника:

$$\ddot{\delta} + \omega^2 \cdot \delta = 0$$

Вывод формулы периода колебаний пружинного маятника:  $T = 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

### Математический маятник

**Математический маятник** – материальная точка подвешенная на длинной, невесомой, нерастяжимой нити длиной  $l$

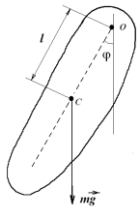


Математический маятник колеблется под действием силы тяжести  $m\vec{g}$ . Вывод дифференциального уравнения математического маятника  $\ddot{x} + \omega^2 \cdot x = 0$ . Вывод формулы для периода колебаний математического маятника:

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

### Физический маятник

**Физический маятник** это твёрдое тело, подвешенное на горизонтальной оси, не проходящей через центр масс. Маятник совершает колебания под действием силы тяжести.



Вывод дифференциального уравнения физического маятника

$$\ddot{\varphi} + \omega^2 \varphi = 0,$$

Вывод формулы для периода колебаний  $T = 2\pi \sqrt{\frac{J}{mgl}}$  физического маятника.

### Тема 4.3. Затухающие колебания Лекция (1 час)

Любые реальные свободные колебания со временем затухают. Это связано с тем, что на колеблющуюся систему всегда действуют диссипативные силы (силы сопротивления, трения), которые нельзя исключить. Поэтому энергия колеблющейся системы тратится на работу диссипативных сил, т.е. система теряет энергию.

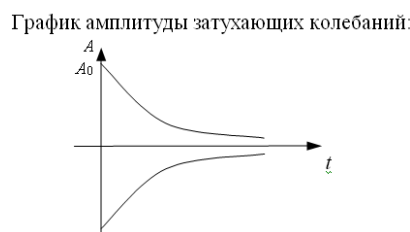
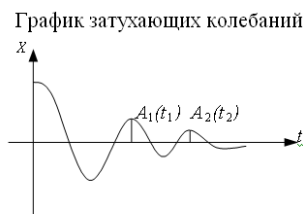
Пусть на пружинный маятник (систему) кроме упругой силы действует сила сопротивления:  $F_{сопр} = -r\dot{x}$ , где  $r$  – коэффициент сопротивления (зависит не только от свойств среды, но и от формы и размеров колеблющегося тела). Тогда уравнение движения груза пружинного маятника на основании II закона Ньютона имеет вид  $m\ddot{x} = -kx - r\dot{x}$ ,

Вывод дифференциальное уравнение затухающих колебаний:  $\ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ ,

Решение уравнения может быть найдено  $x = A_0 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi_0)$ ,

где  $\omega = \sqrt{\omega_0^2 - \beta^2}$  – частота затухающих колебаний

амплитуда затухающих колебаний.  $A = A_0 e^{-\beta t}$ ,



Время релаксации  $\tau$ , коэффициент затухания  $\beta = \frac{1}{\tau}$ ,

логарифмический декремент затухания

$$\delta = \ln \frac{A_1(t)}{A_2(t+T)} = \ln \frac{A_0 e^{-\beta t}}{A_0 e^{-\beta(t+T)}} = \beta T = \frac{r}{2m} \cdot \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{k}{m} - \frac{r^2}{4m^2}}}.$$

Затухание колебаний по экспоненциальному закону происходит в том случае, когда сила трения пропорциональна скорости. При этом отношение двух последовательных амплитуд (декремент затухания) остается постоянным. При других типах сил трения закон затухания будет иным. Во многих колебательных системах наряду с трением, пропорциональным скорости, присутствует и сухое трение. Поэтому на опыте часто получается, что отношение двух последовательных амплитуд не является постоянной величиной.

### Тема 4.4. Вынужденные колебания. Резонанс Лекция (1 час)

Система, выведенная из положения равновесия и предоставленная самой себе, совершает свободные затухающие колебания. Для того, чтобы система совершала колебания длительное время необходимо восполнить убыль энергии (потери) в ней за счет работы тех или иных внешних сил.

Если на систему действуют периодически изменяющиеся во времени внешние силы, то она будет совершать вынужденные колебания.

Пусть система в начальный момент времени находится в состоянии покоя. При действии на нее переменной периодической внешней силы она приобретет энергию и постепенно начинает раскачиваться. Часть передаваемой энергии расходуется на преодоление сопротивления среды. Так как убыль энергии системы растет с ростом скорости колеблющейся системы, которая в свою очередь возрастает с увеличением амплитуды колебаний, то в конечном итоге потери энергии станут равными ее поступлению. С этого момента колебания считаются установившимися. Тогда установившиеся вынужденные колебания происходят по закону, по которому колеблется внешняя сила, и частота равна частоте колебаний вынуждающей силы.

Уравнение вынужденных колебаний:

$$m\ddot{x} = -kx - r\dot{x} + F_0 \cos \omega t \quad \text{или} \quad \ddot{x} + 2\beta\dot{x} + \omega_0^2 x = \frac{F_0}{m} \cos \omega t.$$

Резонанс широко распространен в природе, часто используется в технике, радиотехнике. Например, человеческое ухо воспринимает звуки вследствие резонанса колебаний в ушной раковине. В радиотехнике резонанс позволяет отделять сигналы данной радиостанции от других сигналов одновременно работающих станций. Для этого принимающая сигналы радиостанция настраивается на частоту сигналов передающей радиостанции.

Явление механического резонанса используется в акустике для анализа звуков и их усиления, при уплотнении жидкого бетона, залитого в фундамент зданий, сооружений. Однако, в различных сооружениях и машинах, подвергающихся периодическим нагрузкам, резонанс весьма опасен. Например, роторы машин, турбин и других вращающихся механизмов практически невозможно центрировать абсолютно точно. При вращении ротора сила, действующая на вал ротора, является периодической. Поэтому она возбуждает колебания вала (ротора). Если частота изменения направления силы совпадает с собственной частотой колебаний вала, то наступает резонанс колебаний, что приводит к разрушению. Скорость вращения вала, соответствующая резонансу, называется критической. Для предотвращения резонанса необходимо создавать такой режим, при котором частота вынуждающей силы и собственная частота системы сильно различались бы по величине; или, увеличить затухание колебательной системы

## **Тема 4.5. Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны** **Лекция (2 час)**

Как известно, колеблющееся тело (камертон, струна, мембрана), находящееся в упругой среде, приводит в колебательное движение соприкасающиеся с ним частицы среды: атомы, молекулы и другие механические возмущения, возникающие в упругой среде. Вследствие чего в прилегающих к этому телу элементах среды возникают периодические деформации (например, растяжения или сжатия среды) и ведут к возникновению упругих сил, которые стремятся вернуть элементы среды в первоначальное состояние равновесия, то есть возникают упругие колебания среды.

Так как соседние элементы среды взаимодействуют друг с другом, то эти упругие деформации будут передаваться от одних участков среды к другим. *Колебания (возмущения), распространяющиеся в упругой среде во времени называются механическими волнами.* Волны могут быть *продольными*, когда частицы среды колеблются вдоль линии, совпадающей с направлением распространения колебания; и *поперечными*, когда частицы колеблются перпендикулярно к направлению распространения волны. В жидкостях и газах возникают только продольные волны, распространяющиеся в виде чередующихся сжатий и растяжений среды.

*Поверхность, до которой доходит колебание в некоторый момент времени, называется фронтом волны.* Поверхность волны, в которой все частицы колеблются в одинаковой фазе, называется волновой поверхностью. Для изотропной среды волновой фронт и волновая поверхность совпадают. Если частица упругой среды в точке  $O$  совершает колебательное движение по закону

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

где  $\xi(x, t)$  – смещение частицы среды от положения равновесия;  $A$  – амплитуда (наибольшее смещение частицы среды от положения равновесия);  $t$  – время;  $T$  – период;  $\omega = 2\pi/T$  – циклическая или круговая частота;  $\varphi_0$  – начальная фаза колебания; то в соседнюю точку  $B$  среды придет колебательное движение с некоторым запаздыванием на время

$$\tau = \frac{x}{v},$$

где  $x$  – расстояние, на которое распространилось колебание от точки  $O$  до  $B$ .  $v$  – скорость распространения волны (фазовая скорость волны).

Уравнение смещений частицы среды в точке  $B$  запишется

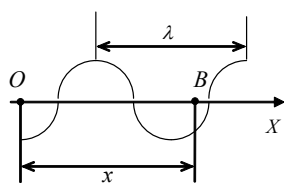


Рис. 118.1

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

при условии  $\varphi_0 = 0$ .

Это общее уравнение бегущей слева направо плоской синусоидальной волны. Оно определяет для любого момента времени  $t$  отклонение от положения равновесия колеблющихся частиц, находившихся в покое на расстоянии  $x$  от начала отсчета. *Расстояние  $\lambda$ , пройденное волной (определенной фазой колебания) за один период колебания, называется длиной волны, т.е. длина волны – кратчайшее расстояние между соседними частицами среды, колеблющимися в одинаковой фазе.*

$$\lambda = vT = \frac{v}{\nu}, \quad v = \lambda \nu,$$

где  $\nu$  – частота колебания частиц среды.

Частоты колебаний  $\nu$  частиц среды имеют ту же частоту, что и частота колебаний источника волн. Волны, частоты колебаний частиц которых лежат в пределах от 16 до 20000 Гц, называются звуковыми.

Звуковые волны в газах и жидкостях являются продольными и могут распространяться только в упругой среде.

Звуковые волны, как и электромагнитные, обладают рядом свойств: интерференцией, дифракцией, отражением и т.д.

*Интерференцией механических волн называется явление усиления или ослабления колебаний, которые происходят в результате наложения двух или нескольких когерентных волн. Когерентными называются волны, распространяющиеся в среде с одинаковой частотой и с постоянной по времени разности фаз.*

*Частным случаем интерференции волн являются стоячие волны, которые образуются при наложении двух встречных волн с одинаковой амплитудой и частотой.* Практически стоячие волны возникают при отражении волн от преграды.

## Раздел 5. Электричество и магнетизм

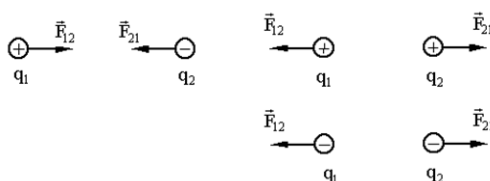
### Тема 5.1. Основные законы электростатики

#### Лекция (2 час)

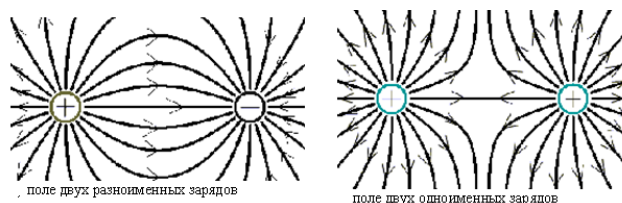
Электрический заряд  $Q, q$ . Виды заряда. Взаимодействие зарядов.

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

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



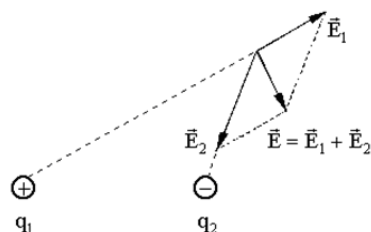
Понятие электрического поля. Графическое представление электрического поля. Силовые линии.





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.

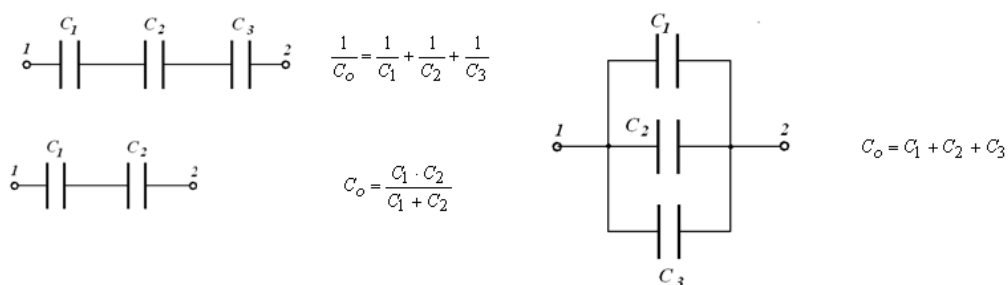
Виды поляризации: электронная, ориентационная, ионная. Поле внутри диэлектрика.

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.

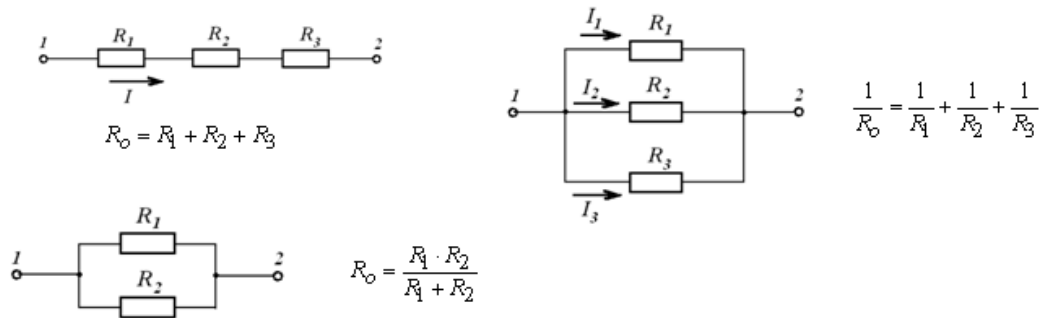
## Тема 5.2. Электрический ток

### Лекция (2 час)

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.

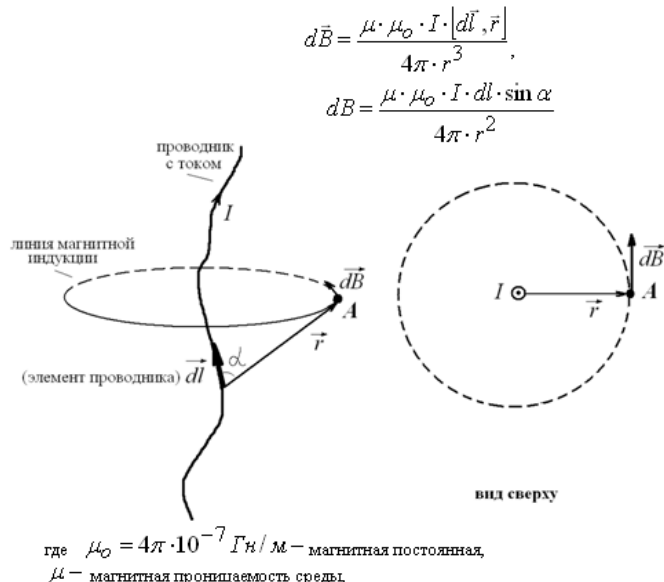


### Тема 5.3. Магнитное поле

#### Лекция (2 час)

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 электромагнитном поле. 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:

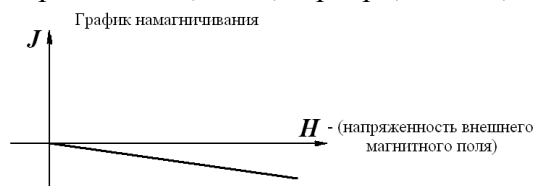
- Диамагнетики
- Парамагнетики
- Ферромагнетики.

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

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

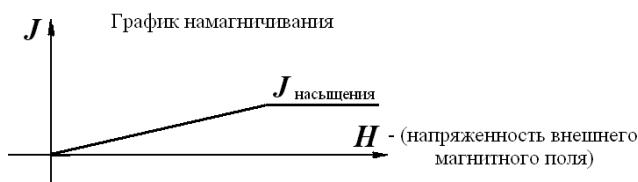
Диамагнетики-

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



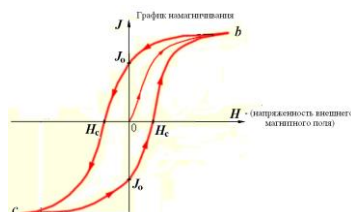
Парамагнетики

– 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 Ленца. 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.

## Раздел 6. ОПТИКА

### Тема 6.1. Геометрическая оптика

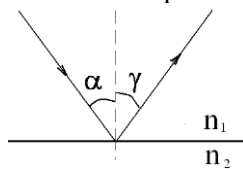
#### Лекция ( 1 час)

*Абсолютный показатель преломления*  $n$  показывает во сколько раз скорость света в вакууме больше фазовой скорости света в среде:

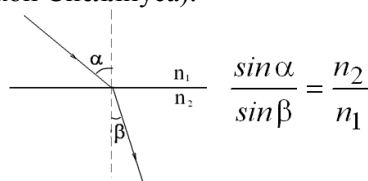
$$n = \frac{c}{V}$$

*Законы геометрической оптики*

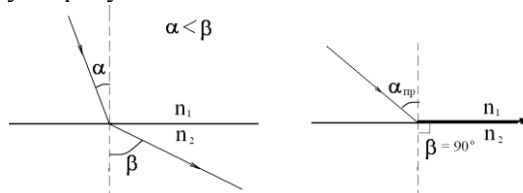
1. Закон прямолинейного распространения света:
2. Закон независимости световых пучков:
3. Закон отражения:



4. Закон преломления света (закон Снеллиуса):



*Явление полного внутреннего отражения* -- наблюдается при прохождении света из оптически более плотной в оптически менее плотную среду.



*Предельный угол падения*  $\alpha_{гд}$  - угол падения при котором преломленный луч скользит вдоль границы раздела двух сред.

Закон преломления света для предельного угла запишется:  $\sin \alpha_{гд} = \frac{n_2}{n_1}$ .

При дальнейшем увеличении угла падения ( $\alpha > \alpha_{гд}$ ), луч света во вторую среду проходить не будет, он будет полностью отражаться от второй среды.

### Тема 6.2. Интерференция света

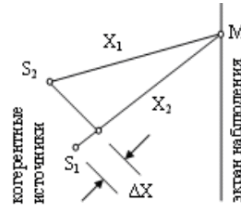
#### Лекция ( 2 час)

**Интерференцией** называется сложение когерентных волн, при котором в разных точках пространства получается усиление или ослабление амплитуды результирующей волны, не изменяющееся с течением времени. Интерференция наблюдается только от когерентных источников. Когерентность - значит согласованность. **Когерентными источниками** называются такие источники, которые дают волны одинаковой частоты, и для фиксированной точки пространства разность фаз колебаний остается постоянной. Независимые источники света не могут быть когерентными. Когерентность можно обеспечить, разделив волну от одного источника на две части и

затем сведя их вместе. Существуют различные методы получения когерентных световых источников. Самый простой из них - метод Юнга, в котором световая волна делится на две части с помощью экрана с двумя узкими параллельными щелями.

### Условие максимума и минимума при интерференции

Пусть  $S_1$  и  $S_2$  - два когерентных источника, совершающих колебания в одинаковой фазе. До точки наблюдения  $M$  волны проходят разное расстояние .



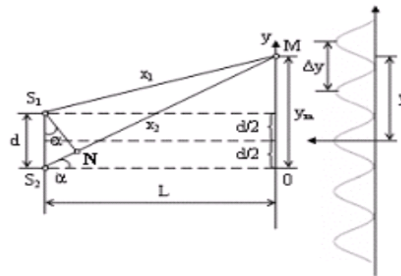
условие максимума интенсивности при интерференции  $\Delta x = \pm m\lambda = \pm 2m \frac{\lambda}{2}$ , где  $m$  - порядок интерференционного максимума.

Если разность хода равна целому числу длин волн или четному числу полуволен, то будет наблюдаться максимум интенсивности при интерференции.

Условие минимума:  $\Delta x = \pm(2m + 1) \frac{\lambda}{2}$ . Если разность хода равна нечетному числу полуволен, то в данной точке экрана будет наблюдаться минимум интенсивности при интерференции.

### Расчет интерференционной картины от двух когерентных источников

Два когерентных источника можно получить, например, методом Юнга. Рассчитать интерференционную картину - это значит предсказать, в какой точке экрана наблюдения будет максимум, а в какой минимум интенсивности



Где  $S_1$  и  $S_2$  - когерентные источники.

Вывод формулы для определения длины волны света:  $\lambda = \frac{\Delta y \cdot d}{L}$ .

### Интерференция

		В проходящем свете	в отраженном свете
в тонких пленках:	$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \varphi} = \pm m\lambda$	<i>max</i>	<i>min</i>
	$2d\sqrt{n^2 - \sin^2 \varphi} = \pm(2m - 1)\frac{\lambda}{2}$	<i>min</i>	<i>max</i>

<p>Кольца Ньютона</p>	$r_k = \sqrt{mR\lambda}$	<p><i>max</i></p>	<p><i>min</i></p>
	$r_k = \sqrt{(2m+1)R\frac{\lambda}{2}}$	<p><i>min</i></p>	<p><i>max</i></p>

### Тема 6.3. Дифракция света Лекция ( 1 час)

#### Дифракция электромагнитных волн.

К дифракции (что условно означает «отклонение») принято относить все явления, связанные с распространением электромагнитных волн от когерентных источников при наличии препятствий независимо от величины их размеров.

Группа явлений ( $\lambda \sim d$ ) называется *дифракцией* и характеризуется огибанием препятствий электромагнитной волной. В более широком смысле это любое отклонение распространения волн вблизи препятствий от законов геометрической оптики, когда она частично заходит в область геометрической «тени». В этом случае препятствие оказывает воздействие на характеристики волны, причем сохраняют силу такие понятия, как волновая поверхность и волновой фронт.

Явление дифракции ( $\lambda \sim d$ ), так же как и явление интерференции, подтверждает волновую природу света. Дифракция всегда сопровождается интерференцией дифрагированных лучей. При дифракции, так же как и при интерференции, наблюдается перераспределение интенсивности колебательного процесса в пространстве в результате суперпозиции когерентных волн.

#### Принцип Гюйенса–Френеля.

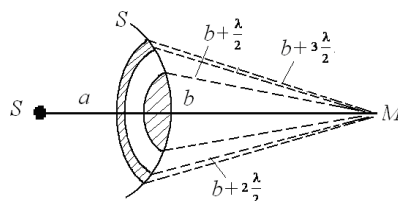
Анализ явления дифракции света осуществляется на основе принципа Гюйенса–Френеля

Первоначально он был сформулирован Гюйенсом в XVII веке, а в начале XIX века его усовершенствовал О. Френель на основе представлений об интерференции.



#### Метод зон Френеля

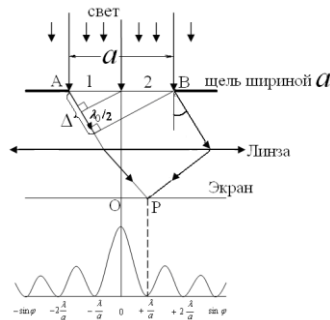
Для оценки результата интерференции вторичных волн Френель применил прием, получивший название метода зон Френеля. Согласно этому методу видимый фронт волны  $S'$ , который заменяет действие точечного источника  $S$ , разбивается на участки: для сферических волн это кольцевые зоны, для плоских – прямоугольные полосы. Размеры этих зон таковы, что расстояния от краев соседних зон до наблюдателя  $M$  отличаются на  $\lambda/2$ .



При четном числе зон Френеля – в т М будет минимум, при нечетном – максимум.

#### Дифракция от одной щели

Пусть плоская монохроматическая волна падает нормально на щель шириной  $a$ . Когерентные вторичные волны распространяются от нее по всем направлениям. Результат их интерференции можно наблюдать на экране Э, расположенном в фокальной плоскости линзы Л



После прохождения через линзу Л они собираются на экране в точке Р и интерферируют. Для выяснения вида интерференционной картины разобьем открытую поверхность волнового фронта АВ на зоны Френеля, параллельные краям щели.

Если на ширине щели укладывается четное число зон Френеля, то амплитуда результирующего колебания в точке Р равна 0 и наблюдается минимум интенсивности света.

$$a \sin \varphi = \pm 2k \frac{\lambda_0}{2} = \pm k \lambda_0, \quad (k=1, 2, \dots)$$

Дифракционный максимум возникает при нечетном числе зон Френеля, укладывающихся на ширине щели

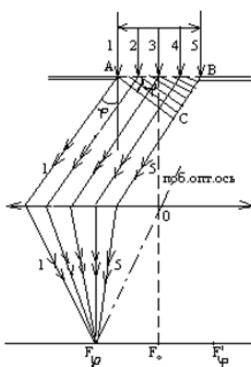
$$a \sin \varphi = \pm (2k + 1) \frac{\lambda_0}{2}, \quad (k=1, 2, \dots), \quad \text{где } k \text{ определяет порядок дифракции.}$$

В целом дифракционная картина, возникающая при прохождении монохроматического света через узкую щель, имеет вид чередующихся светлых и темных полос, симметрично расположенных по обе стороны от центральной светлой полосы.

При дифракции от одной щели интенсивность света в максимумах невелика и дифракционная картина недостаточно четко выражена. Для получения картины с четкими максимумами интенсивности света применяется дифракционная решетка.

#### Дифракционная решетка

Прозрачная одномерная дифракционная решетка для световых волн – это пластина из прозрачного материала (обычно из стекла), на поверхности которой каким-либо путем (механическим или фотоспособом) нанесено большое число параллельных равноотстоящих непрозрачных штрихов. Обозначим ширину щели  $a$ , ширину непрозрачного промежутка  $b$ . Основным параметром решетки является ее период  $d$  (постоянная решетки),



Дифракционная картина на решетке определяется как результат взаимной интерференции световых волн, идущих от N щелей. В общем случае при рассмотрении дифракции от N щелей имеем:

- главные минимумы  $a \sin \varphi = \lambda, 2\lambda, \dots$
- главные максимумы  $d \sin \varphi = 0, \lambda, 2\lambda, \dots$
- добавочные минимумы

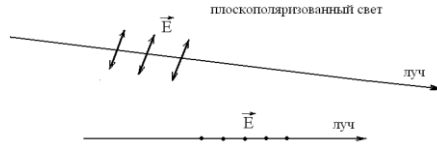
$$d \sin \varphi = \frac{\lambda}{N}, 2 \frac{\lambda}{N}, \dots, \frac{(N-1)\lambda}{N}, \frac{(N+1)\lambda}{N}, \dots,$$

т.е. между двумя главными максимумами располагается  $(N-1)$  добавочных минимумов, разделенных вторичными максимумами.

Дифракционная решетка создает эффект резкого разделения и усиления интенсивности света в области максимумов, что делает ее незаменимым оптическим прибором. Чем больше постоянная решетки  $d$ , тем больше число спектров можно наблюдать, но тем менее яркими и узкими становятся отдельные спектральные линии.

**Тема 6.4. Поляризация света**  
**Лекция ( 2 час)**

Плоскополяризованный свет- свет, в котором вектор  $\vec{E}$  (вектор напряженности электрического поля) колеблется в одной плоскости.

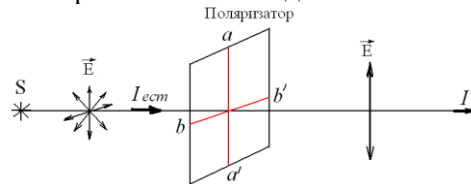


(Колебания вектора  $\vec{E}$  показаны на рисунках стрелками или точками – т к вектор  $\vec{E}$  перпендикулярно плоскости чертежа).

В естественном свете вектор  $\vec{E}$  колеблется произвольным образом, не упорядоченно.



Плоскополяризованный свет получают из естественного, пропуская естественный свет через поляризатор. Поляризатор пропускает колебания вектора  $\vec{E}$  только в одной плоскости.

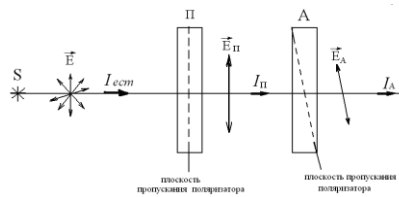


Где S – источник света,  $I_{\text{ест}}$  интенсивность естественного света,

$I$  – интенсивность света прошедшего поляризатор.

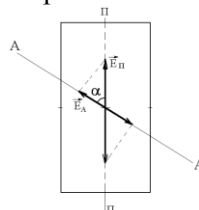
$\hat{a} - \hat{a}'$  -плоскость колебаний (пропускания): через поляризатор пройдут только те колебания вектора  $\vec{E}$ , которые параллельны плоскости колебаний.

**Закон Малюса**



Где S – источник света, П – поляризатор, А- анализатор.

$I_{\text{ест}}$  - интенсивность естественного света,  $I_{\text{П}}$  – интенсивность света прошедшего поляризатор.  $I_{\text{А}}$  – интенсивность света прошедшего через анализатор.



$$I_A = I_{\text{П}} \cos^2 \alpha,$$

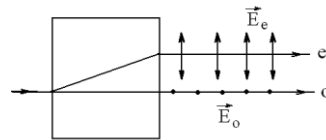
где  $\alpha$  - угол между плоскостями пропускания поляризатора и анализатора.



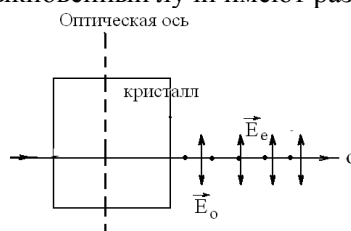
Если  $\alpha = 0^\circ, I_A = I_i$  - интенсивность света выходящего через анализатор будет максимальна. Если  $\alpha = 90^\circ, I_A = 0$  - свет проходить через анализатор не будет (поляроиды скрещены).

### Двойное лучепреломление

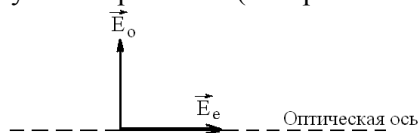
При прохождении света через прозрачные анизотропные кристаллы луч разделяется на два луча распространяющиеся с различной скоростью. (1669 г Э. Бартолин). Один луч называется обыкновенным **o** (так как подчиняется законы Снеллиуса), другой луч – необыкновенный **e** (так как не подчиняется закону преломления света. Для необыкновенного луча показатель преломления зависит от направления луча в кристалле).



Оптическая ось кристалла – это направление в кристалле вдоль которого луч света идет не раздваиваясь и с одинаковой скоростью. Если луч света падает перпендикулярно оптической оси то луч света идет не раздваиваясь, но обыкновенный и необыкновенный лучи имеют разную скорость.



Исследования показали, что обыкновенный и необыкновенные лучи поляризованы во взаимно-перпендикулярных направлениях: плоскость колебаний вектора  $\vec{E}_o$  обыкновенного луча перпендикулярна оптической оси (изображаем точками), В необыкновенном луче вектор  $\vec{E}_e$  колеблется в плоскости проходящей через оптическую ось кристалла (изображаем стрелками).



### Поляризация света при отражении и преломлении на границе раздела 2-х диэлектриков. Закон Брюстера

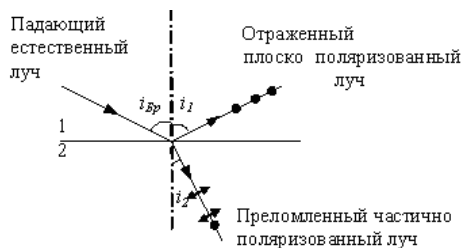
Если направить пучок естественного света на границу раздела двух диэлектриков (например, воздух – стекло), то часть света отражается, а часть, преломляясь, распространяется во второй среде. Располагая анализатор (например, кристалл турмалина) на пути луча, можно исследовать поляризации отраженного и преломленного лучей. Такое исследование было проведено в 1810г. Малюсом. Оказалось, что отраженный и преломленный лучи поляризованы частично, причем, в отраженном луче преобладают колебания, перпендикулярные к плоскости падения, а в преломленном луче – колебания, параллельные плоскости падения. Степень поляризации зависит от угла падения. При некотором строго определенном для данных сред значении угла падения отраженный от границы раздела свет оказывается полностью линейно – поляризованным. Такой угол падения называется углом Брюстера ( $i_{Br}$ ) или углом полной поляризации и определяется согласно закону, установленному в 1815 г Брюстером:

$$tg i_{Br} = n_{12}$$

где  $n_{21}$  – показатель преломления второй среды по отношению к первой.

Для стекла с показателем преломления  $n=1,53$  угол Брюстера составляет около  $57^\circ$ .

Что касается преломленного луча, то при выполнении закона Брюстера, он поляризуется максимально, но не полностью



При выполнении закона Брюстера угол между отраженным и преломленным лучами составляет  $90^\circ$ .

## Раздел 7. Квантовая физика

Квантовая физика занимается изучением законов движения микрочастиц, которые являются носителями как корпускулярных, так и волновых свойств. Днем рождения квантовой физики считается 14 декабря 1900 г., когда немецкий физик Макс Планк на заседании Берлинского физического общества изложил теорию излучения энергии нагретыми телами. В основе теории теплового излучения лежала гипотеза о дискретном характере излучения. Согласно этой гипотезе, атомы нагретых тел излучают энергию в виде порций или квантов. Дальнейшее развитие квантовые представления получили при объяснении законов фотоэффекта и строения атома.

### Тема 7.1. Тепловое излучение

#### Лекция (1 час)

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  $R_T$ , лучеиспускательная способность  $r_{\nu, T}$

Основными характеристиками теплового излучения являются энергетическая светимость  $R_T$ , лучеиспускательная 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  $2\pi$ ):

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

Лучеиспускательная (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  $R_T$ :

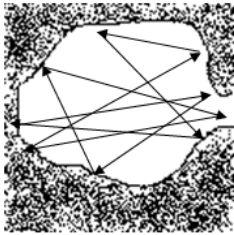
$$R_T = \int_0^{\infty} r_{\lambda T} d\lambda = \int_0^{\infty} r_{\nu T} d\nu.$$

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  $T$ :

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

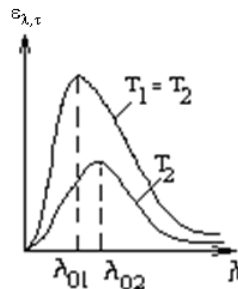
где  $dW_{\text{погл}}$  – энергия, поглощенная единицей площади поверхности тела в единичном интервале длин волн  $d\lambda$  (частот  $d\nu$ );  $dW_{\text{пад}}$  – энергия, падающая на единицу площади поверхности тела в единичном интервале длин волн  $d\lambda$  (частот  $d\nu$ ).

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. Приблизненно 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):

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

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  $\varepsilon_{\nu, T}$  – лучеиспускающая способность а.ч.т. Следовательно, функция Кирхгофа  $f(\nu, T)$  равна лучеиспускающей 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.

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

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

Выражение (9) потому называют законом смещения Вина, что оно показывает смещение положения максимума функции  $\epsilon_{\lambda,T}$  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.

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

где  $\epsilon' = 1,29 \cdot 10^{-5}$  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  $\epsilon$ . Величина кванта энергии равна

$$\epsilon = h\nu,$$

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

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

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

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

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

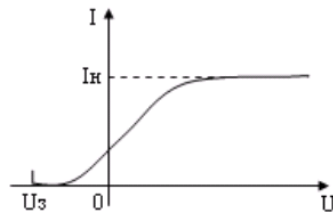
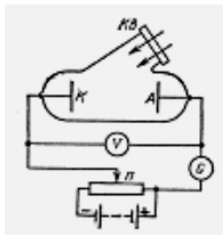
Рассмотренные закономерности излучения абсолютно черного тела качественно справедливы и для тел, не являющихся абсолютно черными. Например, энергетическая светимость серого тела  $R_T = a\sigma T^4$ , где  $a$  – коэффициент, который меньше единицы и который зависит от состояния поверхности, формы и химического состава тела.

## Тема 7.2. Фотоэффект

### Лекция (1 час)

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:

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

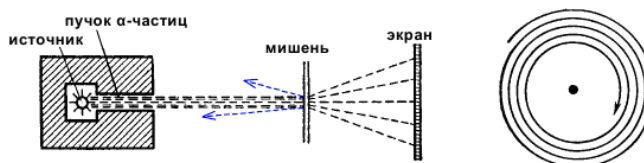
где  $T_{\max} = \frac{mv^2}{2}$  - максимальная кинетическая энергия выбитых электронов при данной

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

## Тема 7.3. Теория атома водорода по Бору

### Лекция (1 час)

Опытами Резерфорда (1911 г.) было установлено, что атом состоит из положительно заряженного ядра, вокруг которого движутся по орбите отрицательно заряженные электроны, так что в целом атом электрически нейтрален.



Электроны вращаются вокруг ядра в первом приближении по круговым орбитам. Совокупность электронов составляет электронную оболочку. Рассмотрим атом водорода, т.е. атомную систему, состоящую из ядра с зарядом  $+Ze_0$  и одного электрона с зарядом  $-e_0$ .

Кулоновская сила  $F_{\text{кул}}$  взаимодействия между ядром и электроном играет роль центростремительной силы, равной для круговой орбиты

$$\frac{e_0^2}{4\pi\epsilon_0 r} = m_e v^2,$$

Полная энергия электрона равна сумме потенциальной и кинетической энергий:

$$E = E_{\text{пот}} + E_{\text{к}} = -\frac{e_0^2}{4\pi\epsilon_0 r} + \frac{m_e v^2}{2}, \quad \text{или} \quad E = \frac{-e_0^2}{8\pi\epsilon_0 r}.$$

Согласно электромагнитной теории вращающийся по орбите электрон возбуждает вокруг себя переменное электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве со скоростью света. Это означает, что вращение электрона должно вызвать непрерывное излучение, на которое электрон затрачивает часть своей энергии. Таким образом, согласно классической теории энергия электрона все время уменьшается. В результате электрон должен упасть на ядро. В действительности, атом является устойчивой системой.

Из формулы следует, что с уменьшением радиуса орбиты скорость движения электрона возрастает, т.е. период обращения уменьшается. Это должно привести к непрерывному увеличению частоты излучаемых электромагнитных волн, и атом должен излучать сплошной спектр. Однако в действительности атом может излучать лишь линейчатый спектр.

Выход из создавшегося положения был предложен Бором (1913 г.).

Основываясь на гипотезе Планка о квантовом характере излучения и поглощения света, Бор сформулировал законы движения электрона в атоме в виде постулатов, которые дали объяснение экспериментальным фактам.

**Первый постулат Бора** (постулат стационарных состояний) заключается в следующем: существуют некоторые состояния атома, находясь в которых он не излучает энергию.

**Второй постулат Бора** (правило квантования орбит) утверждает, что в стационарном состоянии атома электрон, двигаясь по круговой орбите, должен иметь квантованные значения момента импульса, удовлетворяющие условию

$$L_n = m_e v r = n\hbar, \quad \text{где } n = 1, 2, 3, \dots$$

**Третий постулат Бора** (правило частот) устанавливает, что при переходе атома из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается один квант энергии. Излучение происходит при переходе атома из состояния с большей энергией в состояние с меньшей (при переходе электрона с орбиты, более удаленной от ядра, на орбиту более близкую к ядру).

Поглощение энергии сопровождается переходом атома в состояние с большей энергией. Этому соответствует переход электрона на более удаленную от ядра орбиту.

Правило частот Бора:

$$h\nu = E_1 - E_2,$$

Энергия в атоме водорода может принимать только дискретные значения, т.е. энергия атома квантуется. т.е. энергетические состояния атома водорода образуют последовательность энергетических уровней, изменяющихся в зависимости от  $n$ . Состояние с минимальной энергией, или основное состояние, соответствует  $n = 1$ , а его энергия  $E_1 = -13,6$  эВ. Состояние с  $n > 1$  является возбужденным.

Формула Бальмера 
$$\frac{1}{\lambda} = \frac{\nu}{c} = R \cdot \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$$

Все линии спектра могут быть объединены в серии. Серией называется совокупность линий, описываемых этой формулой, если  $n = \text{const}$ , т.е. серия возникает при переходе электрона с вышележащих уровней на уровень с данным квантовым числом  $n$ . Для водорода основными сериями являются:

в ультрафиолетовой области спектра – серия Лаймана

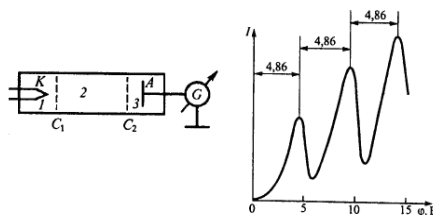
$$(n = 1, m = 2, 3, 4, \dots);$$

в видимой области спектра – серия Бальмера ( $n = 2, m = 3, 4, 5 \dots$ );

в инфракрасной области спектра –

серия Пашена ( $n = 3, m = 4, 5, 6 \dots$ ); серия Брэкета ( $n = 4, m = 5, 6, 7 \dots$ );

Опыты Франка- Герца.



Теория Бора, сделав значительный шаг вперед для описания атома водорода и его спектров, не смогла ответить на ряд важных вопросов, например: почему осуществляются переходы между одними энергетическими уровнями и не осуществляются между другими; почему электроны на стационарных орбитах не излучают электромагнитную энергию; какова природа излучения более сложных атомов, например гелия и лития. Следующий и завершающий шаг в создании теории атома – это квантово-механическая теория атома водорода.

## Тема 7.4. Гипотеза Де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм

### Лекция (2 час)

**Квантовая механика** - изучает движение ч-ц с учётом их волновых св-в.

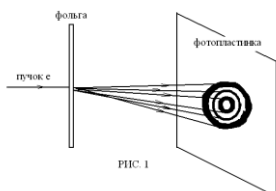
Фр. уч. Луи де Бройль в 1923 г выдвинул гипотезу: любые мкц-чы ( $e, p, n, \gamma$ ) обладают одновременно св-ми ч-ц и волн, т.е. любой мк объект с одной стороны ведёт себя как ч-ца и обладает  $E$  и  $p$ , а с др стороны как волна и обладает  $\lambda, \nu$ . Это утверждение наз **корпускулярно-волновым дуализмом**.

Любой мкц-це, утверждал де Бройль обладающей импульсом соответствует длина волны:

$$\lambda = \frac{h}{p} \quad \text{- ф-ла де Бройля}$$

Соотношения связывающие корпускулярные и волновые св-ва ч-ц:  $E=h\nu \quad p=h/\lambda$

Вскоре гипотеза была подтверждена экспериментально. В 1927 г амер уч Дэвиссон и Джермер исследовали отражение  $e$  от монокристалла никеля. Они обнаружили, что пучок  $e$  рассеивающийся от кристалла даёт на экране дифракционную картину. В 1927 г Томсон (лорд Кельвин) и независимо от него Тартаковский получили дифракционную картину при прохождении  $e$ -го пучка через металлическую фольгу.



На фотопленке получ дифракц картина: чередующиеся тёмные и светлые кольца. В последствии волновые свойства обнаруж для  $n, p$ , атомных пучков. Все это привело к выводу что все мк объекты обладают и волновыми и корпускулярными свойствами.

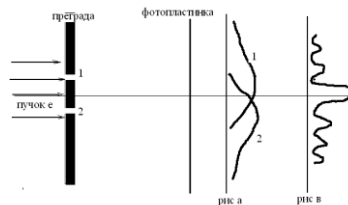
Волновые свойства проявляются в процессах распределения ч-ц, а корпускулярные – при взаимодействиях ч-ц.

## Тема 7.5. Соотношение неопределенностей Гейзенберга

### Лекция (1 час)

*Необычные свойства 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  $e$  двигался по траектории он проходил бы через определенное отверстие 1 или 2. Явление дифракции доказывает, что в прохождении  $e$  уч-т оба отверстия : и 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.

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

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: корд,  $p$ , траектории к мк ч-м применимы с некоторым приближением.

## Раздел 8. Физика атомного ядра

### Тема 8.1. Размер, состав и заряд атомного ядра

#### Лекция (1 час)

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

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

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

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

#### Нейтрон.

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

Нейтрон – нестабильная частица, распад которой происходит по схеме  $n \rightarrow p + e + \bar{\nu}_e$  (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**. 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  $T_1 = 18 \text{ и } \text{и}$ ,  $T_2 = 4,4 \text{ и}$ ).

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

### Магнитный момент, спин и радиус ядра

Протон и нейтрон (нуклоны) обладают спинами, равными  $S = 1/2$  (в единицах  $\hbar$ ), 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:  $\vec{J} = \vec{S} + \vec{L}$ .

Магнитный момент  $\vec{\mu}$  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  $S$ ;  $\mu_0 = \frac{e\hbar}{2m_p}$  – ядерный магнетон.

## Тема 8.2. Дефект массы и энергия связи

### Лекция (1 час)

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**.

**Энергия связи** ( $W_{св}$ ) – это энергия, в  $\text{Аэ}$ , 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:

$$W_{\text{н\grave{a}}} = \tilde{\hbar}^2 [Zm_p + (A-Z)m_n - m_y],$$

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

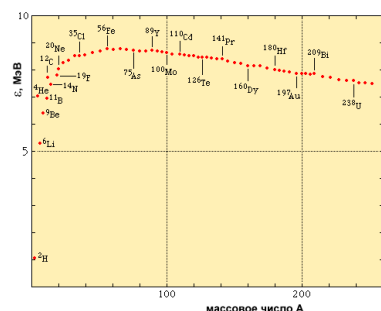
В ядерной физике энергия и масса частиц рассматриваются в энергетических единицах измерений – мегаэлектронвольтах (МэВ). С учетом переводного коэффициента энергию связи можно также преобразовать в МэВ:

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

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

Поэтому вместо энергии связи рассмотрению подлежит удельная энергия связи, т.е. энергия

$$\text{связи, приходящаяся на один нуклон, } \frac{\text{и } \text{у\grave{A}}}{\text{и } \text{б\grave{e}}} : \quad \varepsilon = \frac{W_{\text{н\grave{a}}}(Z, A)}{A}.$$



Приведенная на рис. зависимость  $\varepsilon$  от массового числа  $A$  указывает на два способа получения ядерной энергии: деление тяжелых ядер; слияние (синтез) легких ядер.

## Тема 8.3. Ядерные силы

### Лекция (1 час)

#### Ядерные силы. Сильное взаимодействие.

Атомные ядра являются устойчивыми и обладают большой удельной энергией связи. Ввиду этого возникает вопрос, действием каких сил обусловлена прочная связь нуклонов внутри ядра.

Известно, что между нуклонами действует гравитационная сила притяжения  $F_{гр}$ , а между электрически заряженными протонами, кроме гравитационной силы, – кулоновская сила отталкивания  $F_{кл}$ , которая намного больше гравитационной ( $F_{кл} \gg F_{гр}$ ). Если кроме них нет других сил, то атомное ядро под действием кулоновской силы отталкивания должно распасться. Однако, как выше упомянуто, ядро – устойчивое образование. Следовательно, можно предположить, что внутри ядра, кроме вышеуказанных сил, между нуклонами действуют силы иной природы, которые названы ядерными и которые обусловлены сильным взаимодействием между нуклонами.

#### Виды взаимодействий

В природе существует 4 типа взаимодействий: гравитационное, электромагнитное, сильное, слабое

#### Свойство ядерных сил.

Ядерные силы обладают некоторыми особенностями:

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 ( $n-n$ ), 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  $\Delta W \Delta t \geq \hbar$ , 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 называли мезонами (средние). В квантовой механике виртуальными считаются частицы, которые не могут быть обнаружены за время их существования.

При этом возможны четыре типа обмена:

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

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.

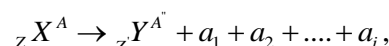
Масса заряженных пимезонов  $\pi^\pm - 273 m_e$  ( $140 \text{ \AA}$ ), время жизни  $- 2,6 \cdot 10^{-8} \text{ н}$ . Масса пимезона  $\pi^0 - 246 m_e$ , время жизни  $- 8 \cdot 10^{-17} \text{ н}$ .

## Тема 8.4. Закон радиоактивного распада

### Лекция (0.5 час)

**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  $m_x > m_y + \sum_i m_i$ . Энерговыведение  $Q$  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.

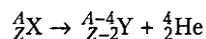
Время, за которое распадается половина из общего числа ядер, называют **периодом полураспада**  $T_{1/2}$ . Он связан с постоянной распада:  $T_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}$ .

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 8.5. $\alpha$ -, $\beta$ -распад, $\gamma$ -излучение

### Лекция (0.5 час)

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

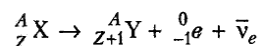


Альфа-распад – это **внутриядерный процесс**. В составе тяжелого ядра за счет сложной картины сочетания ядерных и электростатических сил образуется самостоятельная  $\alpha$ -частица, которая выталкивается кулоновскими силами гораздо активнее остальных нуклонов. При определенных условиях она может преодолеть 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.	1	-
2	1.	Изучение законов сохранения импульса и энергии.	1	-
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	-
5	1.	Проверка закона сохранения механической энергии.	1	-
6	1.	Маятник Максвелла.	1	-
7	1.	Определение модуля кручения и модуля сдвига с помощью крутильного маятника.	1	-
8	1.	Определение скорости полета пули с помощью баллистического маятника	1	Тренинг в малой группе (1 час.)
9	1.	Определение момента инерции крутильного маятника методом колебаний.	1	-
10	2.	Определение динамической вязкости жидкости при слоистом течении по узкой трубке.	1	Тренинг в малой группе (1 час.)
11	2.	Определение вязкости жидкости методом Стокса.	1	-
12	2.	Определение вязкости воздуха	1	-
13	2.	Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости	1	-
14	2.	Определение коэффициента поверхностного натяжения по высоте поднятия жидкости в капиллярных трубках	1	-
15	3.	Изучение газовых законов.	1	-
16	3.	Определение средней длины свободного пробега и эффективного диаметра молекул воздуха.	1	-
17	3.	Определение отношений теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма	1	-
18	3.	Определение изменения энтропии реальных систем	1	-
19	4.	Математический маятник.	1	-
20	4.	Физический маятник.	1	-

21	4.	Градуировка звукового генератора	1	-
22	4.	Определение скорости звука в воздухе методом резонанса.	1	-
23	4.	Определение коэффициента упругости	1	-
24	5.	Измерение величины электрического сопротивления с помощью R моста Уитстона	1	-
25	5.	Определение емкости конденсатора с помощью С-моста Уитстона.	1	-
26	5.	Изучение электростатического поля	1	-
27	5.	Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.	1	-
28	5.	Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа	0.5	-
29	5.	Измерение удельного сопротивления	0.5	--
30	5.	Определение индуктивности соленоида	0.5	-
31	6.	Изучение зависимости показателя преломления раствора от его концентрации	0.5	-
32	6.	Определение показателя преломления стекла при помощи микроскопа	0.5	-
33	6.	Исследование дифракции Фраунгофера	0.5	-
34	6.	Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки	0.5	-
35	6.	Изучение явления поляризации света	0.5	-
36	6.	Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков	0.5	-
37	7.	Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра	0.5	-
38	7.	Исследование селективного фотоэффекта	1	Разбор конкретных ситуаций (1 час.)
39	7.	Исследование внешнего фотоэффекта	0.5	-
40	8.	Определение потенциала возбуждения атомов газа	0.5	-
		<b>ИТОГО</b>	<b>34</b>	<b>4</b>

#### 4.4. Практические занятия

Учебным планом не предусмотрено

#### 4.5. Контрольная работа

*Цель:* 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:* включает следующие разделы физики: «механика», «гидромеханика», «молекулярная физика и термодинамика», «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.

#### График контрольных мероприятий

Продолжительность семестра	Номер недели семестра																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Контрольные мероприятия	-	-	ВЗ 1 кр	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	кр 1 кр	-
Контрольные мероприятия	-	-	ВЗ 2 кр	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	кр 2 кр	-

*Условные обозначения контрольных мероприятий:*

**ВЗ** – выдача задания;

**кр** – прием контрольных работ.

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 39 пояснениях 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 -1</i>	<i>ОПК -2</i>				
1		2	3	4	5	6	7	8
1. Механика		20	+	+	2	10	Лк, ЛР, СР	1кр, зачёт
2. Гидромеханика		20	+	+	2	10	Лк, ЛР, СР	1кр, зачёт
3. Молекулярная физика и термодинамика		17	+	+	2	8.5	Лк, ЛР, СР	1кр, зачёт
4. Колебания и волны		20	+	+	2	10	Лк, ЛР, СР	2кр, экзамен
5. Электричество и магнетизм		25	+	+	2	12.5	Лк, ЛР, СР	2кр, экзамен
6. Оптика		20	+	+	2	10	Лк, ЛР, СР	2кр, экзамен
7. Квантовая физика		20	+	+	2	10	Лк, ЛР СР	2кр, экзамен
8. Физика атомного ядра		20	+	+	2	10	Лк, СР	2кр, экзамен
<i>всего часов</i>		<b>162</b>	<b>81</b>	<b>81</b>	<b>2</b>	<b>81</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). Герашенко 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 с.
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 изд., стереотипное. М.: Академия, 2016.- 560 с.	Лк, ЛР, СР, кр	150	1
2.	Детлаф А.А. Курс физики: учебное пособие для студентов вузов/А.А. Детлаф, Б.М. Яворский. -7-е изд., стер.- М.: Издательский центр «Академия», 2008.- 720 с.	Лк, ЛР, СР, кр	100	1
<b>Дополнительная литература</b>				
3.	Трофимова Т.И. Физика 500 основных законов и формул. Справочник для студ. вузов /Т.И. Трофимова.- 6-е изд., стереотип.- М.: Высшая школа, 2007.-63 с.	Лк, ЛР, СР, кр	5	0,25
4.	Иродов И.Е. Электромагнетизм. Основные законы:	Лк,	10	1

	учеб. Пособие для вузов/ И.Е. Иродов. -6-е изд.-М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007.-319 с.	ЛР, СР		
5.	Волькенштейн В.С. Сборник задач по общему курсу физики/В.С. Волькенштейн - 3-е издание, испр. и доп.- СПб.: Книжный мир, 2006.-328 с.	кр	99	1
6.	Савельев И.В. Курс общей физики. В 3 т.: учебник для втузов/ И.В. Савельев.- М.: Наука, 1989 .- Т. 1. Механика. Молекулярная физика. - 350 с.	Лк, ЛР, СР	208	1
7.	Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х т. Т.1-3:учебник для втузов/ И.В. Савельев.- М.: Наука, 1988 – Т.2: Электричество и магнетизм. Волны. Оптика. - 3-е изд., испр.- 496 с.	Лк, ЛР, СР	97	1
8.	Савельев И.В. Курс общей физики. В 3-х т. Т.1-3.: учебное пособие/ И.В. Савельев/- М.: Наука, 1987- Т.3.: Квантовая оптика. Атомная физика. Физика твердого тела атомного ядра и элементарных частиц. – 317 с.	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.

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

**«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Кафедра физики**

Лабораторная работа № 104

Определение модуля кручения и модуля сдвига  
с помощью крутильного маятника

**ОТЧЕТ**

Выполнил:  
студент гр. СТ -10

Алесова Дарья

Руководитель:  
ст.преподаватель

Е.Т. Агеева

Братск 2016

## 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 (ц.д. = 0,01 с),  
штангенциркуль (ц.д. = 0,05 мм),  
измерительная линейка (ц.д. = 1 мм).

Принципиальная схема рабочей установки

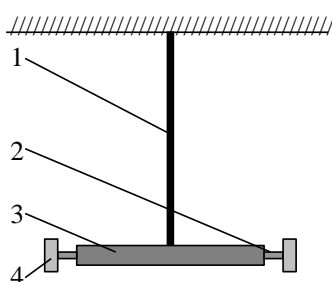


Рис. 1.

1 – стальная проволока; 2 – горизонтальный стержень со средним грузом 3; 4 – подвижные грузы массой  $m$ .

Рабочие формулы:

$$D = \frac{8\pi^2 m(l_2^2 - l_1^2)}{T_2^2 - T_1^2},$$

$$G = \frac{2DL}{\pi R^4},$$

где  $D$  – модуль кручения проволоки;  $m$  – масса подвижного груза;  
 $l_1$  и  $l_2$  – расстояния от оси вращения до центра подвижного груза в первом и во втором положениях;  $G$  – модуль сдвига;  $L$  – длина проволоки,  $R$  – ее радиус;  
 $T_1$  и  $T_2$  – периоды колебаний маятника, определяемые по формулам:

$$T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n}, \quad T_2 = \frac{\langle t_2 \rangle}{n},$$

здесь  $\langle t_1 \rangle$  и  $\langle t_2 \rangle$  – средние значения времени;  $n$  – число колебаний.

Таблица результатов

$n$	$m$	$l_1$	$t_1$	$\langle t_1 \rangle$	$T_1$	$l_2$	$t_2$	$T_2$	$\langle D \rangle$	$r$	$\langle G \rangle$	$\Delta D$	$\Delta G$
	кг	м	с	с	с	м	с	с	Н·м	м	Н/м <sup>2</sup>	Н·м	Н/м <sup>2</sup>
70	0,381	0,11	61,92 61,84 61,90 61,82 61,78	61,85	0,88	0,24	103,05 102,91 102,73 102,85 102,96	1,47	1,01	$2 \cdot 10^{-3}$	$7,3 \cdot 10^{10}$	0,02	$0,5 \cdot 10^{10}$

Вывод: Методом крутильных колебаний определен модуль кручения  
и модуль сдвига стальной проволоки

$$D = (1,01 \pm 0,02) \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$G = (7,3 \pm 0,5) 10^{10} \text{ Н/м}^2.$$

Относительная погрешность измерения модуля кручения составила  
примерно 2 %, а модуля сдвига – 7 %.

## 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 большого груза и время падения груза.
4. Измерение повторить 5-10 раз
5. Подставив среднее значение времени  $\langle t_2 \rangle$  в расчётную формулу, определить ускорение свободного падения  $\langle g \rangle$ .
10. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти относительную  $E$  и абсолютную  $\Delta g$  погрешности величины  $\langle g \rangle$
11. Данные результатов измерений и вычислений заносят в таблицу.

#### Вопросы для допуска к работе

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

#### Вопросы для защиты работы

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

## Лабораторная работа № 2

### Изучение законов сохранения импульса и энергии.

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

*Приборы и принадлежности:* лабораторная установка FPM-08.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Провести корректировку осевой установки шаров, ослабив фиксирующие гайки, установить шкалы 3, 4 таким образом, чтобы указатели подвесов занимали на шкалах нулевое положение.
2. Нажать клавишу «СЕТЬ».
3. Правый шар отодвинуть в сторону электромагнита и заблокировать его в этом положении, записать значение угла отклонения подвеса правого шара (1) от вертикали  $\alpha$ .
4. Нажать клавишу «ПУСК».
5. После столкновения шаров измерить по шкале углы отклонения шаров  $\alpha'_1$  (правый шар 1) и  $\alpha'_2$  (левый шар 2).

6. Измерение повторить 8 – 10 раз.
7. По формуле (103.9) вычислить скорость  $v$  правого шара до соударения. Подставив в эту же формулу вместо значения угла  $\alpha$  средние значения  $\langle \alpha_1' \rangle$  и  $\langle \alpha_2' \rangle$ , рассчитайте средние скорости  $\langle u_1 \rangle$ ,  $\langle u_2 \rangle$  шаров после соударения.
8. Результаты вычислений занести в таблицу.
9. Сделать вывод о выполнении законов сохранения энергии и импульса.

Вопросы для допуска к работе

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

Вопросы для защиты работы

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

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 3

*Определение скорости пули при помощи баллистического крутильного маятника.*

**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 пластилине.
5. Отклонить рукой маятник на максимальный угол ( $\alpha$ ), нажать клавишу «СБРОС», одновременно пустив маятник, измерить время десяти полных колебаний, нажать клавишу «СТОП» в конце измерения. Опыт повторяют 5 раз с одним и тем же числом колебаний, где  $n$  – число полных колебаний маятника.
6. Раздвинуть подвижные грузы на максимальное расстояние от оси вращения и измерить расстояние  $R_2$  от оси вращения до центра подвижного груза. Согласно пункту 6 определить период колебаний  $T_2$  через среднее значение времени  $\langle t_2 \rangle$ .
7. Вычислить скорость пули  $v$  по формуле.



8. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

*Задания для самостоятельной работы:*

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

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

Вопросы для допуска к работе

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

Вопросы для защиты работы

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

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

#### **Лабораторная работа № 4**

*Проверка основного уравнения динамики вращательного движения.*

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

#### *Задания для самостоятельной работы:*

Подготовиться к разбору конкретных ситуаций.

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 5**

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

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

#### *Приборы и принадлежности:*

наклонный желоб с миллисекундомером FPM-15, шарик.

#### 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

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

Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 6**

#### *Маятник Максвелла.*

*Цель работы:* определение момента инерции маятника Максвелла.

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

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

1. Включить клавишу «СЕТЬ»,
2. На ролик маятника надеть кольцо, прижимая его до упора.
3. На ось маятника намотать нить подвески и зафиксировать ее. Нажать клавишу «ПУСК» миллисекундомера FPM-03.
4. Нажать клавишу «СБРОС». Нажать клавишу «ПУСК».
5. Определить значение времени падения маятника. Опыт повторить 5 – 10 раз.
6. Определить среднее значение времени падения маятника по формуле  $\langle t \rangle = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_i$ , 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  $m_{k2}$ , затем третье кольцо массы  $m_{k3}$ . Опыт повторить.
10. Оценить относительную  $E$  и абсолютную  $\Delta J$  погрешность результатов измерений.
11. Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицы.

### *Вопросы для допуска к работе*

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

### *Вопросы для защиты работы*

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

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

## **Лабораторная работа № 7**

*Определение модуля кручения и модуля сдвига с помощью крутильного маятника*

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

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

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

1. Расположить подвижные грузы на минимальном расстоянии от оси вращения крутильного маятника. Измерить расстояние  $l_1$  от оси маятника до центра подвижного груза. Закручивают маятник на малый угол (не более  $6^\circ$ ) относительно оси проволоки. Секундомером измерить время  $t_1$  30–50 полных колебаний. Опыт повторяют не менее 5 раз с одним и тем же выбранным числом колебаний. Находят среднее значение  $\langle t_1 \rangle$  и определяют период колебаний
2. Раздвинуть подвижные грузы на максимальное расстояние от оси маятника. Измерить расстояние  $l_2$  от оси маятника до центра подвижного груза.
3. Определить период колебаний маятника  $T_2$  при раздвинутых грузах, измеряя время  $t_2$  не менее 5 раз для того же числа колебаний  $n$ , что и при измерении  $T_1$ .
4. По формуле найти среднее значение модуля кручения  $\langle D \rangle$ .
5. По формуле определить модуль сдвига материала проволоки.
6. Методом расчета погрешностей косвенных измерений найти абсолютные погрешности результатов  $\Delta D$  и  $\Delta G$ . Данные результатов измерений и вычислений занести в таблицу.

### *Вопросы для допуска к работе*

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

### Вопросы для защиты работы

1. Какие виды деформации существуют?
2. Что называется абсолютной и относительной деформацией?
3. Запишите закон Гука для деформации сдвига и кручения.
4. Каков физический смысл модуля сдвига и модуля кручения?
5. Выведите рабочие формулы для определения модуля кручения и модуля сдвига.

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 8

#### 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 неизолированной системы?
5. Какие существуют виды механической энергии. Дайте их определения.
6. Для каких систем справедлив закон сохранения механической энергии и как он формулируется?
7. Какой удар называют абсолютно упругим и какой абсолютно неупругим?

#### *Задания для самостоятельной работы:*

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

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 3, № 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

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 11**

#### *Определение вязкости жидкости методом Стокса.*

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

*Приборы и принадлежности:* стеклянный цилиндрический сосуд с глицерином; измерительный микроскоп; измерительная линейка; секундомер; шарики.

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

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

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

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



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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 12

*Определение вязкости воздуха*

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

*Приборы и принадлежности:* капилляр, манометр, груша, баллон, зажим, соединительные шланги, секундомер

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

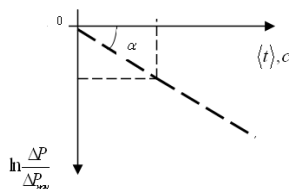
1. Ознакомиться с работой секундомера
2. Перекрыть капилляр зажимом и с помощью груши накачать в баллон воздух до разности давлений  $\Delta P \approx 200 \div 220$  мм.рт.ст.
3. Подождать несколько секунд, пока стрелка манометра не остановится. Открыть капилляр, ослабив зажим, снять зависимость давления в баллоне от времени.
4. Опыты по пунктам 2 – 4 повторить не менее пяти раз, результаты измерений времени занести в таблицу.
5. Рассчитать логарифмы отношений  $\Delta P$  к  $\Delta P_{нач}$  и занести их значения в таблицу.

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

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

где атмосферное давление  $P_{атм}$  определяется по барометру, находящемуся в лаборатории, а  $\Delta P_{нач}$  и  $\Delta P_{кон}$  – разности избыточных давлений на концах капилляра в начале и в конце эксперимента

8. Постройте, используя данные график зависимости



8. Рассчитайте коэффициент  $A$ :

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

11. По формуле рассчитайте вязкость воздуха  $\eta$ .

*Вопросы для допуска к работе*

1. Сформулируйте цель работы.
2. Поясните принцип эксперимента и ход работы.

*Вопросы для защиты работы*

1. Объясните молекулярно-кинетический механизм внутреннего трения.
2. Объясните формулу (205.1), выражающую величину силы внутреннего трения. Что такое градиент скорости?
3. Какие существуют виды течения молекул газа (жидкостей) по капиллярным трубкам? При каком течении справедлива формула Пуазейля?
4. Что показывает число Рейнольдса? Каков его физический смысл?

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

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

### Лабораторная работа № 13

*Определение коэффициента поверхностного натяжения жидкости*

*Цель работы:* определить коэффициент поверхностного натяжения воды при комнатной температуре.

*Приборы и принадлежности:* сосуд с водой, мерный стакан.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Налить воду в сосуд.
  2. Открыть клапан, так чтобы вода из капиллярной трубки вытекала по одной капле.
  3. Посчитать, сколько капель вытечет из трубки, чтобы мерный стакан был заполнен до объема  $V \approx 5 \div 20$  мл
  4. Занести в таблицу число капель  $N$  и объем  $V$  жидкости в мерном стакане.
  5. Опыт повторить 3 – 4 раза.
  6. Рассчитать коэффициент поверхностного натяжения
  7. Сравнить рассчитанное значение коэффициента поверхностного натяжения с табличным
- Рассчитать абсолютную  $\Delta\sigma$  и относительную  $E$  погрешности искомой величины:

*Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения?
3. Напишите рабочую формулу и поясните входящие в нее величины.
4. Опишите рабочую установку и порядок выполнения работы.

*Вопросы для защиты работы*

1. Расскажите о явлении поверхностного натяжения жидкостей.
2. От чего зависит коэффициент поверхностного натяжения жидкостей?
3. Получите рабочую формулу.

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

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

### Лабораторная работа № 14

*Определение коэффициента поверхностного натяжения по высоте поднятия жидкости в капиллярных трубках*

*Цель работы:* экспериментально определить коэффициент поверхностного натяжения исследуемой жидкости по высоте поднятия ее в капиллярных трубках

*Приборы и принадлежности:* катетометр КМ-8, набор капиллярных трубок различного диаметра, держатель капиллярных трубок, стакан для жидкости.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. Через трансформатор включают в сеть осветительную часть отсчетного микроскопа катетометра.

2. Чистые, вымытые в дистиллированной воде, капиллярные трубки, закрепленные в общем держателе, устанавливают горизонтально и измеряют их внутренний диаметр (3 раза для каждого капилляра)

3. Капиллярные трубки устанавливают вертикально и опускают в сосуд с водой

4. наводят зрительную трубу катетометра на один из капилляров, при помощи катетометра снимают отсчет только положений вершин менисков. Результаты измерений занесите в таблицу.

5. По формуле рассчитайте коэффициенты поверхностного натяжения воды

6. Находят абсолютную  $\Delta\sigma$  и относительную  $E$  погрешности результата, исходя из табличного значения искомой величины:  $\Delta\sigma = \left| \langle \sigma \rangle - \sigma_{табл} \right|$ .

#### *Вопросы для допуска к работе*

1. Какова цель работы?
2. Что называется коэффициентом поверхностного натяжения? В каких единицах он измеряется?
3. Устройство катетометра КМ-8 и его значение в данной работе. С какой точностью можно производить измерения с помощью катетометра?

#### *Вопросы для защиты работы*

1. Расскажите о явлении поверхностного натяжения жидкостей.
2. Дайте определение мениска, краевого угла.
3. В чем заключается явление смачивания (не смачивания) жидкостью поверхности твердого тела. Приведите примеры.
4. От чего зависит высота поднятия жидкости в капилляре?
5. Какие факторы могут повлиять на результат эксперимента на рабочей установке?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 15**

#### *Изучение газовых законов*

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

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

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

1. Воздух в закрытой колбе нагревают от комнатной температуры до 40 – 50 °С и через каждые 4 – 6 °С, в зависимости от цены деления термометра, фиксируют по шкале манометра значения  $h_1, h_2, h_3, \dots, h_n$  соответствующие температурам  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ . Данные измерений занести в таблицу.

2. По формулам вычисляют значения давлений  $p_1, p_2, p_3, \dots, p_n$  и объемов  $V_1, V_2, V_3, \dots, V_n$ , соответствующие температурам  $T_1, T_2, T_3, \dots, T_n$ .

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

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

### Вопросы для защиты работы

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

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### Лабораторная работа № 16

#### 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 и разность давлений.
6. Опыт повторяют три раза с одними и теми же значениями  $V$  и  $h_1$ .
7. По формуле рассчитывают эффективный диаметр молекулы воздуха  $d$ . Давление  $P$  и температуру  $T$  воздуха в лаборатории берут из показаний барометра и термометра.
8. Методом расчета погрешностей косвенных измерений находят относительную  $E$  и абсолютную  $\Delta \lambda$  погрешность средней длины свободного пробега молекул воздуха.

### Вопросы для допуска к работе

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

### Вопросы для защиты работы

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

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

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

### Лабораторная работа № 17

*Определение отношений теплоёмкостей газа методом Клемана-Дезорма*

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

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

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

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

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

## Лабораторная работа № 18

### Определение изменения энтропии реальных систем

*Цель работы:* определить изменение энтропии реальных тел

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

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. 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. 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?

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

## Лабораторная работа № 19

### 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.

- 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.
- Измеряют не менее 5 раз время  $t_2$  того же числа колебаний  $n$ . Вычисляют период колебаний:

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

- По формуле вычисляют значение  $\langle g \rangle$ .
- Данные результатов измерений и вычислений заносят в таблицу.

#### *Вопросы для допуска к работе*

- Какова цель работы?
- Что называется математическим маятником?
- Запишите формулу периода колебаний математического маятника и поясните величины, входящие в нее. При каких условиях справедлива эта формула?

#### *Вопросы для защиты работы*

- Под действием каких сил совершает гармонические колебания математический маятник?
- Исходя из закона сохранения механической энергии, получите дифференциальное уравнение гармонических колебаний математического маятника, приведите его решение.
- При каких условиях маятник будет совершать гармонические колебания?
- Выведите формулу периода колебаний математического маятника.

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

### **Лабораторная работа № 20**

#### *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:

$$T_1 = \frac{\langle t_1 \rangle}{n}, \quad \text{где } n \text{ – число колебаний.}$$

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*

- Какова цель работы?

2. Что называется физическим маятником? Какой маятник называется обратным?
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

Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

**Лабораторная работа № 21**

*Градуировка звукового генератора*

*Цель работы:* градуировка звукового генератора методом фигур Лиссажу.

*Приборы и принадлежности:* электронный осциллограф, звуковой генератор

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

1. 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  $\nu_y$ . Проверить, соответствует ли значение  $\nu_y$  показанию лимба звукового генератора  $\nu_{\text{лимба}}$ .
4. Оценить абсолютные и относительные ошибки в отсчетах частоты по лимбу звукового генератора.
5. Результаты измерений и вычислений занести в таблицу.

*Вопросы для допуска к работе*

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

*Вопросы для защиты работы*

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

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



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

**Лабораторная работа № 22**

*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. Выведите энергию и интенсивность бегущей волны.
9. Что называется высотой звука? От чего зависит громкость звука?
10. Что называется инфразвуком, ультразвуком? Расскажите об их применении.

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

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

## Лабораторная работа № 12

### 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

#### Дополнительная литература

№ 3, № 6, № 8.

## Лабораторная работа № 24

### Измерение величины электрического сопротивления с помощью $R$ моста Уитстона

*Цель работы:*

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

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

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

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

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

### *Вопросы для допуска к работе*

1. Назовите цель работы.
2. Каков принцип действия моста Уитстона?
3. Изменится ли условие равновесия моста, если гальванометр и источник тока поменять местами?
4. Почему гальванометр, применяемый в мосте Уитстона, имеет двухстороннюю шкалу с нулем посередине?
- 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 № 25**

*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  $C_{\text{пар.}} = C_{x1} + C_{x2}$  ,  $C_{\text{посл.}} = \frac{\tilde{N}_{\sigma 1} \cdot \tilde{N}_{\sigma 2}}{\tilde{N}_{\sigma 1} + \tilde{N}_{\sigma 2}}$
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 № 26**

Изучение электростатического поля

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

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

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

*Вопросы для допуска к работе*

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

### Вопросы для защиты работы

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

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 4, № 7, № 8.

## Лабораторная работа № 27

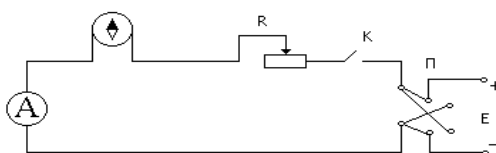
Определение горизонтальной составляющей напряженности магнитного поля Земли.

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

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

### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

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



2. Совместить плоскость кольца катушки с плоскостью магнитного меридиана.
3. Включить постоянный ток, движком реостата установить по круговой шкале компаса угол отклонения стрелки  $\alpha_1 = 45^\circ$ . Величину тока измерять по амперметру, угол  $\alpha_2$  – 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.

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

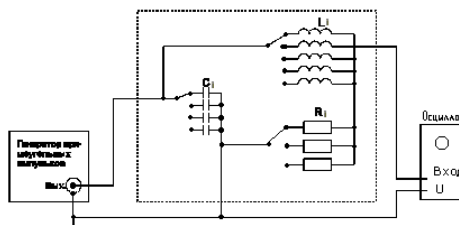
#### Снятие кривой намагничивания и петли гистерезиса с помощью электронного осциллографа

**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 № 29

### 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 № 30

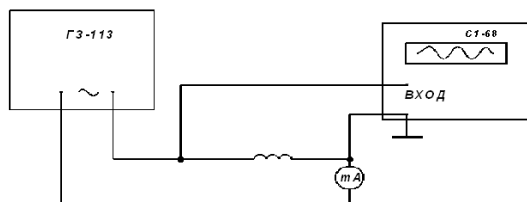
*Определение индуктивности соленоида*

*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 № 31

Определение зависимости показателя преломления раствора сахара от его концентрации

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

**Приборы и принадлежности:** рефрактометр, набор исследуемых жидкостей, растворы сахара с разными концентрациями.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Открывают зеркало подсветки шкалы и устанавливают его так, чтобы изображение шкалы, наблюдаемое в окуляр, было равномерно освещено.

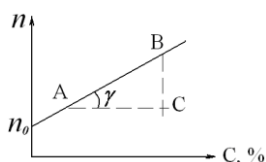
2. откидывают верхнюю призму и на поверхность измерительной призмы наносят 2-3 капли исследуемого раствора .

3. опускают верхнюю призму.

4. вращают маховик до тех пор, пока в поле зрения окуляра не появится граница света и тени ( устраняют окраску светотени, вращая рукоятку компенсатора).

5. Всего производят 3 измерения с каждым раствором. Результаты измерений записывают в таблицу

6. Вычерчивают диаграмму зависимости показателя преломления  $n$  от концентрации раствора



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

$$k = \operatorname{tg} \gamma = \frac{BC}{AC}.$$

1. Записывают аналитическую зависимость  $n = f(C)$ .

#### Вопросы для допуска к работе

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

#### Вопросы для защиты работы

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 7

## Лабораторная работа № 32

### *Определение показателя преломления стекла при помощи микроскопа*

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

*Приборы и принадлежности:* измерительный микроскоп с микрометрическим винтом, микрометр, измеряемые стеклянные пластинки, осветитель.

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

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

2. Определяют кажущуюся толщину стеклянной пластинки  $h$ , для чего пластинку кладут на предметный столик микроскопа под объектив так, чтобы оба штриха пересекли оптическую ось прибора.

3. Наблюдая в окуляр резкого изображения риски на нижней поверхности пластинки и затем, вращая барашек механизма точной фокусировки считают число оборотов микрометрического винта, Количество оборотов микрометрического винта с учетом цены деления даст величину  $h$ , мм:

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

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

6. По формуле вычисляют показатель преломления стекла.

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

### *Вопросы для допуска к работе*

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

### *Вопросы для защиты работы*

1. Сформулируйте основные законы геометрической оптики.
2. Как связаны показатель преломления среды и скорость распространения света в ней?
3. Почему при рассмотрении предмета через плоскую стеклянную пластинку он кажется расположенным ближе?
4. Начертите ход лучей в микроскопе.

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

### Основная литература

№ 1, № 2

### Дополнительная литература

№ 7

## Лабораторная работа № 33

### *Исследование дифракции Фраунгофера*

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

*Приборы и принадлежности:* модульный учебный комплекс МУК – 0.

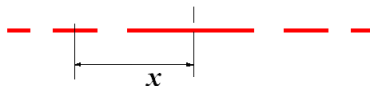
### *Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

### Задание А. Определение ширины щели

1. Включите лазерный монохроматический источник света ( $\lambda = 0.65$  мкм)
2. Положите лист белой или миллиметровой бумаги на основание оптического блока.
3. Поверните и установите нужный исследуемый объект - одиночную щель;
4. На бумаге должна появиться дифракционная картина.
5. Зарисуйте дифракционную картину;
6. По рисунку измерьте положение минимума первого порядка. Результат запишите в таблицу;

7. По формуле  $a = \frac{k \cdot \lambda \cdot L}{x}$  рассчитайте ширину щели  $a$ .

8. поверните и установите другой исследуемый объект - две щели;



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

9. повторите аналогичные опыты для четырёх щелей.

### Задание В. Определение постоянной дифракционной решетки

1. поверните и установите объект исследования – одномерную дифракционную решетку;
2. Положите лист белой или миллиметровой бумаги на основание оптического блока .
3. На бумаге должна появиться дифракционная картина, зарисуйте её;
4. по своему рисунку измерьте положение максимума первого порядка. Результаты запишите в таблицу;

5. по формуле  $d = \frac{m \cdot \lambda \cdot L}{x}$  определите постоянную дифракционной решетки  $d$ .

6. поверните и установите другой исследуемый объект - двумерную дифракционную решетку;

7. на своём рисунке нанесите координатные оси  $X$ ,  $Y$ . Измерьте расстояния  $\Delta X$ ,  $\Delta Y$  – для главных дифракционных максимумов.

8. По формулам найдите периоды дифракционных решеток:

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

9. Результаты занесите в таблицу.

#### *Вопросы для допуска к работе*

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

#### *Вопросы для защиты работы*

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 7

### Лабораторная работа № 34

*Определение длины световой волны при помощи дифракционной решетки*

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

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

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

1. Включают лампу накаливания;
2. передвигают ползушку с прорезанной в ней щелью, устанавливая расстояние  $R$ - от щели до решётки, заданное преподавателем;
3. измеряют расстояния  $S$  – от центра щели, до красной линии спектра первого порядка, от центра щели до зелёной линии спектра первого порядка и от центра щели до фиолетовой линии спектра первого порядка;
4. изменяют расстояние  $R$ , перемещая ползушку на следующее заданное расстояние и измеряют следующие значения  $S$  – от центра щели до красной, зелёной, фиолетовой линии спектра первого порядка;
5. данные заносят в таблицу.
6. вычисляют длину волн по формуле  $\lambda = \frac{S \cdot d}{m \cdot R}$ .
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.
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

№ 7

### Лабораторная работа № 35

*Изучение явления поляризации света*

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

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

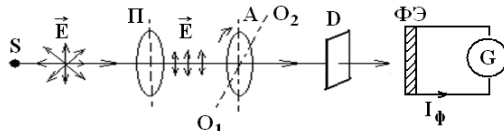
*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

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

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



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

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  $\varphi = \alpha - \frac{\pi}{2} = 0^0$  и максимальному значению фототока.
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.
7. Выполняют диаграмму зависимости силы фототока от  $\cos^2 \varphi$ .

*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.

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

Основная литература

№ 1, № 2

Дополнительная литература

№ 7

### Лабораторная работа № 36

#### Поляризация при отражении и преломлении света на границе двух диэлектриков

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

*Приборы и принадлежности:* модульный учебный комплекс МУК – О.

#### Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений

1. Включите лазерный монохроматический источник света - тумблер сеть.
2. поверните турель так, что бы не было объектов исследования (решеток и щелей).
3. Для превращения эллиптически поляризованного света в плоско- поляризованный свет установите стрелку поляризатора 5 на  $0^0$ .
4. Медленно поворачивайте стеклянную пластинку и наблюдайте за изменением интенсивности луча лазера на шкале.
5. Зафиксируйте угол по шкале, при котором интенсивность луча будет **минимальна**. Это угол Брюстера  $i_{Br}$ .
6. Занесите в таблицу и повторите опыт несколько раз.
7. По значению угла Брюстера вычислите показатель преломления стекла, из которого сделана пластинка  $n = \operatorname{tg} i_{Br}$

8. Оцените погрешность показателя преломления стекла методом Стьюдента:

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

9. Рассчитайте относительную погрешность:  $E = \frac{\Delta \bar{n}}{n} 100\%$

Для  $p=0,95$  коэффициент Стьюдента имеет значения:

<b>N</b>	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>τ</b>	4.3	3.2	2.8	2.6	2.4	2.4	2.3	2.3

#### Вопросы для допуска к работе

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

#### Вопросы для защиты работы

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

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

#### Основная литература

№ 1, № 2

#### Дополнительная литература

№ 7

### Лабораторная работа № 37

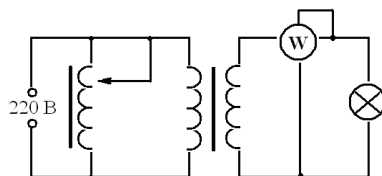
#### Определение постоянной Стефана-Больцмана и постоянной Планка при помощи оптического пирометра

*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 № 38**

*Исследование селективного фотоэффекта*

**Интерактивная форма занятия – разбор конкретных ситуаций**

*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  $\lambda$ , 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 № 39**

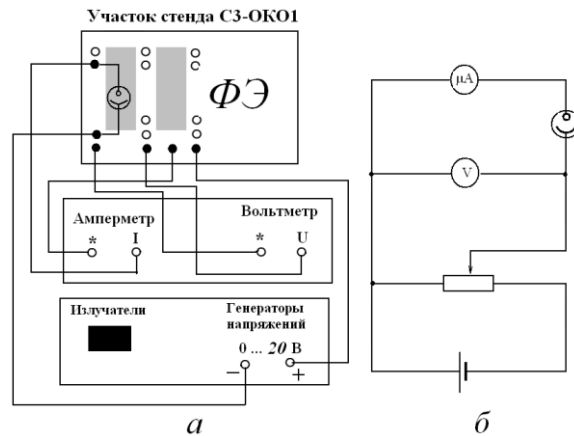
### *Исследование внешнего фотоэффекта*

*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

**Лабораторная работа № 40**

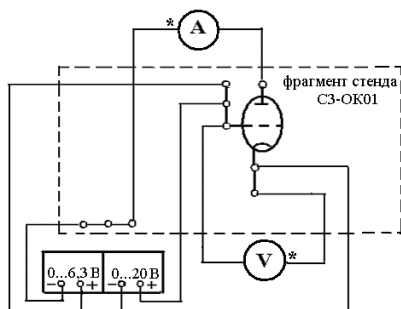
*Определение потенциала возбуждения атома газа*

- Цель работы:* 1) изучение опыта Франка и Герца;  
2) определение потенциала возбуждения атомов газа.

*Приборы и принадлежности:* источник питания ИПС1,  
блок амперметра-вольтметра АВ1,  
стенд с объектами исследования СЗ-ОК01.

*Порядок выполнения работы и обработка результатов измерений*

Собрать схему рис.



2. Включить в сеть измерительный блок амперметра-вольтметра АВ1 и источник питания ИПС1. Время прогрева установки  $\sim 3$  мин.
3. Установите диапазон измерений анодного тока до 20 мкА, установите диапазон измерений напряжения  $U_{KC}$  до 200 В;
4. Измерьте зависимость тока анода от напряжения между катодом и сеткой с шагом примерно 0,5 В. Постройте график этой зависимости  $I_A = f(U_{KC})$ .
5. Определите потенциал возбуждения по максимуму графика, учитывая  $U_{конт}$  (см. формулу (5)).
6. Зная потенциал возбуждения, определите, используя таблицу 1, каким газом заполнен тиратрон.
7. По формуле (4) рассчитайте длину волны (в нм), излучаемой данным газом при переходе его атомов из первого возбужденного состояния в основное.

*Вопросы для допуска к работе*

1. Сформулируйте цель работы.
2. Дайте определение «первого критического потенциала».
3. Опишите порядок выполнения работы.

*Вопросы для защиты работы*

1. Расскажите о модели атома Резерфорда и о ее недостатках.
2. Сформулируйте постулаты Бора.
3. С какой целью между сеткой и анодом подается запирающее напряжение?
4. Объясните, на каких участках вольтамперной характеристики имеет место упругое и на каких неупругое столкновение электрона с атомом.
5. Как проявляется контактная разность потенциалов в опыте Франка и Герца?

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  $1 \text{ мм}$ , 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:

$$[s] = \left[ \frac{V_0^2 \cdot m}{F_{\text{тр}}} \right] = \left[ \frac{(\dot{\text{и}}^2 / \tilde{\text{н}}^2) \cdot \hat{\text{е}}\tilde{\text{а}}}{\text{Í}} \right] = \left[ \frac{\dot{\text{и}}^2 \cdot \hat{\text{е}}\tilde{\text{а}}}{\tilde{\text{н}}^2 \cdot \hat{\text{е}}\tilde{\text{а}} \cdot \dot{\text{и}} / \tilde{\text{н}}^2} \right] = [\dot{\text{и}}].$$

Здесь, исходя из второго закона Ньютона, единицу измерения силы 1Н расписывают как  $1(\hat{\text{е}}\tilde{\text{а}} \cdot \dot{\text{и}} / \tilde{\text{н}}^2)$ .

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

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

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

Информационно-коммуникационные технологии (ИКТ) используются для

1. получения информации для подготовки к занятиям;
2. создания презентационного сопровождения практических занятий;
3. работы в электронной информационной среде.

Стандартное лицензионное программное обеспечение:

1. ОС Windows 7 Professional
2. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
3. 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>
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 динамической вязкости воды	10, 11
		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 М45М0МЗ, 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, генератор Л31 вольтметр В7-35	30
ЛР	Лаборатория оптики	Рефрактометр Аббе RL-2, рефрактометр УРЛ-1	31
		Микроскоп МБУ-2	32
		Модульный учебный комплекс МУК-0	33
		Дифракционная решетка, источник света	34
		Полярископа ПКС-56	35
		Модульный учебный	36

		комплекс МУК-0	
		Пирометр с исчезающей нитью ОПИР, ваттметр	37
		Монохроматор УМ-2, вольтметр, селеновый фотоэлемент	38
		Блок амперметра-вольтметра АВ, стенд с объектами исследования СЗ-ОК01, источник питания ИПС- 1	39
		Источник питания ИПС1, блок амперметра-вольтметра АВ1, стенд с объектами исследования СЗ-ОК01.	40
ПЗ	Лекционные аудитории	Учебная доска	1-9
кр	чз1	Оборудование 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D	-
СР	чз1	Оборудование 10 ПК i5-2500/Н67/4Gb(монитор TFT19 Samsung); принтер HP LaserJet P2055D-	-





## 2. Вопросы к зачёту

№ п/п	Компетенции		ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-1,  ОПК-2	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.  Способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	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 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. Центр масс системы 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	1. Механика
			14. Движение идеальной жидкости. Уравнение неразрывности струи. 15. Вязкость. Формула Ньютона для внутреннего трения. Коэффициент динамической вязкости 16. Течение жидкости в трубах. Ламинарное и турбулентное течения. Формула Пуазейля	2. Гидромеханика
			17. Модель идеального газа. Уравнение состояния идеального газа. 18. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории 19. Газовые законы и их графики. 20. Средняя длина свободного пробега молекулы. 21. Применение 1 закона термодинамики к изопроцессам 22. Работа газа . Работа газа в изопроцессах. 23. Адиабатный процесс. Уравнение Пуассона. 24. Цикл Карно. КПД цикла Карно 25. I и III начала термодинамики. 26. Энтропия. Изменение энтропии. Неравенство Клаузиуса.	3. Молекулярная физика и термодинамика
			27. механические колебания. Характеристики колебаний. 28. Маятники: пружинный, физический, математический. 29. Затухающие колебания 30. Вынужденные колебания. Резонанс. 31. Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.	4. Колебания и волны

## Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1	ОПК-1	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	<p>1. Электрический заряд. Взаимодействие зарядов. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.</p> <p>2. Напряженность электростатического поля. Линии напряженности. Напряженность точечного заряда. Принцип суперпозиции полей. Поток вектора напряженности электрического поля.</p> <p>3. Теорема Гаусса и её применение для поля бесконечно заряженной плоскости.</p> <p>4. Работа электрического поля по перемещению заряда</p> <p>5. Потенциал. Разность потенциалов. Связь напряженности и потенциала. Эквипотенциальные поверхности.</p> <p>6. Электроёмкость проводника. Конденсаторы. Электроёмкость плоского конденсатора.</p> <p>7. Соединения конденсаторов. Энергия заряженного проводника, конденсатора.</p> <p>8. Электрический ток. Сила и плотность тока.</p> <p>9. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводника. Соединение сопротивлений.</p> <p>10. Работа и мощность Эл. тока. закон Джоуля –Ленца</p> <p>11. Магнитное поле: характеристики В и Н. Силовые линии. Рамка с током в магнитном поле. Магнитный момент.</p> <p>12. Сила Ампера.</p> <p>13. Сила Лоренца. Движение заряженной ч-цы в магнитном поле</p> <p>14. Закон Био-Савара-Лапласа и его применение для магнитного поля в центре кругового тока.</p> <p>15. Магнитный поток. Теорема Гаусса.</p> <p>16. магнетики. Пара- диа- ферро-магнетики.</p> <p>17. Явление электромагнитной индукции. Опыт Фарадея. ЭДС индукции. Правило Ленца.</p> <p>18, Явление самоиндукции. ЭДС самоиндукции. Индуктивность соленоида.</p>	4. Электричество и магнетизм
	ОПК-2	Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат	<p>18. Законы геометрической оптики.</p> <p>19. Явление полного внутреннего отражения.</p> <p>20. Интерференция света. Условие <math>\max</math> и <math>\min</math> при интерференции в тонких пленках.</p> <p>21. Дифракция. Принцип Гюйгенс-Френеля. Зоны Френеля. Условие <math>\max</math> и <math>\min</math>.</p> <p>22. Дифракция Френеля на круглом отверстии.</p> <p>23. Дифракция Фраунгофера на щели</p>	6. Оптика

		24. Дифракция Фраунгофера на решетке. 25. Поляризованный и естественный свет. Закон Малюса. 26. Двойное лучепреломление. 27. Закон Брюстера	
		28. Фотоэффект. 29. Тепловое излучение. 30. Ядерная модель атома Резерфорда. Постулаты Бора. Боровская модель атома водорода. 31. Волны де Бройля. Корпускулярно волновой дуализм свойств вещества. 32. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	7. Квантовая физика
		33. Природа и состав атомного ядра 34. Природа радиоактивных излучений 35. Явление радиоактивности	8. Физика атомного ядра

### 3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b> <i>ОПК -1:</i> -основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики; <i>ОПК -2:</i> -основные законы и понятия физики</p> <p><b>Уметь</b> <i>ОПК -1:</i> – применять методы математического анализа, теоретического и экспериментального исследования при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности; <i>ОПК -2:</i> - выявить естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения</p>	<b>отлично</b>	<p>обучающийся знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики. Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.</p>
	<b>хорошо</b>	<p>обучающийся знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики. Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента, но допустил не более двух-трех недочётов и может исправить их самостоятельно или с небольшой помощью преподавателя.</p>
	<b>удовлетворительно</b>	<p>в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса физики, не препятствующие усвоению программного материала. - умеет применять полученные знания по физике при решении простых физических задач с использованием формул.</p>

<p><b>Владеть</b> <i>ОПК -1:</i> - современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента <i>ОПК -2:</i> - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности</p>	<p><b>неудовлетворительно</b></p>	<p>обучающийся не знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики. Не умеет применять полученные знания для решения физических задач. Не владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.</p>
	<p><b>Зачтено</b></p>	<p>обучающийся 1) знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики. Умеет применять полученные знания для решения физических задач. Владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента. 2) в ответе имеются отдельные пробелы в усвоении вопросов курса физики, не препятствующие усвоению программного материала. - умеет применять полученные знания по физике при решении простых физических задач с использованием формул.</p>
	<p><b>Не зачтено</b></p>	<p>обучающийся не знает основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики. Не умеет применять полученные знания для решения физических задач. Не владеет современной научной аппаратурой и навыками ведения физического эксперимента.</p>

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

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

Изучение дисциплины физики предусматривает:

- лекции,
- лабораторные занятия;

- контрольную работу;
- самостоятельную работу обучающихся;
- зачёт;
- экзамен.

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

В ходе освоения раздела 2 «Гидродинамика» студенты должны получить представление о законах движения идеальной жидкости, взаимодействие её с твёрдыми телами, а так же знать о характере движения реальной жидкости.

В ходе освоения раздела 3 Молекулярная физика и термодинамика студенты должны уяснить представление о б идеальном газе, законных которым подчиняется идеальный газ, получить представления о термодинамическом и статистическом методах исследований, Знать основные положения молекулярно кинетической теории, законы термодинамики.

В ходе освоения раздела 4 «Колебания и волны» студенты должны уяснить основные характеристики колебательного движения: амплитуда колебаний, фаза, начальная фаза, период колебаний, частота, скорость, длина волны. Виды механических колебаний, затухающие и вынужденные колебания, резонанс. А так же характеристики волн, продольные и поперечные волны, уравнение бегущей волны. Основные свойства волн. Иметь представление о маятниках: математическом, физическом, пружинном.

В ходе освоения раздела 5 «Электричество и магнетизм» студенты должны уяснить основные характеристики электростатического поля: электрический заряд, напряженность, потенциал, взаимосвязь напряженности и потенциала, закон Кулона взаимодействие точечных зарядов, теореме Гаусса. Законы постоянного электрического тока. Характеристики магнитного поля, взаимодействие проводников с током, действие магнитного поля на проводники с током и электрические заряды. Явление электромагнитной индукции, явление самоиндукции.

При освоении раздела 6 «Оптика» студенты должны получить представление об волновой природе света: явлении интерференции, дифракции, поляризации света, двойное лучепреломление; уяснить понятия монохроматический свет, когерентность, оптический путь, показатель преломления света, поляризованный и естественный свет, а также законы геометрической оптики.

При освоении раздела 7 «Квантовая физика» студенты получить представления о квантовых свойствах излучения, гипотезе Планка о квантовании энергии, явлении фотоэффекта, фотонах волновых свойствах микрочастиц, корпускулярно волновом дуализме микрочастиц. Волнах де Бройля. 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.

В ходе освоения раздела 8 «Физика атомного ядра» студенты должны получить знания об 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 формирования современного физического мышления у обучающихся; создания основ теоретической подготовки в области физики, позволяющей в будущем ориентироваться в потоке научной и технической информации, обеспечивающей им возможность использования физических законов в процессе их работы; формирование правильного понимания границ применимости физических понятий, законов теории и умения оценивать степень достоверности результатов, полученных с помощью эксперимента и теоретических методов исследования.

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

При подготовке к 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 – 51 час., лабораторные занятия - 34 час., самостоятельная работа – 77 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единицы

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Механика
2. Гидромеханика
3. Молекулярная физика и термодинамика
4. Колебания и волны
5. Электричество и магнетизм
6. Квантовая оптика
7. Физика атомного ядра

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

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

**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.)*



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

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

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	Способность использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	1. Механика	1.1. Кинематика поступательного движения 1.2. Кинематика вращательного движения 1.3. Динамика поступательного движения 1.4. Динамика вращательного движения	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
		2. Гидромеханика	2.1 Движение жидкостей 2.2. Вязкость	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
		3. Молекулярная физика и термодинамика	3.1. Молекулярно-кинетическая теория 3.2. Явления переноса 3.3. Законы термодинамики	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
		4. Колебания и волны	4.1. Механические колебания. Характеристики колебаний. 4.2. Маятники: пружинный, физический, математический. 4.3. Затухающие колебания 4.4. Вынужденные колебания. Резонанс. 4.5. Волны. Продольные и поперечные волны. Уравнение бегущей волны.	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
ОПК-2	Способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.	5. Электричество и магнетизм	5.1. Основные законы эл. статики 5.2. Электрический ток 5.3. Магнитное поле	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
		6. Оптика	6.1. Геометрическая оптика 6.2. Интерференция света 6.3. Дифракция света 6.4. Поляризация света	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
		7. Квантовая физика	7.1. Тепловое излучение 7.2. Фотоэффект 7.3. Теория атома водорода по Бору 7.4. Гипотеза де Бройля. 7.5. Корпускулярно-волновой дуализм. 7.6. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты
		8. Физика атомного ядра	8.1. Размер, состав и заряд атомного ядра 8.2. Дефект массы и энергия связи 8.3. Ядерные силы 8.4. Радиоактивное излучение 8.5. Закон радиоактивного распада 8.6. $\alpha$ -, $\beta$ - распад. $\gamma$ - излучение	Защита ЛР, отчеты по ЛР, кр, тесты

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p><b>Знать</b>  <i>ОПК -1:</i>                      -основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической и современной физики;  <i>ОПК -2:</i>                      -основные законы и понятия физики</p> <p><b>Уметь</b>  <i>ОПК -1:</i>                      – применять методы математического анализа, теоретического и экспериментального исследования при изучении других дисциплин и в прикладных задачах профессиональной деятельности;  <i>ОПК -2:</i>                      - выявить естественнонаучную сущность проблемы в ходе профессиональной деятельности и применять соответствующий физико-математический аппарат для их решения</p>	<p><b>Зачтено</b></p>	<p>обучающийся</p> <p>1) выполнил лабораторные работы, написан отчёт по лабораторной работе, отвечает на вопросы защиты лабораторной работы.</p> <p>2) выполнил лабораторные работы, написан 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>  <i>ОПК -1:</i>                      - современной научной аппаратурой, навыками ведения физического эксперимента  <i>ОПК -2:</i>                      - современным физико-математическим аппаратом для решения проблем возникающих в ходе профессиональной деятельности</p>		<p><b>Не зачтено</b></p>

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 08.03.01 Строительство от «12» марта 2015 г. № 201

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

для набора 2017 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125, заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. № 125 для заочной (ускоренной) формы обучения от «04» апреля 2017 г. № 203.

**Программу составил:**

Агеева Е.Т. ст. препод. кафедры МиФ \_\_\_\_\_

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры МиФ  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г., протокол № \_\_\_\_\_

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

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий выпускающей кафедры СКИТС \_\_\_\_\_ Коваленко Г. В.

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

Рабочая программа одобрена методической комиссией естественнонаучного факультета  
от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 201 г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методической комиссии ЕН факультета \_\_\_\_\_ Варданян В.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

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

Регистрационный № \_\_\_\_\_