

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Алейник Станислав Николаевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 08.04.2021 18:21:19  
Уникальный программный ключ:  
5258223550ea9fbeb23726a1609b644b33d8986ab6255891f288f913a1351fae

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
имени В.Я.ГОРИНА»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
по дисциплине «**ФИЗИКА**»

**Направление 35.03.06 - "Агроинженерия"**

**Профиль - Электрооборудование и электротехнологии**

Рабочая программа составлена с учетом требований:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 35.03.06 Агроинженерия (квалификация – бакалавр), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №1172 от 20.10.2015 г.;
- порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации №301 от 05 апреля 2017 г.;
- профессионального стандарта «Специалист в области механизации сельского хозяйства», утвержденного Министерством труда и социальной защиты РФ от 21.05.2014 г. №340н;
- основной профессиональной образовательной программы ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ направления подготовки 35.03.06 – «Агроинженерия».

**Составитель:** к.т.н., доцент Акупиян А.Н.

**Рассмотрена** на заседании кафедры математики, физики и химии

«04» июль 2018г., протокол № 12.

Зав. кафедрой Евг – Голованова Е.В.

**Согласована** с выпускающей кафедрой «Электрооборудование и электротехнологии в АПК» «04» июль 2018 г., протокол № 10/1

Зав. кафедрой СВ Вендин С.В.

**Одобрена** методической комиссией инженерного факультета

«05» июль 2018г., протокол № 9-7/18

Председатель методической

комиссии инженерного факультета А.П. Слободюк А.П.

## I. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

**Физика** как наука является основой всего естествознания и имеет фундаментальное значение для понимания различных процессов в окружающем нас мире. Она оказывает влияние на другие науки и служит базой для профессиональной подготовки студентов всех технических специальностей.

**1.1. Цель дисциплины** – формирование представлений, понятий, знаний о фундаментальных законах классической и современной физики и навыков применения в профессиональной деятельности физических методов измерений и исследований.

### 1.2. Задачи:

- изучение законов механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики, квантовой и атомной физики;
- овладение методами лабораторных исследований;
- выработка умений по применению законов физики в профессиональной деятельности.

## II. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (ООП)

### 2.1. Цикл (раздел) ООП, к которому относится дисциплина

Физика относится к дисциплинам базовой части (Б1.Б.07) основной образовательной программы.

### 2.2. Логическая взаимосвязь с другими частями ООП

Наименование предшествующих дисциплин, практик, на которых базируется данная дисциплина (модуль)	1. Математика (школьный курс)
	2. Физика (школьный курс)
	3. Векторная алгебра
	4. Геометрия
Требования к предварительной подготовке обучающихся	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ общие базовые сведения по математике, физике, векторной алгебре;</li><li>➤ элементарные компьютерные модели опытов;</li><li>➤ навыки управления информацией (способность извлекать и анализировать информацию из различных источников);</li></ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ организовывать и планировать физические исследования;</li><li>➤ принимать решение по проблемам постановки опытов;</li></ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"><li>➤ базовыми исследовательскими навыками и применять их на практике.</li></ul>

Дисциплина является предшествующей для теоретической механики, теплотехники, материаловедения и технологии конструкционных материалов, гидравлики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин, электротехники и электроники.

Преподавание курса физики неразрывно связано с проведением воспитательной работы со студентами. В связи с этим на практических занятиях рассматриваются вопросы, позволяющие раскрыть роль здорового образа жизни, влияние вредных привычек и т.д.

### III. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ, СООТВЕТСТВУЮЩИЕ ФОРМИРУЕМЫМ КОМПЕТЕНЦИЯМ

Коды компетенций	Формулировка компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-2	способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики
		<b>Уметь:</b> решать ситуационные задачи различного типа; грамотно объяснять процессы, происходящие в природе, с физической точки зрения; применять законы физики в профессиональной деятельности
		<b>Владеть:</b> методами физических исследований и анализом полученных результатов
ОПК-6	способностью проводить и оценивать результаты измерений	<b>Знать:</b> основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики
		<b>Уметь:</b> интерпретировать результаты физических лабораторных исследований
		<b>Владеть:</b> методами наблюдения и физического эксперимента

#### IV. ОБЪЕМ, СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ И ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ

##### 4.1. Распределение объема учебной работы по формам обучения

Вид работы	Объем учебной работы, час	
	Очная	Заочная
<b>Формы обучения</b> (вносятся данные по реализуемым формам)	<b>2</b>	<b>2 курс</b>
<b>Семестр (курс) изучения дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>2 курс</b>
Общая трудоемкость, всего, час	288	288
<i>зачетные единицы</i>	8	8
<b>Контактная работа обучающихся с преподавателем</b>	<b>154</b>	<b>80</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	<b>126</b>	<b>30</b>
В том числе:		
Лекции	36	12
Лабораторные занятия	54	10
Практические занятия	36	6
<i>Иные виды работ в соответствии с учебным планом (учебная практика)</i>	-	-
<b>Внеаудиторная работа (всего)</b>	<b>18</b>	<b>6</b>
В том числе:		
Контроль самостоятельной работы (на 1 подгруппу в форме компьютерного тестирования)	-*	-
Консультации согласно графику кафедры (еженедельно 1ч – для студентов очной и 2 ч – заочной формы обучения x 18 нед.)	18	6
<i>Иные виды работ в соответствии с учебным планом (курсовая работа, РГЗ и др.)</i>	-	-
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>10</b>	<b>8</b>
В том числе:		
Зачет	-	-
Экзамен ( на 1 группу)	8	8
Консультация предэкзаменационная (на 1 группу)	2	
<b>Самостоятельная работа обучающихся</b>		
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>	<b>134</b>	<b>244</b>
в том числе:		
Самостоятельная работа по проработке лекционного материала (60% от объема лекций)	22	8
Самостоятельная работа по подготовке к лабораторно-практическим занятиям (60% от объема аудиторных занятий)	54	10
Работа над темами (вопросами), вынесенными на самостоятельное изучение	52	188
Самостоятельная работа по видам индивидуальных заданий : подготовка реферата (контрольной работы)	10	20
Подготовка к экзамену	16	16

Примечание: \*осуществляется на аудиторных занятиях

## 4.2 Общая структура дисциплины и виды учебной работы

Наименование модулей и разделов дисциплины	Объемы видов учебной работы по формам обучения, час									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	Всего	Лекции	Лабораторно-практ. занятия	Внеаудиторная работа и пр. атт.	Самостоятельная работа	Всего	Лекции	Лабораторно-практ. занятия	Внеаудиторная работа и пр. атт.	Самостоятельная работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Модуль 1. «Механика, молекулярная физика и термодинамика»</b>	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>70</b>
1. Кинематика поступательного и вращательного движения	12	2	4	Консультации	6	11	1	-	Консультации	10
2. Динамика поступательного и вращательного движения	12	2	4		6	12	-	2		10
3. Законы сохранения в механике	9	1	4		4	11	1	-		10
4. Механические колебания	9	1	4		4	12	-	2		10
5. Механика жидкостей и газов	10	2	4		4	11	1	-		10
6. Основы молекулярно-кинетической теории газов	10	2	4		4	11	1	-		10
7. Термодинамика	12	2	4		6	12	-	2		10
<i>Итоговое занятие по модулю 1</i>	4	-	2		2	-	-	-		-
<b>Модуль 2. «Электромагнитные взаимодействия и волны»</b>	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>78</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>66</b>
1. Электростатика	16	2	6	Консультации	8	16	-	2	Консультации	14
2. Постоянный ток. Электрический ток в средах	16	2	6		8	14	2	-		12
3. Магнетизм	15	3	6		6	16	-	2		14
4. Электромагнитные колебания, переменный ток	15	3	6		6	16	-	2		14
5. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО	12	2	4		6	14	2	-		12
<i>Итоговое занятие по модулю 2</i>	4	-	2		2	-	-	-		-
<b>Модуль 3 «Оптика, основы квантовой и атомной физики»</b>	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
1. Геометрическая оптика. Волновая оптика	12	2	4	Консультации	6	12	-	2	Консультации	10
2. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика	12	2	4		6	11	1	-		10
3. Основы квантовой механики	10	2	4		4	12	-	2		10
4. Основы физики атома	10	2	4		4	11	1	-		10
5. Атомные излучения	9	1	4		4	11	1	-		10
6. Основы физики атомного ядра	9	1	4		4	11	1	-		10
7. Элементарные частицы	12	2	4		6	12	-	-		12
<i>Итоговое занятие по модулю 3</i>	4	-	2		2	-	-	-		-
<i>Подготовка реферата в форме презентации (контрольной работы)</i>	<i>10</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>10</i>	<i>20</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>20</i>
<i>Экзамен</i>	<i>26</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>10</i>	<i>16</i>	<i>26</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>10</i>	<i>16</i>

### 4.3 Структура и содержание дисциплины по формам обучения

Наименование модулей и разделов дисциплины	Объемы видов учебной работы по формам обучения, час									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	Всего	Лекции	Лаб.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа	Всего	Лекции	Лаб.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>Модуль 1. «Механика, молекулярная физика и термодинамика»</b>	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>70</b>
<b>1. Кинематика поступательного и вращательного движения</b>	12	2	4	Консультации	6	11	1	-	Консультации	10
1.1. Кинематика поступательного движения. Материальная точка, система отчета, виды механического движения, пространство и время. Траектория, путь, перемещение. Скорость и ускорение. Тангенциальная и нормальная составляющая ускорения. Частные случаи поступательного движения. Кинематика вращательного движения. Угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение. Связь между линейными и угловыми величинами. Частные случаи вращательного движения	12	2	4		6	11	1	-		10
<b>2. Динамика поступательного и вращательного движения</b>	12	2	4		6	12	-	2		10
2.1. Динамика поступательного движения. Масса, импульс, сила. Первый закон Ньютона. Принцип относительности Галилея. Инерциальные системы отчета. Второй закон Ньютона. Третий закон Ньютона. Динамика вращательного движения. Момент силы. Момент инерции твердого тела. Способы определения момента инерции, теорема Штейнера. Основное уравнение динамики вращательного движения. Работа, работа переменной силы, кинетическая энергия. Работа момента силы. Кинетическая энергия вращающегося тела	12	2	4		6	12	-	2		10
<b>3. Законы сохранения в механике</b>	9	1	4		4	11	1	-		10
3.1. Силы внутренние и внешние. Закрытые системы. Закон сохранения импульса и момента импульса замкнутой системы. Консервативные системы. Закон сохранения полной механической энергии	9	1	4		4	11	1	-		10
<b>4. Механические колебания</b>	9	1	4		4	12	-	2		10
4.1. Механические колебания. Уравнения гармонических колебаний. Пружинный маятник. Математический маятник. Физический маятник. Период колебаний маятника. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.	9	1	4		4	12	-	2		10
<b>5. Механика жидкостей и газов</b>	10	2	4		4	11	1	-		10
5.1. Гидростатическое и гидродинамическое давление. Закон Паскаля. Течение идеальной жидкости. Уравнение неразрывности струи. Уравнение Бернулли. Течение вязкой жидкости. Ламинарное и турбулентное течение. Закон Пуазейля. Уравнение Ньютона.	10	2	4		4	11	1	-		10

Наименование модулей и разделов дисциплины	Объемы видов учебной работы по формам обучения, час									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	Всего	Лекции	Лаб.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа	Всего	Лекции	Лаб.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
6. Основы молекулярно-кинетической теории газов	10	2	4		4	11	1	-		10
6.1. Основы молекулярно - кинетической теории. Основные положения МКТ. Модели газа для решения задач МКТ и термодинамики. Давление потока частиц на стенку. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории. Молекулярно-кинетическое толкование температуры. Изопроцессы в газах. Закон Дальтона.	10	2	4		4	11	1	-		10
7. Термодинамика	12	2	4		6	12	-	2		10
Основы термодинамики. Предмет и метод термодинамики. Энергия, теплота, работа в термодинамике. Внутренняя энергия. Работа газа в изопроцессах. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости: распределение энергии по степеням свободы. Внутренняя энергия и теплоемкость идеального газа. I начало термодинамики. Адиабатический процесс. Термодинамическая вероятность и энтропия. Изменение энтропии. II начало термодинамики. Тепловые машины. Цикл Карно.	12	2	4		6	12	-	2		10
Итоговое занятие по модулю 1	4	-	2		2	-	-	-		-
<b>Модуль 2. «Электромагнитные взаимодействия и волны»</b>	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>78</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>66</b>
<b>1. Электростатика</b>	16	2	6	Консультации	8	16	-	2	Консультации	14
1.1. Электрический заряд. Свойства заряда. Закон Кулона. Принцип суперпозиции сил. Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля. Силовые линии электростатического поля. Принцип суперпозиции полей. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса. Проводники в электростатическом поле. Сверхпроводимость. Диэлектрики в электростатическом поле. Диэлектрическая проницаемость. Потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции потенциалов. Конденсаторы. Соединение конденсаторов.	16	2	6		8	16	-	2		14
<b>2. Постоянный ток. Электрический ток в средах</b>	16	2	6		8	14	2	-		12
2.1. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока. Законы Ома для участка цепи и полной цепи. ЭДС. Закон Джоуля-Ленца. Параллельное и последовательное соединение проводников. Мощность цепи постоянного тока. КПД. Разветвленная электрическая цепь. Правила Кирхгофа для разветвленной электрической цепи. Электрический ток в жидкостях. Закон Фарадея. Электрический ток в газах. Плазма и ее свойства. Электрический ток в вакууме.	16	2	6	8	14	2	-	12		

Наименование модулей и разделов дисциплины	Объемы видов учебной работы по формам обучения, час									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	Всего	Лекции	Лаб.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа	Всего	Лекции	Лаб.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<b>3. Магнетизм</b>	15	3	6		6	16	-	2		14
3.1. Магнитное поле. Магнитная индукция. Линии магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитные поля простейших конфигураций токов. Магнитный момент. Закон Ампера. Сила Лоренца. Магнитные свойства веществ. Диа-, пара-, ферромагнетики. Магнитный поток. ЭДС индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.	15	3	6		6	16	-	2		14
<b>4. Электромагнитные колебания, переменный ток</b>	15	3	6		6	16	-	2		14
4.1. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Период собственных колебаний контура. Затухающие колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Мощность в цепи переменного тока. Индуктивное, емкостное и полное сопротивление цепи переменного тока.	15	3	6		6	16	-	2		14
<b>5. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО</b>	12	2	4		6	14	2	-		12
5.1. Волны. Длина волны. Уравнение бегущей волны. Звук. Скорость звука в различных средах. Ультразвук и инфразвук. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн. Скорость света и закон сложения скоростей. Основные постулаты СТО. Относительность одновременности и длины. Релятивистские преобразования координат. Релятивистский закон сложения скоростей. Соотношение между релятивистской и ньютоновской механикой.	12	2	4		6	14	2	-		12
<i>Итоговое занятие по модулю2</i>	4	-	2		2	-	-	-		-
<b>Модуль 3 «Оптика, основы квантовой и атомной физики»</b>	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>	<b>82</b>	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>1. Геометрическая оптика. Волновая оптика</b>	12	2	4		6	12	-	2		10
1.1. Развитие представлений о природе света. Законы геометрической оптики. Отражение и преломление света. Полное внутреннее отражение. Линза. Формула тонкой линзы. Монохроматичность. Интерференция света. Когерентность. Применение интерференции. Дифракция света. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка. Поляризация света. Анализатор. Закон Малюса. Методы получения поляризованного света. Вращение плоскости поляризации. Дисперсия света. Спектры.	12	2	4		6	12	-	2		10
<b>2. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика</b>	12	2	4		6	11	1	-		10

Наименование модулей и разделов дисциплины	Объемы видов учебной работы по формам обучения, час									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	Всего	Лекции	Лабор.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа	Всего	Лекции	Лабор.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
2.1 Тепловое излучение. Законы излучения абсолютно черного тела. Идеи Планка. Формула Планка для теплового излучения. Корпускулярно-волновой дуализм. Энергия кванта света. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта. Фотохимическое действие света. Масса и импульс фотона. Давление света. Понятие об эффекте Комптона.	12	2	4	Консультации	6	11	1	-	Консультации	10
<b>3. Основы квантовой механики</b>	10	2	4		4	12	-	2		10
3.1. Волновые свойства частиц. Длина волны электрона. Дифракция электронов. Волновые свойства нейтронов, атомов и молекул. Физический смысл волн де-Бройля. Понятие о волновой функции. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Движение свободной частицы. Частица в потенциальной яме прямоугольной формы. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике.	10	2	4		4	12	-	2		10
<b>4. Основы физики атома</b>	10	2	4		4	11	1	-		10
4.1. Ядерная модель атома Резерфорда. Линейчатый спектр атома водорода. Постулаты Бора. Квантование энергии и вычисление постоянной Ридберга в теории Бора. Квантовомеханический смысл постулатов Бора. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева.	10	2	4		4	11	1	-		10
<b>5. Атомные излучения</b>	9	1	4		4	11	1	-		10
5.1. Рентгеновские спектры. Тормозные и характеристические рентгеновские лучи. Молекулярные спектры. Спонтанное излучение и поглощение света. Люминесценция. Понятие об индуцированном излучении. Оптические квантовые генераторы. Лазерное излучение и его свойства.	9	1	4		4	11	1	-		10
<b>6. Основы физики атомного ядра</b>	9	1	4		4	11	1	-		10
6.1. Заряд и масса атомных ядер. Спин и магнитный момент ядра. Состав ядра. Энергия связи ядра. Ядерные силы. Радиоактивное излучение и его виды. Правила смещения при радиоактивном распаде. Основной закон радиоактивного распада. Активность и ее измерение. Гамма-лучи. Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений и частиц.	9	1	4		4	11	1	-		10

Наименование модулей и разделов дисциплины	Объемы видов учебной работы по формам обучения, час									
	Очная форма обучения					Заочная форма обучения				
	Всего	Лекции	Лабор.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа	Всего	Лекции	Лабор.практ. зан.	Внеаудит. работа	Самост. работа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
7. Элементарные частицы	12	2	4		6	12	-	-		12
7.1. Два подхода к структуре элементарных частиц. Понятие о космических лучах и их свойствах. Классификация элементарных частиц. Мюоны и их свойства. Мезоны и их свойства. Античастицы. Гипероны. Странность и четность элементарных частиц. Классификация взаимодействий в ядерной физике. Современная физическая картина мира.	12	2	4		6	12	-	-		12
<i>Итоговое занятие по модулю 3</i>	4	-	2		2	-	-	-		-
<i>Подготовка реферата в форме презентации (контрольной работы)</i>	10	-	-	-	10	20	-	-	-	20
<i>Экзамен</i>	26	-	-	10	16	26	-	-	10	16

## V. ОЦЕНКА ЗНАНИЙ И ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 5.1. Формы контроля знаний, рейтинговая оценка и формируемые компетенции (дневная форма обучения)

№ п/п	Наименование рейтингов, модулей и блоков	Формируемые компетенции	Объем учебной работы					Форма контроля знаний	Количество баллов (max)
			Общая трудоемкость	Лекции	Лабор.-практ.заня	Внеаудиторн. раб. и промежуток. аттест.	Самост. работа		
<b>Всего по дисциплине</b>			<b>288</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>28</b>	<b>134</b>	<b>Экзамен</b>	<b>100</b>
<b>I. Входной рейтинг</b>								Тестирование	<b>5</b>
<b>II. Рубежный рейтинг</b>								Сумма баллов за модули	<b>60</b>
<b>Модуль 1. «Механика, молекулярная физика и термодинамика»</b>			<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>		<b>20</b>
1.	Кинематика поступательного и вращательного движения		12	2	4		6	Устный опрос	

2.	Динамика поступательного и вращательного движения		12	2	4	Консультации	6	Письменная контр. работа	
3.	Законы сохранения в механике		9	1	4		8	Устный опрос	
4.	Механические колебания		9	1	4		8	Устный опрос	
5.	Механика жидкостей и газов		10	2	4		6		
6.	Основы молекулярно-кинетической теории газов		10	2	4		6	Письменная контр. работа	
7.		Термодинамика					12	2	4
Итоговый контроль знаний по темам модуля 1.			10	-	2		2	Тестирование, ситуационные задачи	
<b>Модуль 2. «Электромагнитные взаимодействия и волны»</b>		ОПК-2 ОПК-6	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>		<b>20</b>
1.	Электростатика		16	2	6	Консультации	8	Устный опрос	
2.	Постоянный ток. Электрический ток в средах		16	2	6		8	Устный опрос	
3.	Магнетизм		15	3	6		6	Устный опрос	
4.	Электромагнитные колебания, переменный ток		15	3	6		6	Письменная контр. работа	
5.	Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО		12	2	4		6	Устный опрос	
Итоговый контроль знаний по темам модуля 2.			10	-	2	2	Тестирование, ситуационные задачи		
<b>Модуль 3 «Оптика, основы квантовой и атомной физики»</b>		ОПК-2 ОПК-6	<b>84</b>	<b>12</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>36</b>		<b>20</b>
1.	Геометрическая оптика. Волновая оптика		12	2	4	Консультации	6	Устный опрос	
2.	Тепловое излучение. Корпускулярная оптика		12	2	4		6	Устный опрос	
3.	Основы квантовой механики		10	2	4		4	Устный опрос	
5.	Основы физики атома		10	2	4		4	Устный опрос	
6.	Атомные излучения		9	1	4		4	Устный опрос	
7.	Основы физики атомного ядра		9	1	4		4	Устный опрос	
9.	Элементарные частицы		12	2	4		6	Устный опрос	
Итоговый контроль знаний по темам модуля 3.			10	-	2	2	Тестирование, ситуационные задачи		
<b>III. Творческий рейтинг</b>			<b>10</b>	-	-	-	<b>10</b>		<b>5</b>
<b>IV. Выходной рейтинг</b>			<b>26</b>	-	-	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>Экзамен</b>	<b>30</b>

## 5.2. Оценка знаний студента

### 5.2.1. Основные принципы рейтинговой оценки знаний

Оценка знаний по дисциплине осуществляется согласно положению «О единых требованиях к контролю и оценке результатов обучения: Методические рекомендации по практическому применению модульно-рейтинговой системы обучения.»

Уровень развития компетенций оценивается с помощью рейтинговых баллов.

Рейтинги	Характеристика рейтингов	Максимум баллов
Входной	Отражает степень подготовленности студента к изучению дисциплины. Определяется по итогам входного контроля знаний на первом практическом занятии.	5
Рубежный	Отражает работу студента на протяжении всего периода изучения дисциплины. Определяется суммой баллов, которые студент получит по результатам изучения каждого модуля.	60
Творческий	Результат выполнения студентом индивидуального творческого задания различных уровней сложности, в том числе, участие в различных конференциях и конкурсах на протяжении всего курса изучения дисциплины.	5
Выходной	Является результатом аттестации на окончательном этапе изучения дисциплины по итогам сдачи экзамена. Отражает уровень освоения информационно-теоретического компонента в целом и основ практической деятельности в частности.	30
Общий рейтинг	Определяется путём суммирования всех рейтингов	100

Итоговая оценка компетенций студента осуществляется путём автоматического перевода баллов общего рейтинга в стандартные оценки.

Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
менее 51 балла	51-67 баллов	68-85 баллов	86-100 баллов

### 5.2.3. Критерии оценки знаний студента на экзамене

На экзамене студент отвечает в письменно-устной форме на вопросы экзаменационного билета (вопроса и 2 задачи).

Количественная оценка на экзамене определяется на основании следующих критериев:

- оценку «отлично» заслуживает студент, показавший всестороннее систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой; как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретаемой

профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;

- оценку «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе; как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;

- оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой; как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;

- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему проблемы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий; как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжать обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

**5.3. Фонд оценочных средств. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки формируемых компетенций по дисциплине (приложение 2)**

## **VI. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Основная учебная литература**

1. Хавруняк, Василий Гаврилович. Курс физики [Текст]: Учебное пособие / Василий Гаврилович Хавруняк. - Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 400 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=375844>
2. Канн, К Б. Курс общей физики [Текст]: Учебное пособие / К Б Канн. - Москва: ООО "КУРС"; Москва: ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2014. - 360 с. <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=443435>

### **6.2. Дополнительная литература**

1. Грабовский, Р.И. Курс физики: учеб. пособие. / Р.И. Грабовский – 8-е изд. стер. - Спб.: Издательство "Лань", 2005. - 608 с.

### 6.3. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Самостоятельная работа обучающихся заключается в инициативном поиске информации о наиболее актуальных проблемах, которые имеют большое практическое значение и являются предметом научных дискуссий в рамках изучаемой дисциплины.

Самостоятельная работа планируется в соответствии с календарными планами рабочей программы по дисциплине и в методическом единстве с тематикой учебных аудиторных занятий.

#### 6.3.1. Методические указания по освоению дисциплины

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. Уделить внимание следующим понятиям: физическая модель, физическое поле; материальная точка; система отсчета; идеальный газ; термодинамическая система; точечный заряд; электромагнитное поле; интерференция; дифракция; фотоэффект; волновая функция; спонтанное и вынужденное излучение; квантовые числа; фермионы и бозоны и др.
Практические занятия	Проработка рабочей программы, уделяя особое внимание целям и задачам структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, подготовка к лабораторным работам по физике. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.
Самостоятельная работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.
Подготовка	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на кон-

### **6.3.2 Видеоматериалы**

1. Каталог учебных видеоматериалов на официальном сайте ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ – Режим доступа: <http://bsaa.edu.ru/InfResource/library/video>

### **6.4. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современные профессиональные базы данных, информационные справочные системы**

1. Электронно-библиотечная система (ЭБС) "AgriLib" – Режим доступа: <http://ebs.rgazu.ru>

2. ЭБС «ZNANIUM.COM» – Режим доступа: – Режим доступа: <http://znanium.com>

3. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books>

4. Информационная система «Единое окно доступа к информационным ресурсам. Раздел Физика - <http://window.edu.ru/>

5. Российское образование. Федеральный портал <http://www.edu.ru>

6. Центральная научная сельскохозяйственная библиотека <http://www.cnsnb.ru/>

7. Российская государственная библиотека <http://www.rsl.ru>

### **6.5. Перечень программного обеспечения, информационных технологий**

По предмету «Физика» необходимо использовать электронный ресурс кафедры математики, физики и химии.

В качестве программного обеспечения, необходимого для доступа к электронным ресурсам используются программы офисного пакета Windows 7, Microsoft office 2010 standard, Антивирус Kaspersky security стандартный.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для преподавания дисциплины используются:

Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (проектор, экран, компьютер ASUS, доска настенная, кафедра, набор демонстрационного оборудования в соответствии с РПД «Физика»).

Учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (Специализированная мебель, учебные стенды).

Помещение для самостоятельной работы обучающихся, оснащенное компьютерной техникой с подключением к сети Интернет и электронной информационно-образовательной среде вуза.

## **VIII. ПРИЛОЖЕНИЯ**

**СВЕДЕНИЯ О ДОПОЛНЕНИИ И ИЗМЕНЕНИИ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ  
НА 2015 / 2016 УЧЕБНЫЙ ГОД**

Физика

дисциплина (модуль)

**35.03.06 - Агроинженерия**

направление подготовки/специальность

ДОПОЛНЕНО (с указанием раздела РПД)
ИЗМЕНЕНО (с указанием раздела РПД)
УДАЛЕНО (с указанием раздела РПД)

Реквизиты протоколов заседаний кафедр, на которых пересматривалась программа

Кафедра _____ _____	Кафедра _____ _____
от _____ № _____ Дата	от _____ № _____ дата

Методическая комиссия инженерного факультета

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ года, протокол № \_\_\_\_\_

Председатель методкомиссии \_\_\_\_\_ Слободюк А.П.

Декан инженерного факультета

Стребков С.В.

«\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_ г

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

по дисциплине **«Физика»**

направление подготовки **35.03.06** - **Агроинженерия**

Майский, 201\_

## 1.Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
					Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ОПК-2	<i>Способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</i>	Первый этап (пороговой уровень)	Имеет представление о природе основных физических явлений, о причинах их возникновения и взаимосвязи. Имеет представление об основных физических законах, лежащих в основе современной техники и технологии. Представляет связь физики с другими науками. Знает основные физические величины и некоторые физические константы, знает определение, смысл и единицы измерения физических величин. Знаком с физическими приборами и методами измерения физических величин, имеет представление об основах теории погрешностей измерений	Кинематика поступательного и вращательного движения . Динамика поступательного и вращательного движения. Законы сохранения в механике. Механические колебания. Механика жидкостей и газов. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электрический ток в средах. Магнетизм. Электромагнитные колебания, переменный ток. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО Геометрическая оптика. Волновая оптика. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика. Основы квантовой механики. Основы физики атома. Атомные излучения. Основы физики атомного ядра. Элементарные частицы.	Устный опрос Защита лабораторных работ Тестирование, решение задач	Экзамен

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
					Текущий контроль	Промежуточная аттестация
		Второй этап (продвинутый уровень)	<p>Хорошо представляет природу основных физических явлений, причины их возникновения и взаимосвязи. Знает основные физические законы, лежащие в основе современной техники и технологии. Представляет связь физики с другими науками и роль физических закономерностей хорошо знает основные физические величины и физические константы, знает их определение, смысл и единицы измерения. Знает физические приборы и методы измерения физических величин. Знает основы теории погрешностей измерений</p>	<p>Кинематика поступательного и вращательного движения. Динамика поступательного и вращательного движения. Законы сохранения в механике. Механические колебания. Механика жидкостей и газов. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электрический ток в средах. Магнетизм. Электромагнитные колебания, переменный ток. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО Геометрическая оптика. Волновая оптика. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика. Основы квантовой механики. Основы физики атома. Атомные излучения. Основы физики атомного ядра. Элементарные частицы.</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Защита лабораторных работ</p> <p>Тестирование, решение задач</p>	Экзамен

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
					Текущий контроль	Промежуточная аттестация
		Третий этап (высокий уровень)	<p>Разбирается в современных представлениях о природе основных физических явлений, о причинах их возникновения и взаимосвязи.</p> <p>Знает все основные физические законы, лежащие в основе современной техники и технологии.</p> <p>Представляет связь физики с другими науками и роль физических закономерностей.</p> <p>Полно и развернуто отвечает на все основные и дополнительные вопросы</p> <p>Знает все основные физические величины и физические константы, уверенно дает их определение, поясняет смысл и называет единицы измерения.</p>	<p>Кинематика поступательного и вращательного движения . Динамика поступательного и вращательного движения. Законы сохранения в механике. Механические колебания.</p> <p>Механика жидкостей и газов. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электрический ток в средах. Магнетизм. Электромагнитные колебания, переменный ток. Волны.</p> <p>Электромагнитные волны.</p> <p>Основы СТО Геометрическая оптика. Волновая оптика. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика.</p> <p>Основы квантовой механики. Основы физики атома. Атомные излучения.</p> <p>Основы физики атомного ядра. Элементарные частицы.</p>	<p>Устный опрос</p> <p>Защита лабораторных работ</p> <p>Тестирование, решение задач</p>	Экзамен

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
					Текущий контроль	Промежуточная аттестация
			В полном объеме знает физические приборы и методы измерения физических величин, знает основы теории погрешностей измерений.			
ОПК-6	<i>способностью проводить и оценивать результаты измерений</i>	Первый этап (пороговой уровень)	Имеет представление об основных физических законах, лежащих в основе современной техники и технологии. Знаком с физическими приборами и методами измерения физических величин, имеет представление об основах теории погрешностей измерений	Кинематика поступательного и вращательного движения . Динамика поступательного и вращательного движения. Законы сохранения в механике. Механические колебания. Механика жидкостей и газов. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электрический ток в средах. Магнетизм. Электромагнитные колебания, переменный ток. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО Геометрическая оптика. Волновая оптика. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика. Основы квантовой механики. Основы физики атома. Атомные излучения. Основы физики атомного	Устный опрос Защита лабораторных работ Тестирование, решение задач	Экзамен

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
					Текущий контроль	Промежуточная аттестация
				ядра. Элементарные частицы.		
		Второй этап (продвинутый уровень)	Хорошо знает основные физические законы, лежащие в основе современной техники и технологии. Знает физические приборы и методы измерения физических величин. Знает основы теории погрешностей измерений	Кинематика поступательного и вращательного движения . Динамика поступательного и вращательного движения. Законы сохранения в механике. Механические колебания. Механика жидкостей и газов. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электрический ток в средах. Магнетизм. Электромагнитные колебания, переменный ток. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО Геометрическая оптика. Волновая оптика. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика. Основы квантовой механики. Основы физики атома. Атомные излучения. Основы физики атомного ядра. Элементарные частицы.	Устный опрос  Защита лабораторных работ  Тестирование, решение задач	Экзамен

Код контролируемой компетенции	Формулировка контролируемой компетенции	Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения	Наименование модулей и (или) разделов дисциплины	Наименование оценочного средства	
					Текущий контроль	Промежуточная аттестация
		Третий этап (высокий уровень)	Разбирается в основных физических законах, лежащих в основе современной техники и технологии. В полном объеме знает физические приборы и методы измерения физических величин, знает основы теории погрешностей измерений.	Кинематика поступательного и вращательного движения. Динамика поступательного и вращательного движения. Законы сохранения в механике. Механические колебания. Механика жидкостей и газов. Основы молекулярно-кинетической теории газов. Термодинамика. Электростатика. Постоянный ток. Электрический ток в средах. Магнетизм. Электромагнитные колебания, переменный ток. Волны. Электромагнитные волны. Основы СТО Геометрическая оптика. Волновая оптика. Тепловое излучение. Корпускулярная оптика. Основы квантовой механики. Основы физики атома. Атомные излучения. Основы физики атомного ядра. Элементарные частицы.	Устный опрос Защита лабораторных работ Тестирование, решение задач	Экзамен

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Компетенция	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня компетенции)	Уровни и критерии оценивания результатов обучения, шкалы оценивания			
		<i>Компетентность не сформирована</i>	<i>Пороговый уровень компетентности</i>	<i>Продвинутый уровень компетентности</i>	<i>Высокий уровень</i>
		<i>не зачтено (неуд.)</i>	<i>Зачтено (удовл.)</i>	<i>Зачтено (хорошо)</i>	<i>Зачтено (отлично)</i>
ОПК-2	<b>Способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</b>	<b>Не способен к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</b>	<b>Частично способен к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</b>	<b>Владеет способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</b>	<b>Свободно владеет способностью к использованию основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</b>
	<b>Знать:</b> основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Допускает грубые ошибки при воспроизводстве основных законов механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Может изложить основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Знает основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Свободно владеет основными законами механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;
	<b>Уметь:</b> 1) решать ситуационные задачи различного типа; 2) грамотно объяснять процессы, происходящие в природе, с физической точки зрения; 3) интерпретировать результаты физических лабораторных исследований; 4) применять законы	Не умеет решать ситуационные задачи различного типа; не может грамотно объяснять процессы, происходящие в природе, с физической точки зрения; не может интерпретировать результаты физических лабораторных исследований; не понимает как применять законы физики в профес-	Частично умеет решать ситуационные задачи различного типа; может частично объяснять процессы, происходящие в природе, с физической точки зрения; частично может интерпретировать результаты физических лабораторных исследований; в основном понимает как применять законы	Способен решать ситуационные задачи различного типа; может объяснять процессы, происходящие в природе, с физической точки зрения; может интерпретировать результаты физических лабораторных исследований; понимает как применять законы физики в профессиональной дея-	Способен самостоятельно решать ситуационные задачи различного типа; может объяснять процессы, происходящие в природе, с физической точки зрения; может интерпретировать результаты физических лабораторных исследований; прекрасно понимает как применять законы

Компетенция	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня компетенции)	Уровни и критерии оценивания результатов обучения, шкалы оценивания			
		<i>Компетентность не сформирована</i>	<i>Пороговый уровень компетентности</i>	<i>Продвинутый уровень компетентности</i>	<i>Высокий уровень</i>
		<i>не зачтено (неуд.)</i>	<i>Зачтено (удовл.)</i>	<i>Зачтено (хорошо)</i>	<i>Зачтено (отлично)</i>
	физики в профессиональной деятельности;	сиональной деятельности	физики в профессиональной деятельности	тельности	физики в профессиональной деятельности
	<b>Владеть:</b> методами исследований и анализом полученных результатов; методами наблюдения и эксперимента;	Не владеет методами исследований и анализом полученных результатов, методами наблюдения и эксперимента;	Частично владеет методами исследований и анализом полученных результатов, методами наблюдения и эксперимента;	Владеет методами исследований и анализом полученных результатов, методами наблюдения и эксперимента;	Свободно владеет методами исследований и анализом полученных результатов, методами наблюдения и эксперимента;
ОПК-6	<b>способностью проводить и оценивать результаты измерений</b>	<b>Не способен проводить и оценивать результаты измерений</b>	<b>Частично способен проводить и оценивать результаты измерений</b>	<b>Владеет способностью проводить и оценивать результаты измерений</b>	<b>Свободно владеет способностью проводить и оценивать результаты измерений</b>
	<b>Знать:</b> основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Допускает грубые ошибки при воспроизводстве основных законов механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Может изложить основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Знает основные законы механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;	Свободно владеет основными законами механики, термодинамики, электромагнетизма, оптики и атомной физики;
	<b>Уметь:</b> интерпретировать результаты физических лабораторных исследований	Не умеет интерпретировать результаты физических лабораторных исследований	Частично умеет интерпретировать результаты физических лабораторных исследований	Способен интерпретировать результаты физических лабораторных исследований	Способен самостоятельно интерпретировать результаты физических лабораторных исследований
	<b>Владеть:</b> методами наблюдения и эксперимента;	Не владеет методами наблюдения и эксперимента;	Частично владеет методами наблюдения и эксперимента;	Владеет методами наблюдения и эксперимента;	Свободно владеет методами наблюдения и эксперимента;

### **3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

Процедура оценки знаний умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций, производится преподавателем в форме текущего контроля и промежуточной аттестации.

Для повышения эффективности текущего контроля и последующей промежуточной аттестации студентов осуществляется структурирование дисциплины на модули. Каждый модуль учебной дисциплины включает в себя изучение законченного раздела, части дисциплины.

Основными видами текущего контроля знаний, умений и навыков в течение каждого модуля учебной дисциплины являются устный опрос.

Студент должен выполнить все контрольные мероприятия, предусмотренные в модуле учебной дисциплины к указанному сроку, после чего преподаватель проставляет балльные оценки, набранные студентом по результатам текущего контроля модуля учебной дисциплины.

Контрольное мероприятие считается выполненным, если за него студент получил оценку в баллах, не ниже минимальной оценки, установленной программой дисциплины по данному мероприятию.

Промежуточная аттестация обучающихся проводится в форме экзамена. Экзамен проводится для оценки уровня усвоения обучающимся учебного материала лекционных курсов и практических занятий, а также самостоятельной работы.

На экзамене студент отвечает в письменно-устной форме на вопросы экзаменационного билета (вопроса и 2 задачи).

Количественная оценка на экзамене определяется на основании следующих критериев:

- оценку «отлично» заслуживает студент, показавший всестороннее систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой; как правило, оценка «отлично» выставляется студентам, усвоившим взаимосвязь основных понятий дисциплины и их значение для приобретаемой профессии, проявившим творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала;
- оценку «хорошо» заслуживает студент, обнаруживший полное знание учебно-программного материала, успешно выполняющий предусмотренные в программе задания, усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе; как правило, оценка «хорошо» выставляется студентам, показавшим систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности;
- оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, обнаруживший знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой, знакомый с основной литературой, рекомендованной программой; как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студентам, допустившим погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя;
- оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, обнаружившему проблемы в знаниях основного учебно-программного материала, допустившему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий; как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжать обучение или приступить к профессиональной деятельности по окончании вуза без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Основным методом оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций является балльно-рейтинговая система, которая регламентируется положением «О балльно-рейтинговой системе оценки качества освоения образовательных программ в ФГБОУ ВО Белгородский ГАУ».

Основными видами поэтапного контроля результатов обучения студентов являются: входной контроль, текущий контроль, рубежный (промежуточный) контроль, творческий контроль, выходной контроль (зачет).

Уровень развития компетенций оценивается с помощью рейтинговых баллов.

<b>Рейтинги</b>	<b>Характеристика рейтингов</b>	<b>Максимум баллов</b>
Входной	Отражает степень подготовленности студента к изучению дисциплины. Определяется по итогам входного контроля знаний на первом практическом занятии.	5
Рубежный	Отражает работу студента на протяжении всего периода изучения дисциплины. Определяется суммой баллов, которые студент получит по результатам изучения каждого модуля.	60
Творческий	Результат выполнения студентом индивидуального творческого задания различных уровней сложности, в том числе, участие в различных конференциях и конкурсах на протяжении всего курса изучения дисциплины.	5
Выходной	Является результатом аттестации на окончательном этапе изучения дисциплины по итогам компьютерного тестирования. Отражает уровень освоения информационно-теоретического компонента в целом и основ практической деятельности в частности.	30
Общий рейтинг	Определяется путём суммирования всех рейтингов	100

Общий рейтинг по дисциплине складывается из входного, рубежного, выходного (компьютерного тестирования) и творческого рейтинга.

Входной (стартовый) рейтинг – результат входного контроля, проводимого с целью проверки исходного уровня подготовленности студента и оценки его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины.

Он проводится на первом занятии при переходе к изучению дисциплины (курса, раздела). Формы и методы входного контроля: устный опрос

Рубежный рейтинг – результат рубежного (промежуточного) контроля по каждому модулю дисциплины, проводимого с целью оценки уровня знаний, умений и навыков студента по результатам изучения модуля. Формы и методы рубежного контроля: устные собеседования.

Выходной рейтинг – результат аттестации на окончательном этапе изучения дисциплины по итогам компьютерного тестирования, проводимого с целью проверки освоения информационно-теоретического компонента в целом и основ практической деятельности в частности. Форма и метод выходного контроля: компьютерное тестирование.

Творческий рейтинг – составная часть общего рейтинга дисциплины, представляет собой результат выполнения студентом индивидуального творческого задания различных уровней сложности.

В рамках рейтинговой системы контроля успеваемости студентов, семестровая составляющая балльной оценки по дисциплине формируется при наборе заданной в программе дисциплины суммы баллов, получаемых студентом при текущем контроле в процессе освоения модулей учебной дисциплины в течение семестра.

Итоговая оценка /зачёта/ компетенций студента осуществляется путём сложения

результатов рейтинговой оценки уровня знаний студента.

Максимальная сумма рейтинговых баллов по учебной дисциплине составляет 100 баллов.

Итоговая оценка компетенций студента осуществляется путём автоматического перевода баллов общего рейтинга в стандартные оценки.

Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
менее 51 балла	51-67 баллов	68-85 баллов	86-100 баллов

### 3.1 Перечень тестовых заданий для определения входного рейтинга (степени подготовленности обучающегося к изучению дисциплины)

1. На полу лифта, начинающего движение вертикально вверх с ускорением  $a$ , лежит груз массой  $m$ . Чему равен модуль веса этого груза?

$m(g + a)$

$mg$

$m(g - a)$

0

2. Пловец плывет по течению реки. Чему равна скорость пловца относительно берега реки, если скорость пловца относительно воды 1,5 м/с, а скорость течения реки 0,5 м/с?

2 м/с

1,5 м/с

1 м/с

0,5 м/с

3. Какое количество теплоты нужно передать одному молю одноатомного идеального газа, чтобы изобарно увеличить его объем в 3 раза? Начальная температура газа  $T$ .

$5RT$

$3RT$

$2RT$

$2,5RT$

4. Явление испускания электронов веществом под действием электромагнитного излучения называется ...

фотоэффектом

электризацией

фотосинтезом

ударной ионизацией

5. Сколько нуклонов входит в состав ядра

$A + Z$

$Z$

$A$

$A - Z$

6. Какие явления доказывают, что молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении?

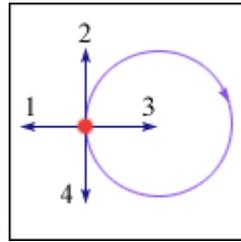
Броуновское движение

Диффузия

Изменение объема при нагревании

Испарение жидкости

7. Тело движется равномерно по окружности в направлении по часовой стрелке (рис.). Как



направлен вектор ускорения при таком движении?

- 3
- 1
- 4
- 2

**8.** Как изменится период колебаний математического маятника, если его длина уменьшится в 9 раз?

- Уменьшится в 9 раз
- Увеличится в 9 раз
- Уменьшится в 3 раза
- Увеличится в 3 раза

**9.** В сосуд с водой целиком погрузили три тела одинаковой массы. Первое тело деревянное, второе – алюминиевое, третье – стальное. Меньшая Архимедова сила действует на:

- деревянное тело
- на все три тела действует одинаковая Архимедова сила
- алюминиевое тело
- стальное тело

**10.** Напряженность электрического поля измеряют с помощью пробного заряда  $q_{\text{п}}$ . Как изменится модуль напряженности, если величину пробного заряда увеличить в 2 раза?

- Ответ неоднозначен
- Уменьшится в 2 раза
- Увеличится в 2 раза
- Не изменится

**11.** Дифракционная решетка с периодом  $d$  освещается нормально падающим световым пучком с длиной волны  $\lambda$ . Какое из приведенных ниже выражений определяет угол  $\varphi$ , под которым наблюдается первый главный максимум?

- 
- 
- 
- 

**12.** Протон состоит из

- мезонов
- нейтрона, позитрона и нейтрино
- Протон не имеет составных частей
- кварков

**13.** Чему равна кинетическая энергия тела массой 3 кг, движущегося со скоростью 4 м/с?

- 6 Дж
- 24 Дж
- 48 Дж
- 12 Дж

14. Какова траектория протона, влетевшего в магнитное поле под углом  $30^\circ$  к вектору  $\vec{B}$  индукции магнитного поля?

- Парабола
- Окружность
- Винтовая линия
- Прямая

15. Чему равно в номинальном режиме сопротивление лампы накаливания, на которой написано:  $U = 220 \text{ В}$ ,  $P = 100 \text{ Вт}$ ?

- 484 Ом
- $2,2 \cdot 10^4$  Ом
- 2,2 Ом
- 0,45 Ом

16. Изменение заряда конденсатора в колебательном контуре происходит по закону  $q = 10^{-4} \cos 10\pi t$  (Кл). Чему равна частота электромагнитных колебаний в контуре?

- 5 Гц
- 10 Гц
- $\frac{5}{\pi}$  Гц
- $10\pi$  Гц

17. К закрепленной одним концом проволоке сечением  $0,2 \text{ см}^2$  подвешен груз массой 1 кг. Рассчитайте механическое напряжение в проволоке.

- $5 \cdot 10^5$  Па
- $2 \cdot 10^5$  Па
- $0,2 \cdot 10^5$  Па
- $0,5 \cdot 10^5$  Па

18. Какие из приведенных ниже выражений связывают длину волны де Бройля с радиусом  $r_n$  стационарной орбиты атома водорода?

- $n\lambda = 2\pi r_n$
- $\lambda = 2\pi n r_n$
- $\lambda n = r_n$
- $\lambda = r_n / (2\pi)$
- $\lambda n = r_n / (2\pi)$

### 3.2 Перечень вопросов к итоговым занятиям по темам модулей

#### Модуль №1. Механика, молекулярная физика и термодинамика

1. Механическое движение. Система отсчета. Траектория, путь, перемещение.
2. Кинематика поступательного движения. Скорость и ускорение.
3. Частные случаи поступательного движения.
4. Основные уравнения кинематики поступательного движения.
5. Кинематика вращательного движения.
6. Тангенциальная и нормальная составляющая ускорения.
7. Угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение.
8. Связь между линейными и угловыми величинами.
9. Частные случаи вращательного движения.
10. Основные уравнения кинематики вращательного движения.
11. Динамика поступательного движения. Масса, импульс, сила.
12. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
13. Второй закон Ньютона. Вес тела. Силы трения, упругости, тяжести.
14. Принцип относительности Галилея. Третий закон Ньютона.
15. Закон всемирного тяготения.
16. Работа, работа переменной силы.

17. Кинетическая и потенциальная энергии.
18. Механическая мощность.
19. Динамика вращательного движения.
20. Момент силы, условие равновесия тела, имеющего ось вращения.
21. Момент инерции твердого тела.
22. Способы определения момента инерции, теорема Штейнера.
23. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент импульса.
24. Работа момента силы. Кинетическая энергия вращающегося тела.
25. Силы внутренние и внешние. Замкнутые системы.
26. Закон сохранения импульса и момента импульса замкнутой системы.
27. Консервативные системы. Закон сохранения полной механической энергии.
28. Механические колебания. Уравнения гармонических колебаний.
29. Математический маятник. Пружинный маятник. Период колебаний маятника.
30. Вынужденные колебания. Резонанс. Затухающие колебания.
31. Волны. Длина волны. Уравнение бегущей волны.
32. Гидростатическое и гидродинамическое давление. Закон Паскаля.
33. Течение идеальной жидкости. Уравнение неразрывности струи.
34. Уравнение Бернулли.
35. Течение вязкой жидкости. Ламинарное и турбулентное течение.
36. Закон Пуазейля. Уравнение Ньютона.
37. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
38. Модели газа для решения задач МКТ и термодинамики.
39. Основное уравнение МКТ.
40. Молекулярно-кинетическое толкование температуры.
41. Изопроцессы в газах. Закон Дальтона.
42. Явление переноса: диффузия, вязкость, теплопроводность.
43. Энергия, теплота, работа в термодинамике.
44. Внутренняя энергия. Виды теплообмена.
45. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости: распределение энергии по степеням свободы.
46. I начало термодинамики.
47. Работа газа в изопроцессах.
48. Адиабатический процесс.
49. Термодинамическая вероятность и энтропия.
50. Изменение энтропии.
51. II начало термодинамики.
52. Тепловые машины. Цикл Карно.

## **Модуль №2. Электромагнитные взаимодействия и волны**

1. Электрический заряд. Свойства заряда.
2. Закон Кулона. Принцип суперпозиции сил.
3. Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля.
4. Силовые линии электростатического поля. Принцип суперпозиции полей.
5. Поток вектора напряженности электростатического поля. Теорема Гаусса.
6. Проводники в электростатическом поле.
7. Сверхпроводимость.
8. Диэлектрики в электростатическом поле.
9. Диэлектрическая проницаемость.
10. Потенциальная энергия.
11. Потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции потенциалов.
12. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия конденсатора.
13. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока.

14. Законы Ома для участка цепи и полной цепи. ЭДС.
15. Закон Джоуля-Ленца.
16. Параллельное и последовательное соединение проводников.
17. Разветвленная электрическая цепь. Правила Кирхгофа.
18. Электрический ток в жидкостях. Закон Фарадея.
19. Электрический ток в газах. Плазма и ее свойства.
20. Электрический ток в вакууме.
21. Магнитное поле.
22. Магнитная индукция. Линии магнитной индукции.
23. Закон Био-Савара-Лапласа.
24. Магнитные поля простейших конфигураций токов.
25. Закон Ампера. Взаимодействие проводников с током.
26. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в магнитном поле.
27. Магнитные свойства веществ. Магнитная проницаемость.
28. Диа-, пара-, ферромагнетики.
29. Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитного поля.
30. ЭДС индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца.
31. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.
32. Электромагнитные колебания.
33. Колебательный контур. Период собственных колебаний контура.
34. Вынужденные электрические колебания.
35. Переменный ток. Мощность в цепи переменного тока.
36. Индуктивное, емкостное и полное сопротивление цепи переменного тока.
37. Волны. Длина волны. Уравнение бегущей волны.
38. Звук. Скорость звука в различных средах. Ультразвук и инфразвук.
39. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн. Шкала электромагнитных волн.
40. Скорость света и закон сложения скоростей. Основные постулаты СТО.
41. Относительность одновременности и длины. Релятивистские преобразования координат.
42. Релятивистский закон сложения скоростей. Соотношение между релятивистской и ньютоновской механикой.

### **Модуль №3. Основы квантовой и атомной физики**

1. Развитие представлений о природе света. Законы геометрической оптики.
2. Отражение и преломление света. Полное внутреннее отражение.
3. Линза. Формула тонкой линзы.
4. Монохроматичность. Интерференция света. Когерентность. Применение интерференции.
5. Дифракция света. Дифракция Френеля. Дифракция Фраунгофера. Дифракционная решетка.
6. Поляризация света. Анализатор. Закон Малюса. Методы получения поляризованного света. Вращение плоскости поляризации.
7. Дисперсия света. Спектры.
8. Тепловое излучение. Законы излучения абсолютно черного тела.
9. Корпускулярно-волновой дуализм. Энергия кванта света.
10. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
11. Давление света.
12. Волновые свойства частиц. Физический смысл волн де-Бройля.
13. Понятие о волновой функции. Физический смысл уравнения Шредингера.
14. Соотношение неопределенностей Гейзенберга.
15. Движение свободной частицы. Частица в потенциальной яме прямоугольной формы.

16. Линейный гармонический осциллятор в квантовой механике.
17. Модели атома. Постулаты Бора.
18. Понятие о квантовых числах. Принцип Паули.
19. Рентгеновские спектры. Тормозные и характеристические рентгеновские лучи. Молекулярные спектры.
20. Спонтанное излучение и поглощение света. Люминесценция.
21. Понятие об индуцированном излучении. Оптические квантовые генераторы. Лазерное излучение и его свойства.
22. Заряд и масса атомных ядер. Спин и магнитный момент ядра.
23. Состав ядра. Энергия связи ядра. Ядерные силы.
24. Радиоактивное излучение и его виды. Правила смещения при радиоактивном распаде.
25. Основной закон радиоактивного распада. Активность и ее измерение. Гамма-лучи.
26. Методы наблюдения и регистрации радиоактивных излучений и частиц.
27. Два подхода к структуре элементарных частиц. Понятие о космических лучах и их свойствах. Классификация элементарных частиц.
28. Мюоны и их свойства. Мезоны и их свойства. Античастицы.
29. Гипероны. Странность и четность элементарных частиц.
30. Классификация взаимодействий в ядерной физике. Современная физическая картина мира.

### **3.3 Перечень вопросов к экзамену с базовыми вопросами дисциплины**

1. Механическое движение. Система отсчета. Траектория, путь, перемещение.
2. Кинематика поступательного движения. Скорость и ускорение.
3. Частные случаи поступательного движения.
4. Основные уравнения кинематики поступательного движения.
5. Кинематика вращательного движения.
6. Тангенциальная и нормальная составляющая ускорения.
7. Угол поворота, угловая скорость, угловое ускорение.
8. Связь между линейными и угловыми величинами.
9. Частные случаи вращательного движения.
10. Основные уравнения кинематики вращательного движения.
11. Динамика поступательного движения. Масса, импульс, сила.
12. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета.
13. Второй закон Ньютона. Вес тела. Силы трения, упругости, тяжести.
14. Принцип относительности Галилея. Третий закон Ньютона.
15. Закон всемирного тяготения.
16. Работа, работа переменной силы.
17. Кинетическая и потенциальная энергии.
18. Механическая мощность.
19. Динамика вращательного движения.
20. Момент силы, условие равновесия тела, имеющего ось вращения.
21. Момент инерции твердого тела.
22. Способы определения момента инерции, теорема Штейнера.
23. Основное уравнение динамики вращательного движения. Момент импульса.
24. Работа момента силы. Кинетическая энергия вращающегося тела.
25. Силы внутренние и внешние. Замкнутые системы.
26. Закон сохранения импульса и момента импульса замкнутой системы.
27. Консервативные системы. Закон сохранения полной механической энергии.
28. Механические колебания. Уравнения гармонических колебаний.
29. Математический маятник. Пружинный маятник. Период колебаний маятника.
30. Вынужденные колебания. Резонанс. Затухающие колебания.

31. Волны. Длина волны. Уравнение бегущей волны.
32. Гидростатическое и гидродинамическое давление. Закон Паскаля.
33. Течение идеальной жидкости. Уравнение неразрывности струи.
34. Уравнение Бернулли.
35. Течение вязкой жидкости. Ламинарное и турбулентное течение.
36. Закон Пуазейля. Уравнение Ньютона.
37. Основные положения молекулярно-кинетической теории.
38. Модели газа для решения задач МКТ и термодинамики.
39. Основное уравнение МКТ.
40. Молекулярно-кинетическое толкование температуры.
41. Изопроцессы в газах. Закон Дальтона.
42. Явление переноса: диффузия, вязкость, теплопроводность.
43. Энергия, теплота, работа в термодинамике.
44. Внутренняя энергия. Виды теплообмена.
45. Молекулярно-кинетическая теория теплоемкости: распределение энергии по степеням свободы.
46. I начало термодинамики.
47. Работа газа в изопроцессах.
48. Адиабатический процесс.
49. Термодинамическая вероятность и энтропия.
50. Изменение энтропии.
51. II начало термодинамики.
52. Тепловые машины. Цикл Карно.
53. Электрический заряд. Свойства заряда.
54. Закон Кулона. Принцип суперпозиции сил.
55. Электростатическое поле. Напряженность электростатического поля.
56. Силовые линии электростатического поля. Принцип суперпозиции полей.
57. Поток вектора напряженности электростатического поля. Теорема Гаусса.
58. Проводники в электростатическом поле.
59. Сверхпроводимость.
60. Диэлектрики в электростатическом поле.
61. Диэлектрическая проницаемость.
62. Потенциальная энергия.
63. Потенциал электростатического поля. Принцип суперпозиции потенциалов.
64. Конденсаторы. Соединение конденсаторов. Энергия конденсатора.
65. Электрический ток. Сила тока. Плотность тока.
66. Законы Ома для участка цепи и полной цепи. ЭДС.
67. Закон Джоуля-Ленца.
68. Параллельное и последовательное соединение проводников.
69. Разветвленная электрическая цепь. Правила Кирхгофа.
70. Электрический ток в жидкостях. Закон Фарадея.
71. Электрический ток в газах. Плазма и ее свойства.
72. Электрический ток в вакууме.
73. Магнитное поле.
74. Магнитная индукция. Линии магнитной индукции.
75. Закон Био-Савара-Лапласа.
76. Магнитные поля простейших конфигураций токов.
77. Закон Ампера. Взаимодействие проводников с током.
78. Сила Лоренца. Движение заряженной частицы в магнитном поле.
79. Магнитные свойства веществ. Магнитная проницаемость.
80. Диа-, пара-, ферромагнетики.
81. Магнитный поток. Теорема Гаусса для магнитного поля.
82. ЭДС индукции. Закон Фарадея. Правило Ленца.

83. Самоиндукция. Индуктивность. Энергия магнитного поля.
84. Электромагнитные колебания.
85. Колебательный контур. Период собственных колебаний контура.
86. Вынужденные электрические колебания.
87. Переменный ток. Мощность в цепи переменного тока.
88. Индуктивное, емкостное и полное сопротивление цепи переменного тока.
89. Электромагнитные волны. Свойства электромагнитных волн.
90. Шкала электромагнитных волн.
91. Интерференция света. Полосы равного наклона и равной толщины. Кольца Ньютона.
92. Дифракция света. Зоны Френеля. Дифракция Френеля.
93. Дифракция в параллельных лучах Дифракционная решетка.
94. Поляризация света. Анализатор. Закон Малюса.
95. Методы получения поляризованного света. Дихроизм. Вращение плоскости поляризации.
96. Тепловое излучение. Законы излучения абсолютно черного тела.
97. Корпускулярно-волновой дуализм. Энергия кванта света.
98. Фотоэффект. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.
99. Давление света.
100. Волновые свойства частиц. Физический смысл волн де-Бройля.
101. Соотношение неопределенности.
102. Понятие о волновой функции. Физический смысл уравнения Шредингера.
103. Модели атома. Постулаты Бора.
104. Атомные излучения.
105. Понятие о квантовых числах. Принцип Паули.
106. Основные свойства и строение атомных ядер.
107. Устойчивость ядер. Энергия связи.
108. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
109. Классификация взаимодействий в ядерной физике.

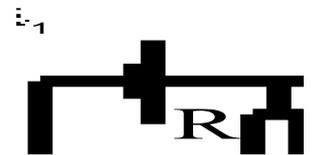
### 3.4 Перечень задач.

1. С какой скоростью и каким курсом должен лететь самолет, чтобы за 1.5 часа он мог пролететь по направлению точно на север 600 км, если во время полета с запада дует ветер перпендикулярно к меридиану со скоростью 72 км/ч? Ответ дать во внесистемных единицах и в СИ. К задаче сделать рисунок с соблюдением масштаба.
2. Первую половину пути автомобиль двигался со скоростью 54 км/ч, а вторую половину пути — со скоростью 72 км/ч. Найти среднюю скорость автомобиля. Ответ дать во внесистемных единицах и в СИ.
3. Материальная точка движется прямолинейно. Уравнение движения  $S = A + Bt + Ct^2 + Dt^3$  ( $S$  — в метрах,  $t$  — в секундах). Каковы скорость и ускорение точки в моменты времени  $t_1 = 0$ ,  $t_2 = 10$  с? Каковы средние величины скорости и ускорения за первые 10 секунд движения, если для Вашего варианта  $A = 2$  м,  $B = 3$  м/с,  $C = 0$ ,  $D = 0.01$  м/с<sup>3</sup>?
4. Диск вращается согласно уравнению  $\varphi = a + bt + ct^2 + dt^3$ , где  $\varphi$  — угол поворота радиуса в радианах,  $t$  — время в секундах. Определить угловую скорость и ускорение в моменты времени  $t_1 = 11$  с и  $t_2 = 15$  с. Каковы средние значения угловой скорости и углового ускорения в промежутке времени от  $t_1 = 11$  до  $t_2 = 15$  с включительно, если для Вашего варианта  $a = 1$ ,  $b = 2$  с<sup>-1</sup>,  $c = 0.1$  с<sup>-2</sup>,  $d = 0.01$  с<sup>-3</sup>?

5. Используя данные предыдущей задачи, определить: 1) частоту вращения диска в момент времени  $t_2$  в об/с и об/мин; 2) в момент времени  $t_2$  определить скорость, нормальное, тангенциальное и полное ускорение точек, находящихся на расстоянии 10 см от оси вращения.
6. К пружинным весам подвешен блок. Через блок перекинули тонкий шнур, к концам которого привязали грузы 1 кг и 1.5 кг. Определить ускорение, с которым будут двигаться грузы. Что покажут пружинные весы во время движения грузов? Массой блока и шнура пренебречь.
7. Шкив делал 10 об/с. Под действием постоянного тормозящего момента сил, равного 100 Н·м, он остановится через 1 минуту. Определить момент инерции шкива.
8. Под действием постоянной силы  $F = 20$  Н тело переместилось вдоль прямой на расстояние 20 м. Определить работу силы  $F$ , если угол между направлением силы и направлением перемещения равен  $20^\circ$ .
9. Под действием переменной силы  $F$  тело переместилось вдоль прямой на расстояние 20 м. Во время движения проекция  $F$  силы на направление перемещения изменялась равномерно от 0 до 20 Н. Найти работу переменной силы  $F$ .
10. Под действием постоянного момента сил 20 Н·м тело начало вращаться. Определить работу момента сил за 1 мин от начала движения, если момент инерции тела  $200 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ , а направление момента сил совпадает с направлением угловой скорости.
11. К потолку трамвайного вагона подвешен на нити шар. Вагон тормозится и его скорость равномерно изменяется за промежуток времени 3 с от 18 км/ч до 3.6 км/ч на какой угол от вертикали отклонится при этом нить.
12. Охотник стреляет из ружья вдоль лодки под углом в  $30^\circ$  к горизонту. Какую скорость имел при вылете заряд массой 50 г, если лодка приобрела скорость 10 см/с. Масса лодки и охотника со снаряжением 180 кг.
13. Горизонтальная платформа, имеющая форму диска, вращается вокруг вертикальной оси, делая 10 об/мин. На краю платформы стоит человек, масса которого 60 кг. Определить частоту вращения, если человек перейдет в центр платформы. Масса платформы 250 кг, ее радиус 3.5 м. Человека считать точечной массой.
14. Обруч массой 2 кг катится без скольжения по горизонтальной плоскости. Скорость его центра инерции 2 м/с. На какую высоту он поднимется по наклонной плоскости?
15. Искусственный спутник движется вокруг Земли по окружности. Высота спутника над поверхностью Земли 3200 км. Определить скорость спутника. Радиус Земли принять равным 6400 км.
16. С каким ускорением будет двигаться тело на половине расстояния между Землей и Луной. Воздействие других небесных тел на исследуемое тело пренебречь.
17. Найти работу сил гравитационного поля по перемещению тела в поле Земли с высоты 10000 км до поверхности Земли. Масса тела 10 т.
18. Написать уравнение гармонического колебательного движения с амплитудой 5 см,

- если в 1 мин совершается 150 колебаний и начальная фаза равна  $45^\circ$ . Вывести для этого случая зависимость скорости и ускорения от времени.
19. Медный шарик, подвешенный на конце пружины, колеблется в вертикальном направлении. Как изменится частота его колебаний, если вместо медного шарика подвесить алюминиевый такого же диаметра?
  20. Начальная амплитуда ( $A_0 = 3$  см) затухающего колебания материальной точки за 4 мин уменьшилась до 1,2 см. Через какой промежуток времени она будет равна 0,8 см?
  21. Найти разность фаз между двумя точками звуковой волны в воздухе. Отстоящими друг от друга на расстоянии 30 см, если частота колебаний 100 Гц, а температура воздуха  $0^\circ\text{C}$ .
  22. Молекулы газа летят с одинаковой скоростью 400 м/с перпендикулярно к стенке. Концентрация молекул  $10^{20} \text{ м}^{-3}$ . Определить давление потока молекул на стенку, если удар молекул о стенку абсолютно упругий. Газ —неон. Вывести расчетную формулу и сделать расчет.
  23. Сколько молекул газа находится в 2 л при температуре  $27^\circ\text{C}$  и давлении 5 Па ?
  24. Водород в объеме  $V_1 = 5$  л, находившийся под давлением  $P = 1$  атм, адиабатически сжат до объема  $V_2 = 1$  л. Найти работу сжатия.
  25. Используя данные предыдущей задачи, найти изменение внутренней энергии газа и теплоту, сообщенную газу.
  26. Два точечных заряда  $q_1 = 1.6 \cdot 10^{-15}$  Кл и  $q_2 = 1.6 \cdot 10^{-15}$  Кл находятся на расстоянии  $r = 15$  см друг от друга и помещены в среду с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon = 2$ . На расстоянии 20 см от каждого заряда находится третий заряд  $q_3 = -1.6 \cdot 10^{-15}$  Кл. Найти силу, действующую на третий заряд.
  27. Используя данные предыдущей задачи, определить напряженность и потенциал поля, создаваемого зарядами  $q_1$  и  $q_2$ , в точке, которая находится на расстоянии 50 см от каждого заряда.
  28. Найти напряженность поля в точке, в которой на заряд  $5 \cdot 10^{-9}$  Кл действует сила  $3 \cdot 10^{-4}$  Н. Найти заряд, создающий поле, если рассматриваемая точка удалена от него на 10 см.
  29. Используя данные и результаты расчетов предыдущей задачи, найти потенциал электростатического поля в точке, удаленной от зарядов  $q_1$  и  $q_2$  на расстояние 20 см.
  30. Имеется плоский конденсатор, разность потенциалов между пластинами которого  $\Delta\varphi$ , а расстояние между ними  $d$ . Диэлектриком между обкладками конденсатора служит вакуум. От пластин конденсатора по одной силовой линии одновременно начали двигаться протон и электрон. На каком расстоянии от отрицательной пластины они встретятся? Масса протона в 1840 раз больше массы электрона, заряды электрона и протона по абсолютной величине равны.

31. В проводнике сопротивлением  $2 \text{ Ом}$ , подключенном к элементу с ЭДС  $1,1 \text{ В}$ , идет ток  $0,5 \text{ А}$ . Какова сила тока при коротком замыкании элемента?
32. По проводнику сопротивлением  $3 \text{ Ом}$  течет равномерно возрастающий ток. Количество теплоты, выделившееся в проводнике за  $1 \text{ мин}$ , равно  $2000 \text{ Дж}$ . Определить заряд, прошедший через проводник за это время, если в момент времени, принятый за начальный, ток в проводнике был равен нулю.
33. Два источника тока:  $\mathcal{E}_1 = 14 \text{ В}$  с внутренним сопротивлением  $r_1 = 2 \text{ Ом}$  и  $\mathcal{E}_2 = 6 \text{ В}$  с внутренним сопротивлением  $r_2 = 4 \text{ Ом}$  соединены, как это показано на рисунке. Определить силы токов в реостате в источниках тока. Сопротивление реостата  $R = 100 \text{ Ом}$



34. В однородное магнитное поле напряженностью  $1000 \text{ А/м}$  помещен прямой проводник длиной  $20 \text{ см}$ . Определить силу, действующую на проводник, если по нему течет ток  $50 \text{ А}$ , а угол между направлением тока и вектором напряженности  $30^\circ$ . К решению задачи приложить рисунок, на котором указать направление силы.
35. Электрон влетает в однородное магнитное поле напряженностью  $1200 \text{ А/м}$ . Определить период его вращения в магнитном поле. К задаче приложить рисунок.
36. Плоский контур с током, представляющий собой прямоугольник со сторонами  $10$  и  $20 \text{ см}$  помещен в однородное магнитное поле, индукция которого  $7 \cdot 10^{-3} \text{ Тл}$ . По контуру течет ток  $5 \text{ А}$ . Найти момент сил, действующий на контур с током, если его плоскость составляет угол  $100^\circ$  с линиями поля. К задаче представить рисунок.
37. Используя условие предыдущей задачи, определить, какую работу нужно совершить, чтобы угол между плоскостью контура и линиями поля составил  $120^\circ$ ?
38. Какая мощность необходима для того, чтобы проводник длиной  $40 \text{ см}$  перемещать со скоростью  $5 \text{ м/с}$  перпендикулярно магнитному полю напряженностью  $100 \text{ А/м}$ , если по проводнику идет ток  $20 \text{ А}$ .
39. В однородном магнитном поле, индукция которого  $0,15 \text{ Тл}$ , вращается прямоугольная рамка размерами  $200 \text{ мм} \times 400 \text{ мм}$ . Рамка содержит  $850$  витков. Найти зависимость ЭДС индукции от времени, если период вращения рамки составляет  $0,02 \text{ с}$ . Чему равно максимальное значение ЭДС индукции.
40. В цепь переменного тока напряжением  $220 \text{ В}$  и частотой  $50 \text{ Гц}$  включены последовательно емкость  $35,4 \text{ мкФ}$ , активное сопротивление  $100 \text{ Ом}$  и индуктивность  $0,7 \text{ Гн}$ . Найти силу тока и мощность в цепи, падение напряжения на емкости, омическом сопротивлении и индуктивности.
41. Во сколько раз увеличится масса протона при ускорении его от начальной скорости, равной нулю, до скорости равной  $0,85$  скорости света.
42. Луч света падает на плоскую границу раздела двух сред, частично отражается и частично преломляется. Определите угол падения, при котором отраженный луч перпендикулярен преломленному лучу.
43. Два когерентных источника испускают монохроматический свет с длиной волны  $0,6 \text{ мкм}$ . Определить на каком расстоянии от точки, расположенной на равном рас-

стоянии от источников, будет первый максимум освещенности. Экран удален от источников на 3 м, расстояние между источниками 0,5 мм.

44. Предмет находится на расстоянии 20 см от собирающей линзы с фокусным расстоянием 15 см. Найдите расстояние от изображения до линзы.
45. Дифракционная решетка шириной 4 см имеет 2000 штрихов и освещается нормально падающим не монохроматическим светом. На экране, удаленном на расстояние 50 см, максимум второго порядка удален от центрального на 3,35 см. Найдите длину волны света.
46. Длина волны, соответствующая максимуму энергии излучения в спектре абсолютно черного тела, равна 500 нм. Излучающая поверхность равна 5 см<sup>2</sup>. Определите мощность излучения.
47. Красная граница фотоэффекта для некоторого металла равна 500 нм. Определите минимальное значение энергии фотона, вызывающего фотоэффект.
48. Давление монохроматического света с длиной волны 500 нм на зачерненную поверхность, расположенную перпендикулярно падающему излучению, равно 0,15 мкПа. Определите число фотонов, падающих на поверхность площадью 40 см<sup>2</sup> за одну секунду.
49.  $\alpha$  - частица движется по окружности радиусом 0,83 см в однородном магнитном поле, напряженность которого равна 19 900 А/м. Найдите длину волны де Бройля для  $\alpha$  - частицы.
50. Какой изотоп получится из актиния  ${}_{89}\text{Ac}^{225}$  после трех  $\alpha$  - распадов и одного  $\beta$  - распада. Определите активность  $10^{-7}$  г актиния - 225, если период полураспада 10 дней.

### 3.5 Перечень лабораторных работ по дисциплине

#### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.1

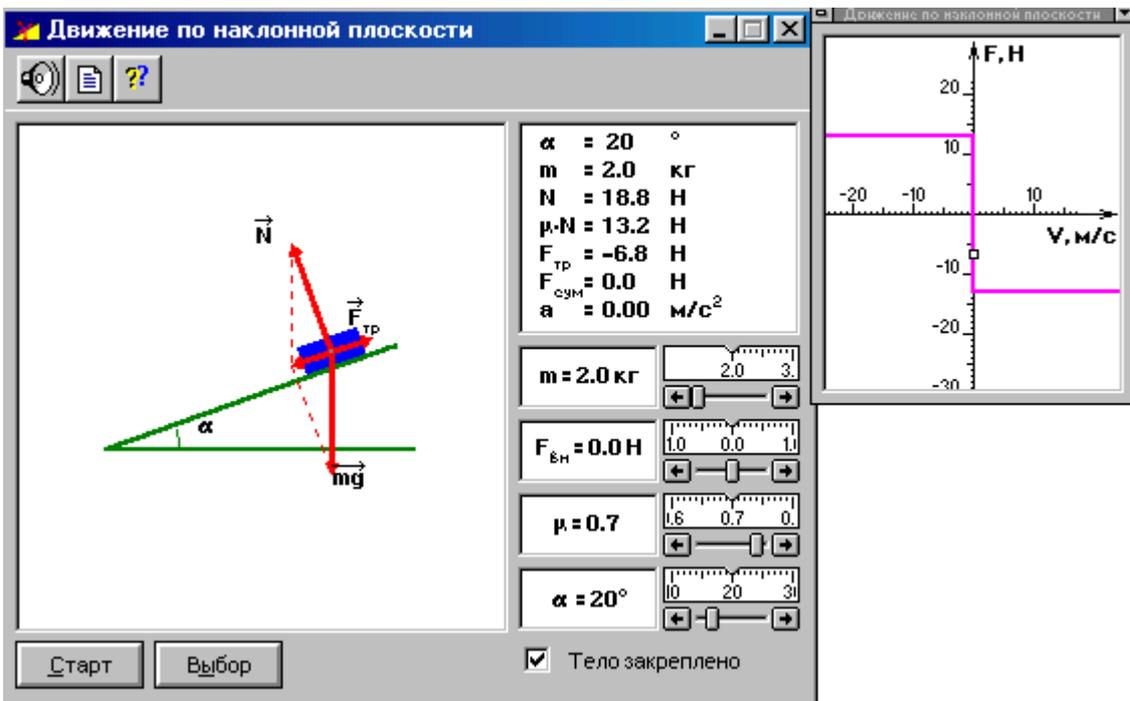
#### ***ПРОВЕРКА ЗАКОНА СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ***

##### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с применением физических моделей - консервативная и диссипативная механическая система.
- Экспериментальная проверка закона сохранения механической энергии в консервативных и диссипативных системах.

##### ***МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ***

Внимательно рассмотрите окно опыта. Найдите все регуляторы и другие основные элементы. Зарисуйте в свой конспект схему опыта.



После нажатия мышью кнопки «Выбор» установите с помощью движков регуляторов значения массы тела  $m$ , угла наклона плоскости  $\alpha$ , внешней силы  $F_{вн}$ , коэффициента трения  $\mu$  и ускорения  $a$ , указанных в табл. 1 для вашей бригады.

Потренируйтесь в синхронном включении секундомера и снятия метки «тело закреплено» одиночным щелчком курсора мыши на кнопке в правом нижнем углу окна опыта. Одновременно включите секундомер и снимите метку «тело закреплено». Выключите секундомер в момент остановки тела в конце наклонной плоскости.

Проделайте этот опыт 10 раз и результаты измерения времени соскальзывания тела с наклонной плоскости запишите в табл. 2.

ТАБЛИЦА 1. Исходные параметры опыта

№ бриг.	1	2	3	4	5	6	7	8
$m, \text{ кг}$	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	2,9	2,7
$\mu$	0,10	0,14	0,18	0,22	0,26	0,30	0,34	0,38
$\alpha, \text{ град}$	20	24	26	30	34	38	42	46
$F_{вн}, \text{ Н}$	-4	-3	-2	-1	1	2	3	4
$a, \text{ м/с}^2$								

ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений и расчётов

№ изм.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Сред. знач.	Погреш.
$t, \text{ с}$												
$v, \text{ м/с}$												
$S, \text{ м}$												
$W_{к}, \text{ Дж}$												
$W_{п}, \text{ Дж}$												
$A_{тр}, \text{ Дж}$												
$A_{вн}, \text{ Дж}$												
$W_{полн}, \text{ Дж}$												

## ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА

Вычислите по формулам:

а)  $v=at$  - скорость тела в конце наклонной плоскости;

б)  $S = \frac{at^2}{2}$  - длину наклонной плоскости;

в)  $W_k = \frac{mv^2}{2} = \frac{ma^2t^2}{2}$  - кинетическую энергию тела, в конце наклонной плоскости;

г)  $W_n = mgh = mgS \sin \alpha = mg \frac{at^2}{2} \sin \alpha$  - потенциальную энергию тела в верхней точке наклонной плоскости;

д)  $A_{mp} = F_{mp} S \cos \vartheta = \mu NS \cos \vartheta = -\mu mg \cos \alpha \frac{at^2}{2}$  - работу силы трения на участке спуска;

е)  $|A_{\text{вн}}| = |F_{\text{вн}} S \cos \vartheta| = \left| F_{\text{вн}} \frac{at^2}{2} \right|$  - работу внешней силы на участке спуска и запишите эти

значения в соответствующие строки табл. 2.

Вычислите средние значения этих параметров и запишите их в столбец «средние значения» табл.2.

По формуле (\*) проверьте выполнение закона сохранения механической энергии при движении тела по наклонной плоскости, рассчитайте погрешности и сделайте выводы по результатам проведённых опытов.

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Дайте определение силы.
2. Что такое физическое поле?
3. Какие силы называются центральными?
4. Что такое равнодействующее сила?
5. Что такое механическая система?
6. Что такое замкнутая механическая система?
7. Дайте определение массы, импульса и плотности.
8. Сформулируйте первый закон Ньютона.
9. Дайте определение понятия инертности.
10. Сформулируйте второй закон Ньютона.
11. Объясните принцип независимости действия сил.
12. Сформулируйте третий закон Ньютона.
13. Что такое центра масс? Закон движения центра масс.
14. Закон сохранения импульса.
15. Закон движения центра масс.
16. Что такое вес тела, невесомость?
17. Силы упругости и силы трения.
18. Дайте определение механической энергии и работы силы.
19. Консервативные и неконсервативные силы.
20. Кинетическая и потенциальная энергия.
21. Закон сохранения энергии.
22. Консервативные и диссипативные системы.

### Литература

1. Трофимова Т.И. Курс физики. Гл.3, §§12,13.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. Гл.3, §§3.1-3.4.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.2

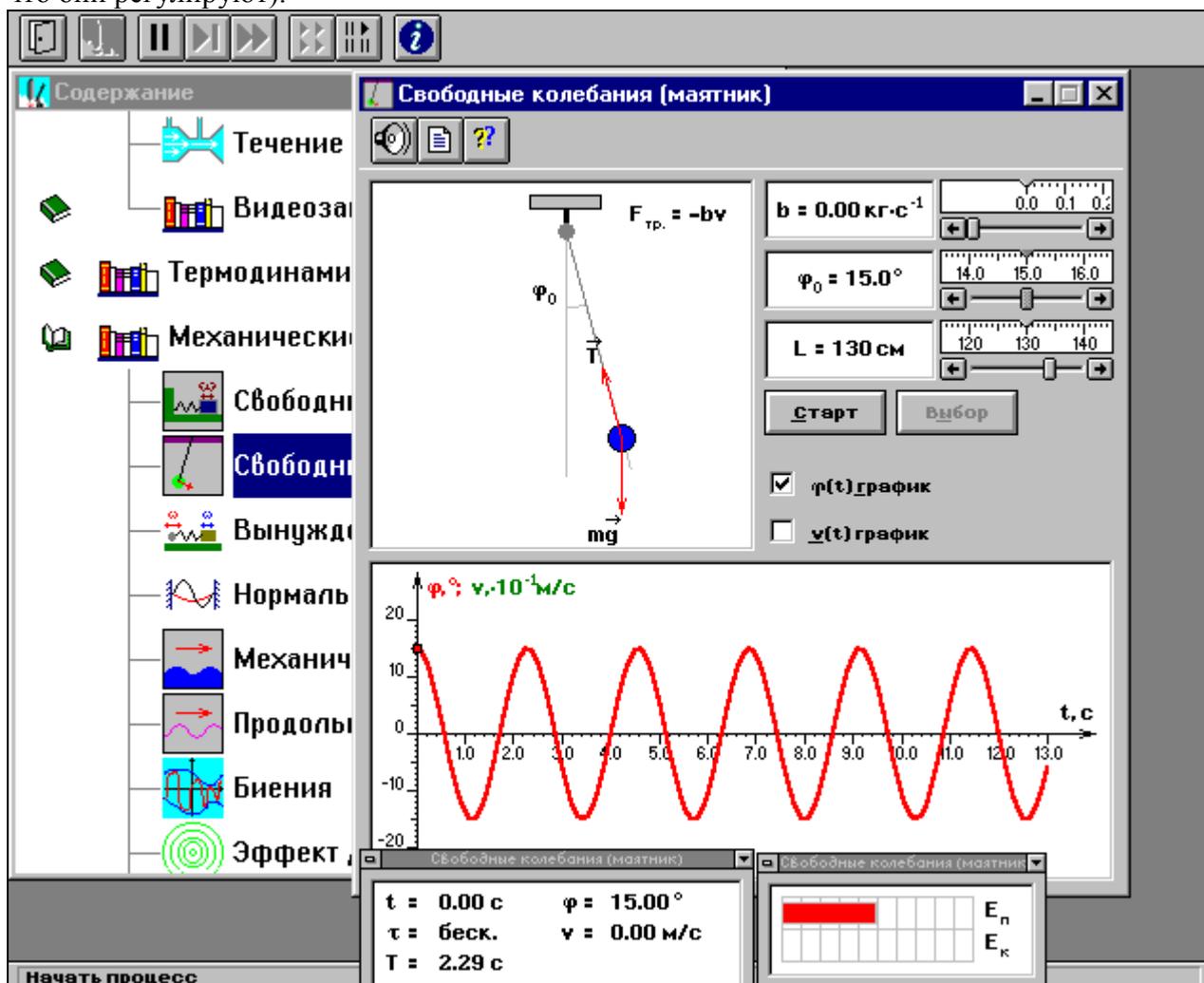
### МЕХАНИЧЕСКИЕ КОЛЕБАНИЯ

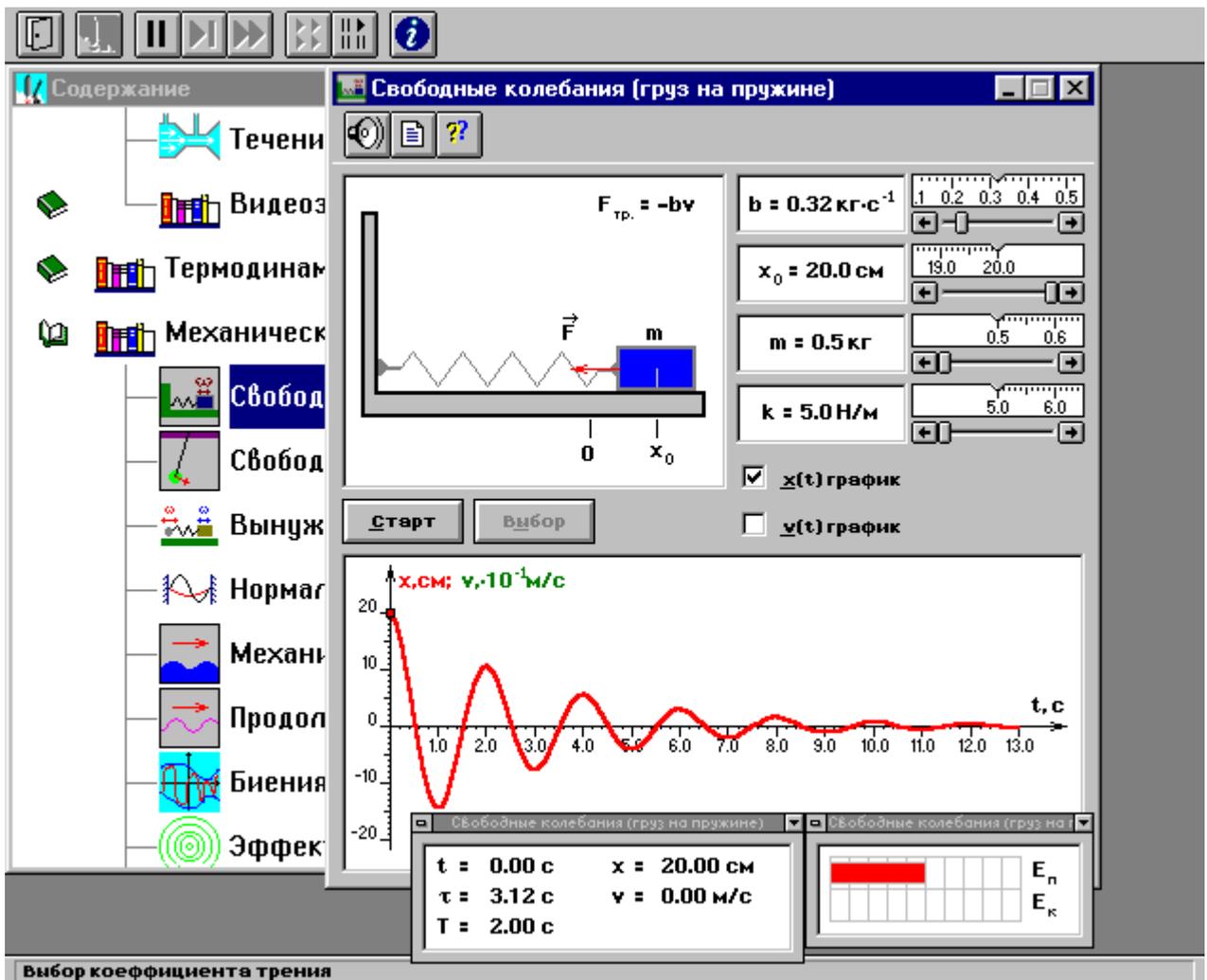
#### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Выбор физических моделей для анализа движения тел.
- Исследование движения тела под действием квазиупругой силы.
- Экспериментальное определение зависимости частоты колебаний от параметров системы.

#### МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

Внимательно рассмотрите рисунки, найдите все регуляторы и другие основные элементы. Зарисуйте поле движения тела с регуляторами соответствующих параметров (укажите, что они регулируют).





### ЭКСПЕРИМЕНТ 1.

Выберите «Маятник». Установите с помощью движков регуляторов максимальную длину нити  $L$  и значения коэффициента затухания и начального угла, указанные в табл. 1 для вашей бригады.

Нажимая мышью на кнопку «СТАРТ», следите за движением точки на графиках угла и скорости и за поведением маятника. Потренируйтесь, останавливая движение кнопкой «СТОП» (например, в максимуме смещения), и запуская далее кнопкой «СТАРТ». Выберите число полных колебаний  $N = 1 - 3$  и измерьте их продолжительность  $\Delta t$  (как разность  $t_2 - t_1$  из таблицы на экране).

**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

Приступайте к измерениям длительности  $\Delta t$  для  $N$  (1-3) полных колебаний, начиная с максимальной длины (150 см) нити маятника и уменьшая ее каждый раз на 10 см (до минимальной длины 80 см). Длину нити  $L$  и результаты измерений длительности  $\Delta t$  записывайте в таблицу 2, образец которой приведен ниже.

### ЭКСПЕРИМЕНТ 2

Выберите «Груз на пружине». Установите массу груза, значение коэффициента затухания и начальное смещение, указанные в табл. 1 для вашей бригады. Проведите измерения, аналогичные эксперименту 1, увеличивая коэффициент жесткости  $k$  каждый раз на 1 Н/м.

**Таблица 1.** Значения коэффициента затухания (вязкого трения), начального угла отклонения (для первого эксперимента) и начального отклонения (для второго).

Номер бригады	b (кг/с)	$\varphi_0$ (°)	$X_0$ (см)	m (кг)	Номер бригады	b (кг/с)	$\varphi_0$ (°)	$X_0$ (см)	m (кг)
1	0.18	20	10	0.5	5	0.16	14	14	0.7
2	0.20	18	18	0.6	6	0.14	16	16	0.8
3	0.22	16	16	0.7	7	0.12	18	18	0.9
4	0.24	14	14	0.8	8	0.10	20	10	1.0

**Таблица 2. Результаты измерений**

Номер измерения	N=			
	L(м)	$\Delta t$ (с)	T(с)	$T^2$ (с <sup>2</sup> )
1	1.5			
2	1.4			
3	1.3			
4	1.2			
5	1.1			
6	1.0			
7	0.9			
8	0.8			

**Таблица 3. Результаты измерений**

Номер измерения	N=				
	k(Н/м)	$\Delta t$ (с)	T(с)	$\omega$ (1/с)	$\omega^2$ (1/с <sup>2</sup> )
1	5				
2	6				
3	7				
4	8				
5	9				
6	10				

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Вычислите требуемые величины и заполните таблицы 2 и 3.

Постройте графики зависимости

- квадрата периода колебаний от длины нити ММ,
- квадрата циклической частоты колебаний от жесткости пружины ПМ.

По наклону графика  $T^2 = f(L)$  определите значение  $g$ , используя формулу

$$g = 4\pi^2 \frac{\Delta L}{\Delta(T^2)}. \text{ Оцените абсолютную ошибку определения } g.$$

По наклону графика  $\omega^2 = f(k)$  определите значение  $m$  используя формулу

$$m = \frac{\Delta(k)}{\Delta(\omega^2)}. \text{ Оцените абсолютную ошибку определения } m.$$

Проанализируйте ответ и графики.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Какое движение называется колебательным? Какие колебания называются свободными, гармоническими, вынужденными?

2. Дайте определение периода колебаний.
3. Дайте определение частоты колебаний.
4. Дайте определение гармонических колебаний.
5. Дайте определение амплитуды гармонических колебаний.
6. Дайте определение фазы гармонических колебаний.
7. Дайте определение начальной фазы гармонических колебаний.
8. Что называется гармоническим осциллятором? Приведите примеры гармонического осциллятора.
9. Напишите уравнение связи частоты, циклической частоты и периода гармонических колебаний.
10. Напишите формулу зависимости скорости МТ от времени при гармонических колебаниях.
11. Напишите формулу зависимости ускорения МТ от времени при гармонических колебаниях.
12. Напишите уравнения связи амплитуды смещения и амплитуды ускорения при гармонических колебаниях МТ.
13. Напишите дифференциальное уравнение свободных гармонических колебаний МТ.
14. Дайте определение математического маятника.
15. Запишите формулу циклической частоты свободных колебаний математического маятника.
16. Дайте определение пружинного маятника.
17. Запишите формулу циклической частоты свободных колебаний пружинного маятника.
18. Дайте определение физического маятника.
19. Запишите формулу циклической частоты свободных колебаний физического маятника.
20. Напишите дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний МТ.
21. Что определяет коэффициент затухания? Чему равен коэффициент затухания пружинного маятника?
22. Что называется временем релаксации?
23. Что такое логарифмический декремент затухания, добротность системы?
24. Какие колебания называются вынужденными?
25. Запишите дифференциальное уравнение вынужденных колебаний и его решение.
26. Что такое резонанс?
27. При каком затухании резонанс будет более резким?

#### ***ЛИТЕРАТУРА***

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Гл.18, §§ 140-148.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000. Гл.27-28, §§ 27.1-28.2.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.3

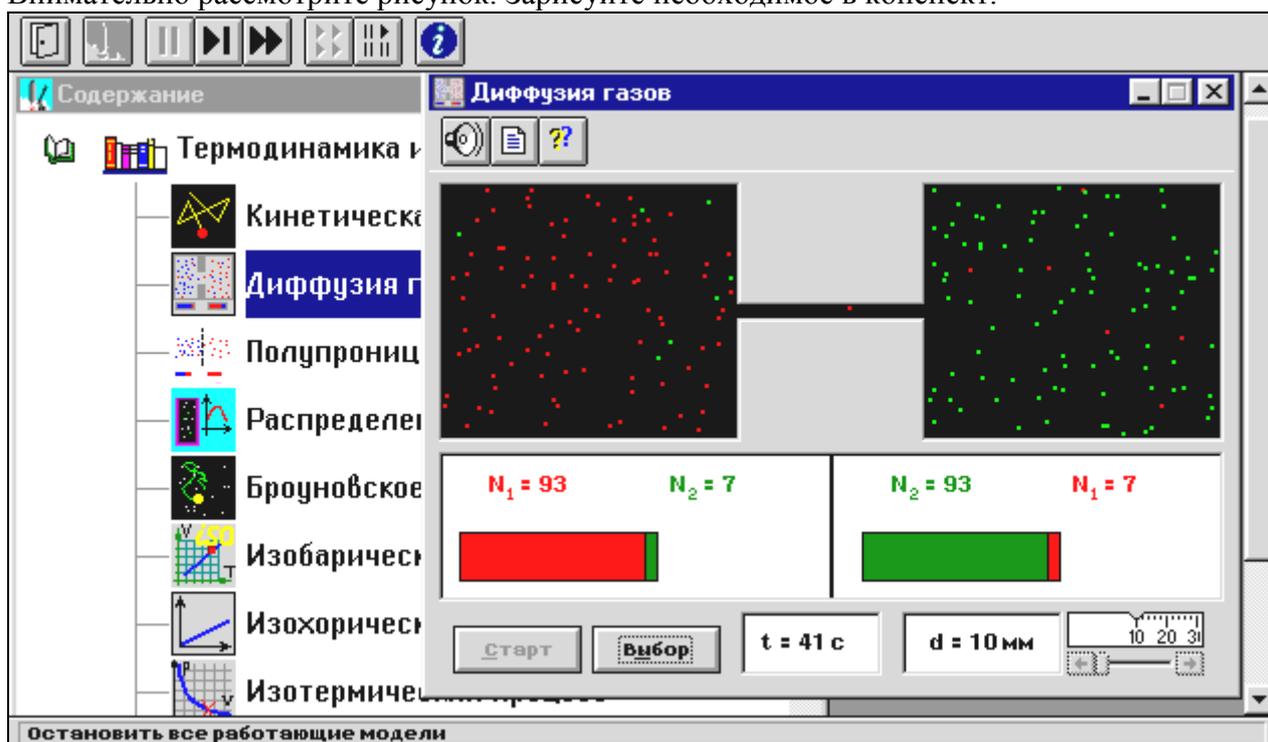
#### ***ДИФФУЗИЯ В ГАЗАХ***

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с компьютерной моделью, описывающей диффузию молекул идеального газа
- Экспериментальное подтверждение закона диффузии.
- Экспериментальное определение средней скорости теплового движения частиц в данной модели.

#### ***МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ***

Внимательно рассмотрите рисунок. Зарисуйте необходимое в конспект.



Обратите внимание на 2 системы частиц, находящихся в начальный момент в левом (красные) и в правом (зеленые) объемах. Они абсолютно упруго сталкиваются друг с другом и со стенками сосуда. Количество частиц  $N_0$  каждой компоненты равно 100 и данная система является хорошей “механической” моделью идеального газа.

Нажмите мышью кнопку «Старт» во внутреннем окне экрана.

В процессе исследований можно останавливать движение всех молекул (при нажатии кнопки «| |» сверху во внешнем окне) и получать как бы “мгновенные фотографии”. Для продолжения наблюдений надо нажать кнопку «▶▶», расположенную сверху во внешнем окне. Количество частиц подсчитывается автоматически и высвечивается над соответствующими столбиками. Для установки нового диаметра трубки надо нажать «▶▶» сверху во внешнем окне и кнопки «Старт» и «Выбор» внизу во внутреннем окне.

**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**

### **ИЗМЕРЕНИЯ:**

**ЭКСПЕРИМЕНТ. Исследование диффузии частиц через тонкую трубку, соединяющую два объема.**

Нажмите кнопку <СТАРТ> и через  $\Delta t$  секунд после начала процесса нажмите кнопки «| |» сверху во внешнем окне. Результат запишите в таблицу 2. Нажмите кнопку «▶▶». Через  $\Delta t$  секунд, нажав «| |», получите еще одну “мгновенную фотографию” и запишите количество частиц.

Закончив измерения с данной трубкой, установите второе значение диаметра соединительной трубки  $d_2$  из табл.1 и повторите измерения, записывая результат в таблицу 3, аналогичную табл.2.

**ТАБЛИЦА 1. Значения диаметров соединительной трубки, длительности промежутка измерения и сорта частиц.**

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
d <sub>1</sub> , мм	10	12	14	16	10	12	14	16
d <sub>2</sub> , мм	20	22	24	26	28	30	32	34
Δt, с	15	15	15	15	10	10	10	10
Сорт	красн	зелен	красн	зелен	красн	зелен	красн	зелен
Объем	справа	слева	справа	слева	справа	слева	справа	слева

**ОБРАЗЕЦ ТАБЛИЦ 2,3 для записи результатов:**

t[с]=	Δt	2Δt	3Δt	4Δt	5Δt	6Δt	7Δt	8Δt	9Δt	10Δt
N(t)=										
$1 - \frac{2N(t)}{N_0}$										
$-\ln\left(1 - \frac{2N(t)}{N_0}\right)$										

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Вычислите и запишите в таблицы все указанные значения.

Постройте на одном рисунке графики экспериментальных зависимостей

$$-\ln\left(1 - \frac{2N(t)}{N_0}\right) = f(t) \text{ и, используя формулу } D = -\frac{2L_{\text{отв}}V}{\pi d^2} \frac{\Delta\left(\ln\left(1 - \frac{2N(t)}{N_0}\right)\right)}{\Delta t}, \text{ определите}$$

по графикам коэффициенты диффузии для каждого отверстия. Длину отверстия  $L_{\text{отв}}$  измерьте линейкой на экране монитора, объем сосуда  $V = 20 \text{ см}^3$ .

Найдите среднее значение коэффициента диффузии и, используя соотношение

$$D = \frac{1}{3} v_{\text{ср}} \lambda_{\text{ср}}, \text{ найдите среднюю скорость теплового движения } v_{\text{ср}} \text{ частиц } (\lambda_{\text{ср}} = 2 \text{ см}).$$

Сделайте выводы по графику и ответу. В выводе по ответу сравните полученное экспериментально значение  $v_{\text{ср}}$  с величиной скорости, оцененной «на глаз».

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что происходит с макросистемой при нарушении равновесия?
2. Дайте определение явления переноса.
3. Назовите примеры явлений переноса.
4. Что такое теплопроводность?
5. Запишите закон Фурье.
6. Что такое градиент температуры?
7. Что такое внутреннее трение?
8. Запишите закон Ньютона.
9. Что показывает градиент скорости?
10. Дайте определение явления диффузии.

11. Запишите закон Фика.
12. Что такое плотность потока массы?
13. Чем обусловлена диффузия?
14. В чем проявляется диффузия?
15. Какая диффузия называется одномерной?
16. Что такое самодиффузия?
17. Напишите уравнение одномерной диффузии для двухкомпонентной системы газов.
18. Что такое длина свободного пробега частицы?
19. Что такое эффективный диаметр и эффективное сечение частицы?
20. Какое уравнение связывает среднюю скорость с коэффициентом диффузии?
21. Чем обусловлено внешнее сходство математических выражений, описывающих явления переноса?

### *литература*

3. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Гл.18, §§ 140-148.
4. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000. Гл.27-28, §§ 27.1-28.2.

## **ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.4**

### ***АДИАБАТИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС***

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

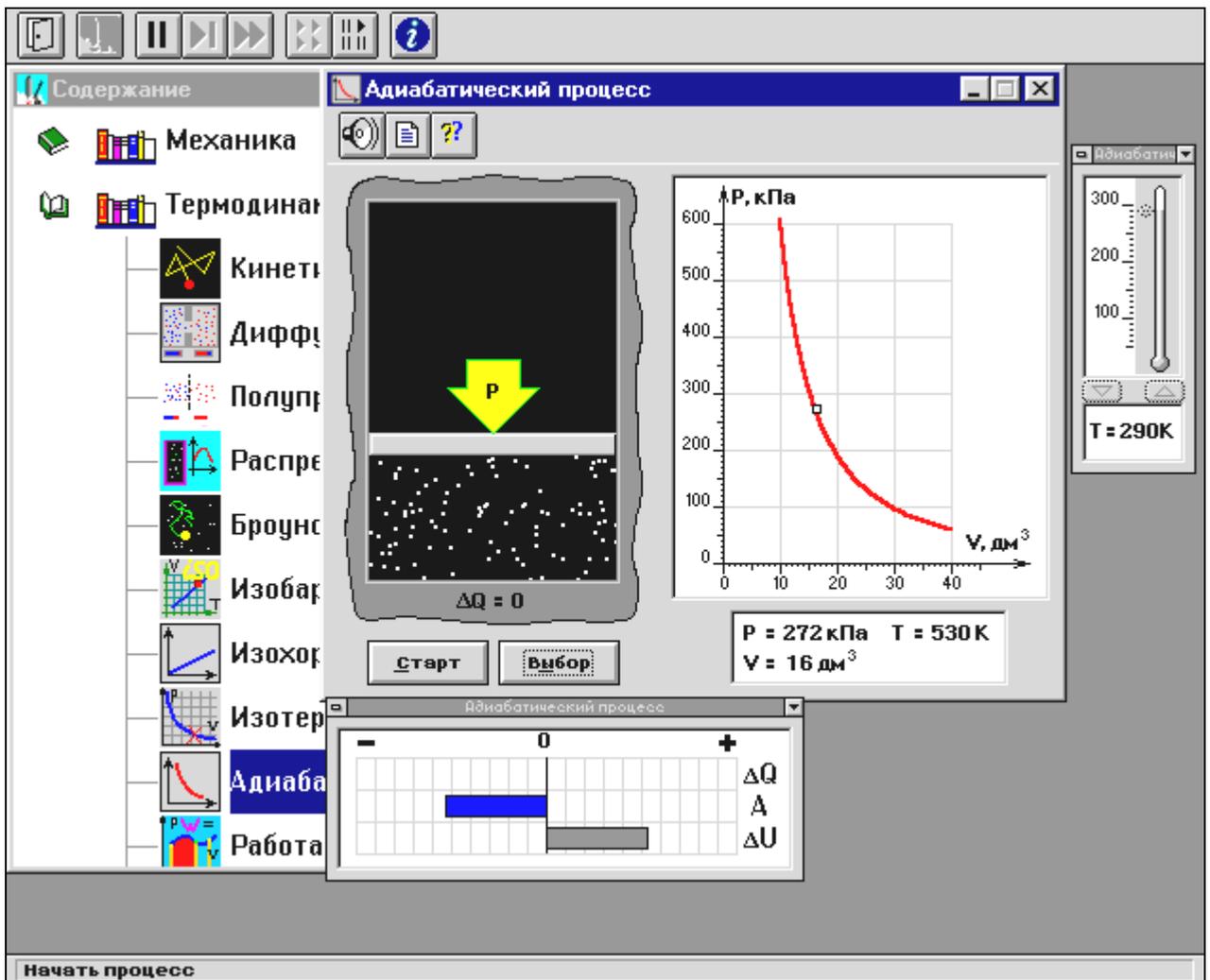
- Знакомство с компьютерной моделью, описывающей адиабатический процесс в идеальном газе.
- Экспериментальное подтверждение закономерностей адиабатического процесса.
- Экспериментальное определение показателя адиабаты, количества степеней свободы и структуры молекул газа в данной модели.

#### ***МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ***

Внимательно рассмотрите картинку на рисунке, найдите рисунок элемента, в котором реализуется адиабатический процесс, обратите внимание на его теплоизоляцию. Найдите математическую формулировку условия теплоизоляции. Ознакомьтесь с графиками в правой части изображения.

Зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.

**Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.**



### **ИЗМЕРЕНИЯ:**

Установите начальное значение объема  $V_{\text{нач}} = 40 \text{ дм}^3$  и начальную температуру  $T_1$  газа, близкую к числам из табл.1. Для этого нажмите кнопку «ВЫБОР», переместите маркер мыши так, чтобы его острое находилось в указанной точке вблизи границы столбика на градуснике, и коротко нажмите и удерживая левую кнопку мыши двигайте столбик.

Нажмите мышью кнопку «СТАРТ» на экране и наблюдайте перемещение поршня на левой картинке модели и перемещение точки по красной кривой теоретической адиабаты. Попробуйте останавливать процесс нажатием кнопки «СТОП». Последующий запуск процесса осуществляется нажатием кнопки «СТАРТ».

После автоматической остановки процесса запустите его снова, нажав кнопку «СТАРТ», и останавливайте, нажимая кнопку «СТОП», когда крестик на теоретической адиабате (красная кривая) будет находиться вблизи следующих значений объема: 15, 20, 25, 30, 35 и 40  $\text{дм}^3$  (6 значений), записывая при остановке значения объема, температуры и давления в таблицу 2.

Установите новое значение температуры  $T_2$ , взяв его из таблицы 1, задавая  $V_{\text{нач}} = 40 \text{ дм}^3$  и повторите измерения, записывая результаты в таблицу 3.

**ТАБЛИЦА 1. Начальные значения температуры (не перерисовывать)**

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
$T_1$	50	70	100	120	140	170	200	220
$T_2$	230	240	250	260	270	280	290	300

**ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений**

T[K]						
V[дм <sup>3</sup> ]						
p[кПа]						

**ТАБЛИЦА 3. Результаты измерений**

T[K]						
V[дм <sup>3</sup> ]						
p[кПа]						

**ТАБЛИЦА 4. Результаты вычислений**

ln V						
ln p <sub>1</sub>						
ln p <sub>2</sub>						

**ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Постройте на одном рисунке графики экспериментальных зависимостей логарифма давления от логарифма объема для обеих адиабат (указав на них начальные температуры).

Для каждой адиабаты определите по графику экспериментальное значение показателя,

используя формулу 
$$\gamma = -\frac{\Delta(\ln p)}{\Delta(\ln V)}$$
.

Определите число степеней свободы молекулы газа, исследуемого в данной компьютерной модели.

Подберите распространенный газ, структура молекулы которого близка к наблюдаемой.

Запишите ответы и проанализируйте ответы и графики.

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Внутренняя энергия термодинамической системы.
2. Число степеней свободы и распределение энергии по степеням свободы.
3. Первое начало термодинамики.
4. Работа в термодинамике.
5. Что такое равновесные и неравновесные процессы?
6. Дайте определение удельной и молярной теплоемкости вещества.
7. Напишите формулу для теплоемкости при постоянном объеме.
8. Напишите формулу для теплоемкости идеального газа при постоянном давлении.
9. Что такое коэффициент Пуассона?
10. Дайте определение изопроцесса. Перечислите известные изопроцессы.
11. Напишите уравнение для работы и нарисуйте PV-диаграмму изотермического процесса.
12. Напишите уравнение для работы и нарисуйте PV-диаграмму изобарического процесса.
13. Напишите уравнение для работы и нарисуйте PV-диаграмму изохорического процесса.
14. Дайте определение адиабатического процесса. Что такое показатель адиабаты?
15. Напишите уравнение адиабатического процесса.
16. Напишите формулу связи показателя адиабаты с числом степеней свободы молекулы идеального газа.

17. Напишите уравнение для работы и нарисуйте  $PV$ -диаграмму адиабатического процесса.
18. Политропический процесс, уравнение политропы.
19. Какой процесс называется обратимым?
20. Что такое цикл?
21. Чему равен термический коэффициент полезного действия для кругового процесса?
22. Обратимый и необратимый процессы.
23. Понятие энтропии. Неравенство Клаузиуса.
24. Изменение энтропии в процессах идеального газа.
25. Термодинамическая вероятность. Формула Больцмана.
26. Второе начало термодинамики.

### *литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Гл.18, §§ 140-148.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000. Гл.27-28, §§ 27.1-28.2.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 1.5

### *ДЕФОРМАЦИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА*

#### Цель работы:

Выработать умение определять модули упругости твёрдых тел.

#### *МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ*

Значение модуля упругости удобно определять по изгибу образца. Образец размещают на опорах (рис.6). Затем к середине образца подвешивают груз  $P$ . В этом случае нижняя часть образца испытывает деформацию - растяжения, а верхняя - деформацию сжатия. При этом середина образца испытывает перемещение  $\lambda$ , называемое стрелой прогиба (рис.7).

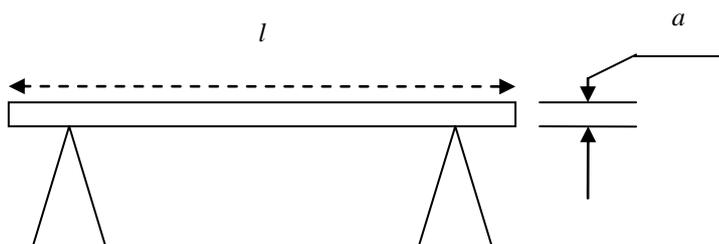


Рисунок 6

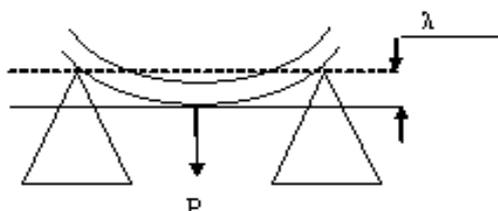


Рисунок 7

В теории сопротивления материалов показывается, что для образцов в виде пластины модуль упругости определяется следующей формулой:

$$E = \frac{P \cdot l^3}{4 \cdot \lambda \cdot b \cdot a^3} \quad (1)$$

Где:

$E$  – модуль упругости (Па);

$P$  – ( $P = m \cdot g$ ) вес нагрузки (Н);

$l$  – длина образца (между опорами) (м);

$\lambda$  – стрела прогиба (м);

$b$  – ширина образца (м);

$a$  – толщина образца (м).

Для измерения модуля упругости применяется экспериментальная установка, изображенная на рис. 8.

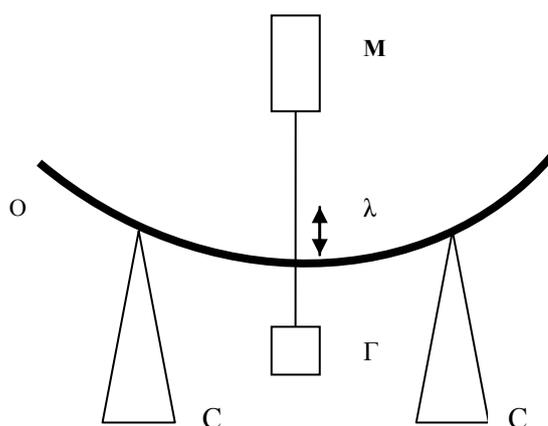


Рисунок 8

М - микрометр для измерения стрелы изгиба;

О - образец;

С - стойки;

Г - грузики.

Экспериментальный образец помещают на неподвижные стойки. Расстояние между стойками принимается равным длине образца. Подводят стержень микрометра до соприкосновения с образцом - показание  $n_1$ ; делаем нагрузку на стержень и подводим стержень микрометра вновь до соприкосновения с образцом – показание  $n_2$ , определяют стрелу прогиба по формуле:  $\lambda = n_2 - n_1$

## ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЕ РАБОТЫ

1. Штангенциркулем измерьте ширину, толщину и длину образца. Каждое измерение делайте в разных местах, и среднее значение запишите в таблицу.
2. Подведите стержень микрометра к образцу. Снимите показания микрометра  $n_1$ .
3. Последовательно нагружая образец грузами, подводите стержень микрометра к образцу и, измерив положение образца  $n_2$ , вычисляйте стрелу прогиба  $\lambda$ .
4. Вычисляйте модуль упругости для каждого образца по формуле (1).
5. Опыт повторите не менее 5 раз
6. Рассчитайте абсолютную погрешность  $\Delta E$ :

$$\Delta E_i = \Delta_{\text{сл}} E_i + \Delta_{\text{пр}} E_i$$

$$\Delta_{\text{сл}} E_i = |E_i - E_{i \text{ ср}}|$$

$$\Delta_{\text{пр}} E_i = \delta_E \cdot E_i$$

$$\delta_E = \frac{3\Delta l}{l} + \frac{\Delta \lambda}{\lambda} + \frac{\Delta b}{b} + \frac{3\Delta a}{a}$$

Таблица 1.

№	$l, м$	$b, м$	$a, м$	$P, Н$	$\lambda, м$	$E, Па$	$\Delta E, Па$
1							
2							
3							
4							
5							
ср				X	X		

### Вопросы и задания для самоконтроля

1. Какие виды твердых тел существуют?
2. Что такое изотропность?
3. Приведите примеры аморфных тел.
4. Что такое кристаллическая решетка?
5. Что такое элементарная ячейка?
6. Что такое монокристаллы и поликристаллы?
7. Что такое полиморфизм?
8. Перечислите основные виды кристаллических решеток.
9. Что называется деформацией?
10. Какие существуют виды и типы деформации?
11. Что такое относительное удлинение?
12. Что такое механическое напряжение?
13. Изобразите диаграмму растяжения твердого тела.
14. Сформулируйте закон Гука.
15. Что такое предел пропорциональности?
16. Что такое предел упругости?
17. Что такое текучесть материала?
18. Что такое предел прочности?
19. Чем отличается упругая деформация от пластической (остаточной)?
20. Чем отличаются пластичные материалы от хрупких?
21. Что такое модуль сдвига и модуль всестороннего сжатия?
22. Что определяет скорость звука в веществе?

*Литература*

5. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001.
6. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №1.6

### МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ ЖИДКОСТИ

- Цель работы:**
1. Изучить различные методы определения вязкости жидкостей.
  2. Научиться определять коэффициент вязкости жидкостей методом Стокса.

### МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЯЗКОСТИ МЕТОДОМ СТОКСА

1. Измерить микрометром диаметр самого маленького шарика (измеряют три диаметра одного шарика и берут среднее значение);
2. Осторожно опустить шарик через отверстие в крышке;
3. Одновременно с опусканием шарика в отверстие фиксируем глазом верхнюю метку. Кольцо должно сливаться в прямую линию;
4. При прохождении шарика через верхнюю метку включить секундомер;
5. Сразу же после прохождения шарика через верхнюю метку фиксируем глаз на нижней метке;
6. При прохождении шарика через нижнюю метку выключить секундомер;
7. По формуле (18) рассчитайте коэффициент вязкости. Опыт провести 5 раз и результаты внести в таблицу 2.
8. Сравните полученные результаты с табличными данными. Сделайте выводы.

Таблица 2.

№ п/п	d (м)	ℓ (м)	t (с)	ρ (кг/м <sup>3</sup> )	ρ <sub>ж</sub> (кг/м <sup>3</sup> )	g (м/с <sup>2</sup> )	η (Па·с)	Δη (Па·с)
1								
2								
3								
4								
5								

#### Контрольные вопросы

1. Что такое вязкость жидкости?
2. Записать формулу Ньютона для силы внутреннего трения.
3. Что такое коэффициент динамической вязкости?
4. Чем отличается ламинарное течение от турбулентного?
5. Что такое кинематическая вязкость?
6. Что такое поток жидкости?
7. Запишите закон Пуазейля для скорости ламинарного течения.
8. В чем сущность метода Стокса?

9. Назвать силы, действующие на тело, движущееся в вязкой среде и указать их направление.
10. Первый закон Ньютона и его применение в данной лабораторной работе.
11. Качественное влияние температуры на коэффициент вязкости в жидкостях и газах.
12. Возможные применения метода Стокса.
13. Опишите капиллярный метод определения вязкости.
14. В чем сущность ротационного метода определения вязкости?

#### *Литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Детлаф А.А.,
2. Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.1 ***ТЕОРЕМА ОСТРОГРАДСКОГО – ГАУССА ДЛЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ В ВАКУУМЕ***

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с графическим моделированием электростатических полей.
- Экспериментальная проверка теоремы Остроградского-Гаусса.
- Экспериментальное определение величины электрической постоянной.

#### ***МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ***

Рассмотрите внимательно схему опыта и зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.

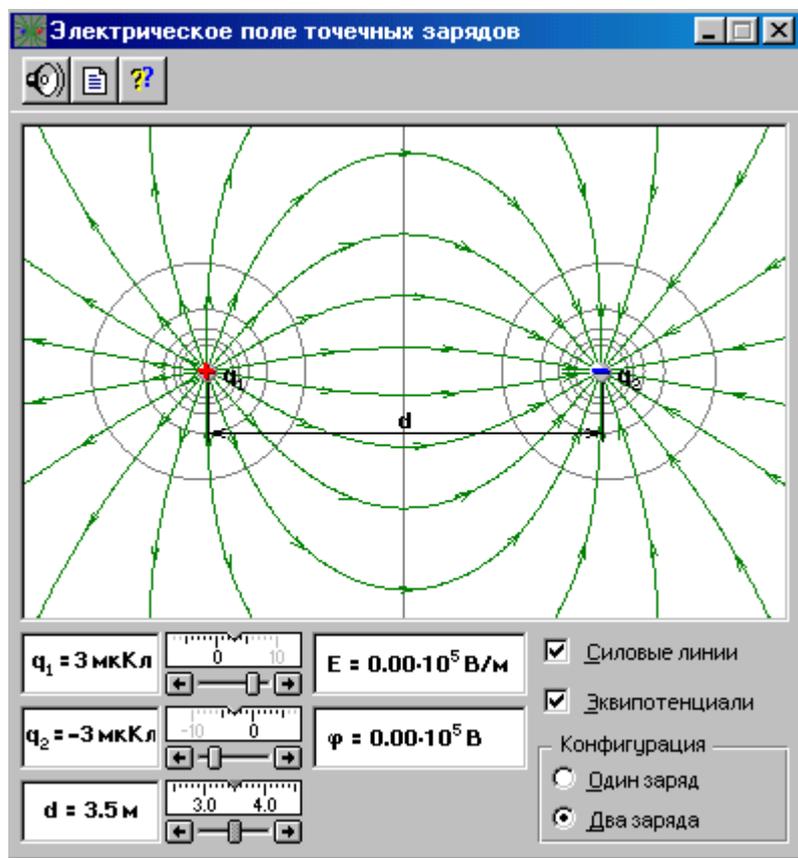


Рис. 1

Как известно, электростатическое поле в вакууме изотропное. Следовательно, количество силовых линий, пересекающих произвольную замкнутую поверхность, содержащую внутри себя электрические заряды, будет пропорционально количеству силовых линий, пересекающих замкнутый контур, ограничивающий площадь сечения, в которой находятся электрические заряды этой замкнутой поверхности.

Такое допущение даёт возможность привести в количественное соответствие реальное трёхмерное электростатическое поле с его графической интерпретацией в плоской компьютерной модели, которая показана на рис. 1. Для этого определим число силовых линий  $\Phi$ , которые фактически должны пересекать произвольную замкнутую поверхность, внутри которой находится электрический заряд  $q = 1 \text{ мкКл}$ . По теореме Остроградского-Гаусса имеем:

$$\Phi = \frac{q}{\varepsilon_0} = \frac{1 \cdot 10^{-6}}{8,85 \cdot 10^{-12}} = 1,13 \cdot 10^5.$$

Откройте окно опыта. В нижнем правом прямоугольнике «Конфигурация» щёлкните мышью на кнопке «Один заряд». Зацепив мышью, перемещайте движок регулятора величины заряда и установите значение  $q_1 = +1 \text{ мкКл}$ . Подсчитайте число силовых линий, выходящих из заряда. Их должно быть 6. Следовательно, силовая линия в плоской компьютерной модели опыта соответствует  $N = \frac{1,13 \cdot 10^5}{6} = 1,88 \cdot 10^4$  линиям реального трёх-

мерного кулоновского поля. На основании таких допущений и оценок создаётся возможность экспериментальной проверки теоремы Остроградского-Гаусса с помощью графического компьютерного моделирования электростатических полей в данной лабораторной работе.

**ЭКСПЕРИМЕНТ 1.** (*Постоянное пространственное распределение переменного заряда внутри замкнутой поверхности*)

1. В нижнем правом прямоугольнике «Конфигурация» нажмите мышью кнопку «Два заряда».
2. Зацепив мышью, перемещайте движок регулятора первого заряда до установления значения, указанного в табл. 1 для вашей бригады.
3. Аналогичным образом установите заданное в табл. 1 расстояние  $d$  между зарядами.
4. Установите мышью на кнопке «Силовые линии» флажок.
5. Установите величину второго заряда 0 и подсчитайте число силовых линий  $\Phi_+$  выходящих и  $\Phi_-$  входящих через границы замкнутого контура, которым в нашем опыте будет являться прямоугольная рамка окна опыта. При этом внимательно смотрите за направлением стрелок на силовых линиях поля. Запишите эти данные и разность  $\Phi = \Phi_+ - \Phi_-$  в таблицу 2.
6. Последовательно устанавливайте заряды:  $q_2 = +1, +2, +3, +4, +5 \text{ мкКл}$  и выполните п. 5 ещё 5 раз.

**ЭКСПЕРИМЕНТ 2.** (*Переменное пространственное распределение постоянного заряда внутри замкнутой поверхности*)

1. Установите значения  $q_1$  и  $q_2$  соответствующие значениям, указанным в таблице 1 для вашей бригады.
2. Установите также минимальное расстояние между зарядами  $d = 2 \text{ м}$  и на экране окна эксперимента, подсчётом определите числа  $\Phi_+$ ,  $\Phi_-$  и  $\Phi$ .
3. Последовательно увеличивая расстояние между зарядами с шагом 0,5 м, выполните п. 2 ещё 6 раз.
4. Результаты измерений запишите в табл. 3.

Таблица 1 - Установочные значения физических параметров для проведения экспериментов

Бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>ЭКСПЕРИМЕНТ 1</b>								
$q_1, \text{мкКл}$	-1	-2	-3	-4	-5	-4	-3	-2
$d, \text{м}$	2	3	4	5	5	4	3	2
<b>ЭКСПЕРИМЕНТ 2</b>								
$q_1, \text{мкКл}$	-5	-5	-5	-5	-5	-4	-4	-4
$q_2, \text{мкКл}$	+1	+2	+3	+4	+5	+4	+3	+2

Таблица 2 - Результаты измерений в эксперименте 1

$q_1 = \underline{\hspace{2cm}}$      $d = \underline{\hspace{2cm}}$

$q_2 = 0 \text{ мкКл}$			$q_2 = +1 \text{ мкКл}$			$q_2 = +2 \text{ мкКл}$			$q_2 = +3 \text{ мкКл}$			$q_2 = +4 \text{ мкКл}$			$q_2 = +5 \text{ мкКл}$		
$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$

Таблица 3 - Результаты измерений в эксперименте 2.

$q_1 = \underline{\hspace{2cm}}$      $q_2 = \underline{\hspace{2cm}}$

$d = 2\text{м}$			$d = 3\text{м}$			$d = 4\text{м}$			$d = 5\text{м}$			$d = 4,5 \text{ м}$			$d = 3,5 \text{ м}$		
$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$	$\Phi_+$	$\Phi_-$	$\Phi$									

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА**

1. Постройте по данным табл.2 график зависимости потока вектора напряжённости  $\Phi$  от величины заряда  $q$ .
2. По котангенсу угла наклона графика и используя теорему Гаусса, определите электрическую постоянную  $\epsilon_0$ .
3. По данным, приведённым в табл.3, постройте график зависимости потока вектора напряжённости  $\Phi$  от расстояния между зарядами  $d$ .
4. По построенным графикам сделайте анализ результатов и оцените погрешность проведённых измерений.

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что такое электрическое поле (ЭП)?
2. Какие поля называют электростатическими?
3. Назовите источники ЭП.
4. Перечислите и разъясните основные свойства заряда.
5. Какая сила действует между зарядами? Запишите закон Кулона.
6. Что такое линейная, поверхностная и объёмная плотность зарядов.
7. Что такое напряжённость электростатического поля?
8. Как определяется направление вектора напряжённости?

9. Дайте определение линии напряженности ЭП. Зачем их рисуют?
10. Какая линия называется силовой? Почему они не могут пересекаться?
11. Запишите формулу для напряженности поля точечного заряда.
12. Сформулируйте принцип суперпозиции для ЭП.
13. Что такое поток вектора напряженности?
14. Сформулируйте и запишите теорему Гаусса для ЭП.
15. Теорема о циркуляции вектора напряженности электростатического поля.
16. Что такое потенциал ЭП?
17. Запишите формулу для потенциала поля точечного заряда.
18. Сформулируйте и запишите принцип суперпозиции потенциалов.
19. Какая линия называется эквипотенциальной?
20. От чего зависит густота силовых и эквипотенциальных линий?
21. В чём заключается физический смысл теоремы Остроградского-Гаусса?
22. Что такое электрический диполь и электрический момент диполя?
23. Рассчитайте, используя теорему Гаусса, поле электрического диполя.
24. Рассчитайте, используя теорему Гаусса, поле равномерно заряженной бесконечной плоскости.
25. Рассчитайте, используя теорему Гаусса, поле равномерно заряженной сферической поверхности.
26. Рассчитайте, используя теорему Гаусса, поле объёмно заряженного шара.
27. Рассчитайте, используя теорему Гаусса, поле равномерно заряженного бесконечного цилиндра (нити).

#### *Литература*

3. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
4. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высшая школа, 2005.
5. Грабовский Р.И. Курс физики: учеб. пособие. / Р.И. Грабовский – 11-е изд. стер. - Спб.: Издательство "Лань", 2009. - 608 с.

### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.2 **ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ МОЩНОСТИ И К.П.Д. ИСТОЧНИКА ПОСТОЯННОГО ТОКА ОТ ВНЕШНЕЙ НАГРУЗКИ**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с компьютерным моделированием цепей постоянного тока.
- Исследование зависимости мощности и к.п.д. источника постоянного тока от сопротивления внешней цепи.

#### **МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ**

**ЗАКОН ОМА ДЛЯ ПОЛНОЙ ЦЕПИ:**

$$I = \frac{\Theta}{R + r}, \quad (1)$$

$I$ - сила тока в цепи;  $\Theta$ - электродвижущая сила источника тока, включённого в цепь;  $R$ - сопротивление внешней цепи;  $r$ - внутреннее сопротивление источника тока.

**МОЩНОСТЬ, ВЫДЕЛЯЕМАЯ ВО ВНЕШНЕЙ ЦЕПИ:**

$$P_1 = I^2 R = \frac{\Theta^2}{(R+r)^2} R. \quad (2)$$

Из формулы (2) видно, что при коротком замыкании цепи ( $R \rightarrow 0$ ) и при  $R \rightarrow \infty$  эта мощность равна нулю. При всех других конечных значениях  $R$  мощность  $P_1 > 0$ . Следовательно, функция  $P_1$  имеет максимум. Значение  $R_0$ , соответствующее максимальной мощности, можно получить, дифференцируя  $P_1$  по  $R$  и приравнявая первую производную к нулю:

$$\frac{dP_1}{dR} = \frac{\Theta^2 [(R_0 + r)^2 - 2(R_0 + r)R]}{(R_0 + r)^4} = 0. \quad (3)$$

Из формулы (3), с учётом того, что  $R$  и  $r$  всегда положительны, а  $\Theta \neq 0$ , после несложных алгебраических преобразований получим:

$$R_0 = r. \quad (4)$$

Следовательно, *мощность, выделяемая во внешней цепи, достигает наибольшего значения при сопротивлении внешней цепи равном внутреннему сопротивлению источника тока.*

При этом сила тока в цепи

$$I = \frac{\Theta}{2r} = \frac{I_{кз}}{2} \quad (5)$$

равна половине тока короткого замыкания. При этом мощность, выделяемая во внешней цепи, достигает своего максимального значения, равного

$$P_{1\max} = \frac{\Theta^2}{4r}. \quad (6)$$

Когда источник замкнут на внешнее сопротивление, то ток протекает и внутри источника и при этом на внутреннем сопротивлении источника выделяется некоторое количество тепла. Мощность, затрачиваемая на выделение этого тепла равна

$$P_2 = I^2 r. \quad (7)$$

Следовательно, полная мощность, выделяемая во всей цепи, определится формулой

$$P_{полн} = P_1 + P_2 = I^2 R + I^2 r = I^2 (R+r) = I\Theta \quad (8)$$

КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ источника тока равен

$$\eta = \frac{P_1}{P_{полн}} = \frac{R}{R+r}. \quad (9)$$

Из формулы (8) следует, что

$$P_1 = P_{полн} - P_2 = \Theta I - I^2 r, \quad (10)$$

т.е.  $P_1$  изменяется с изменением силы тока в цепи по параболическому закону и принимает

нулевые значения при  $I = 0$  и при  $I = \frac{\Theta}{r}$ . Первое значение соответствует разомкнутой

цепи ( $R \gg r$ ), второе – короткому замыканию ( $R \ll r$ ). Зависимость к.п.д. от силы тока в цепи с учётом формул (8), (9), (10) примет вид

$$\eta = 1 - \frac{r}{\Theta} I \quad (11)$$

Таким образом, к.п.д. достигает наибольшего значения  $\eta = 1$  в случае разомкнутой цепи ( $I = 0$ ), а затем уменьшается по линейному закону, обращаясь в нуль при коротком замыкании.

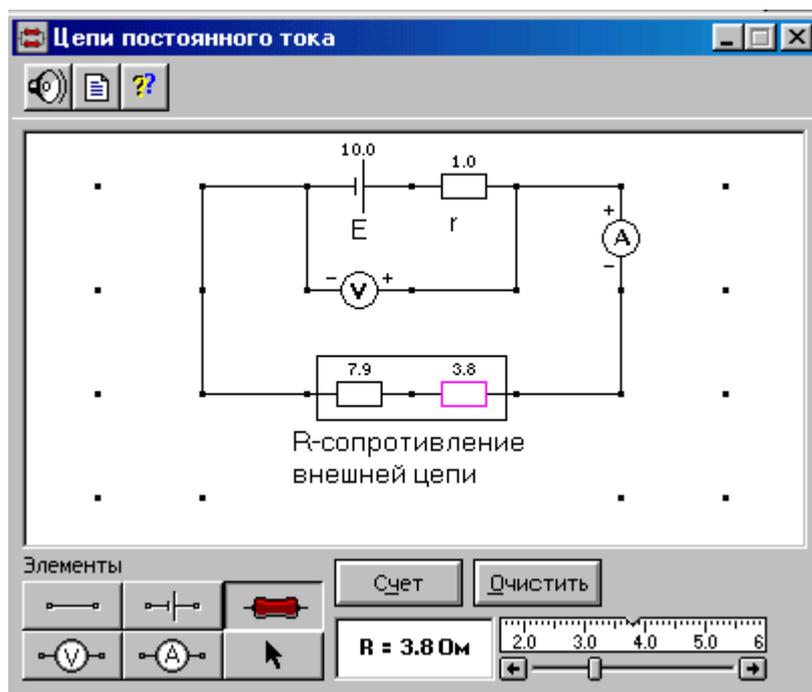


Рис. 1

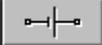
1. Соберите на экране цепь, показанную на рис. 1. Для этого сначала щелкните левой кнопкой мыши над кнопкой  э.д.с. в нижней части экрана. Переместите маркер мыши на рабочую часть экрана, где расположены точки. Щелкните левой кнопкой мыши в рабочей части экрана, где будет расположен источник э.д.с.
2. Разместите далее последовательно с источником резистор, изображающий его внутреннее сопротивление (нажав предварительно кнопку  в нижней части экрана) и амперметр (кнопка  там же). Затем расположите аналогичным образом резисторы нагрузки и вольтметр , измеряющий напряжение на нагрузке.
3. Подключите соединительные провода. Для этого нажмите кнопку провода  внизу экрана, после чего переместите маркер мыши в рабочую зону схемы. Щелкайте левой кнопкой мыши в местах рабочей зоны экрана, где должны находиться соединительные провода.
4. Установите значения параметров для каждого элемента. Для этого щелкните левой кнопкой мыши на кнопке со стрелкой . Затем щелкните на данном элементе. Подведите маркер мыши к движку появившегося регулятора, нажмите на левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, меняйте величину параметра и установите числовое значение, обозначенное в таблице 1 для вашей бригады.

Таблица 1 - Исходные параметры электрической цепи

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
E, В	10,0	9,5	9,0	8,5	8,0	8,5	9,0	9,5
r, Ом	4,8	5,7	6,6	7,5	6,4	7,3	8,2	9,1

5. Установите сопротивление внешней цепи 2 Ом, нажмите кнопку «Счёт» и запишите показания электроизмерительных приборов в соответствующие строки таблицы 2.

6. Последовательно увеличивайте с помощью движка регулятора сопротивление внешней цепи на 0,5 Ом от 2 Ом до 20 Ом и, нажимая кнопку «Счёт», записывайте показания электроизмерительных приборов в таблицу 2.
7. Вычислите по формулам (2), (7), (8), (9)  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_{\text{полн}}$  и  $\eta$  для каждой пары показаний вольтметра и амперметра и запишите рассчитанные значения в табл.2.
8. Постройте на одном листе миллиметровой бумаге графики зависимости  $P_1 = f(R)$ ,  $P_2 = f(R)$ ,  $P_{\text{полн}} = f(R)$ ,  $\eta = f(R)$  и  $U = f(R)$ .
9. Рассчитайте погрешности измерений и сделайте выводы по результатам проведённых опытов.

Таблица 2 - Результаты измерений и расчётов

R, Ом	2,0	2,5	3,0	...			20
U, В							
I, А							
$P_1$ , Вт							
$P_2$ , Вт							
$P_{\text{полн}}$ , Вт							
$\eta$							

### **Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Что такое электрический ток?
2. Дайте определение силы тока.
3. Что принимают за направление тока?
4. Что такое плотность тока?
5. Что необходимо для возникновения и существования электрического тока?
6. Дайте определение сторонних сил. Какова их природа?
7. Что такое ЭДС?
8. Что такое однородный и неоднородный участок цепи?
9. Что такое напряжение?
10. Сформулируйте закон Ома для однородного участка цепи.
11. Что такое сопротивление? Дайте определение полного сопротивления цепи.
12. Какие существуют два способа соединения проводников?
13. Почему ток, при прохождении через проводник, нагревает его?
14. Запишите закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
15. Как изменяется сопротивление при нагревании проводников?
16. Как найти общее сопротивление при параллельном и последовательном соединении проводников?
17. Сформулируйте закон Ома для неоднородного участка цепи.
18. Дайте определение узлу, ветви и контуру.
19. Что такое разветвленная электрическая цепь?
20. Сформулируйте первое и второе правило Кирхгофа для разветвленной электрической цепи.
21. Что такое ток короткого замыкания?
22. Что такое полная мощность?
23. Как вычисляется к.п.д. источника тока?
24. Докажите, что наибольшая полезная мощность выделяется при равенстве внешнего и внутреннего сопротивлений цепи.

### **Литература**

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высшая школа, 2005.

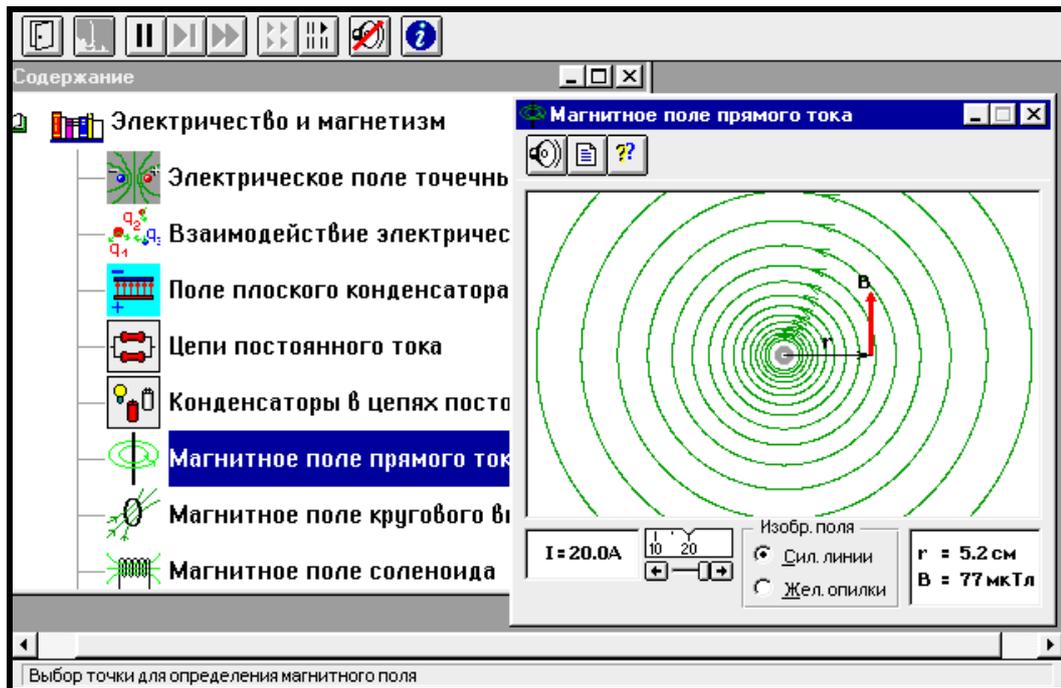
## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.3 *МАГНИТНОЕ ПОЛЕ*

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ

- Знакомство с моделированием магнитного поля от различных источников.
- Экспериментальное подтверждение закономерностей для магнитного поля прямого провода и кругового витка (контура) с током.
- Экспериментальное определение величины магнитной постоянной.

### *МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ*

Рассмотрите внимательно рисунок, изображающий компьютерную модель. Найдите на нем все основные регуляторы и поле эксперимента.



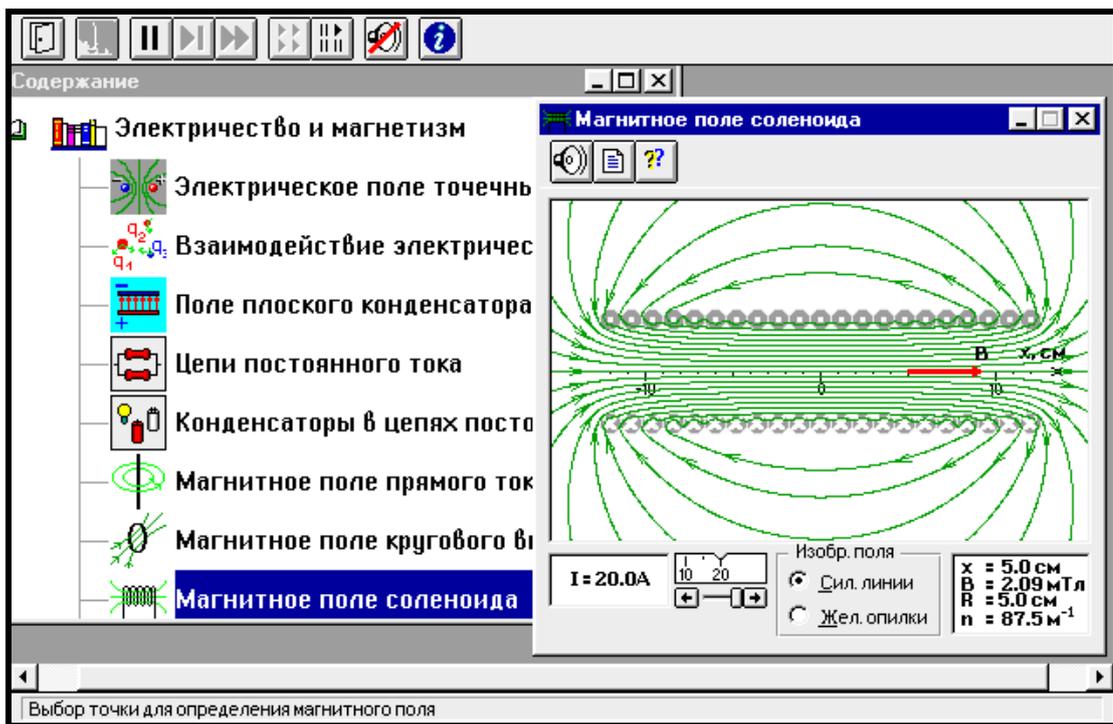
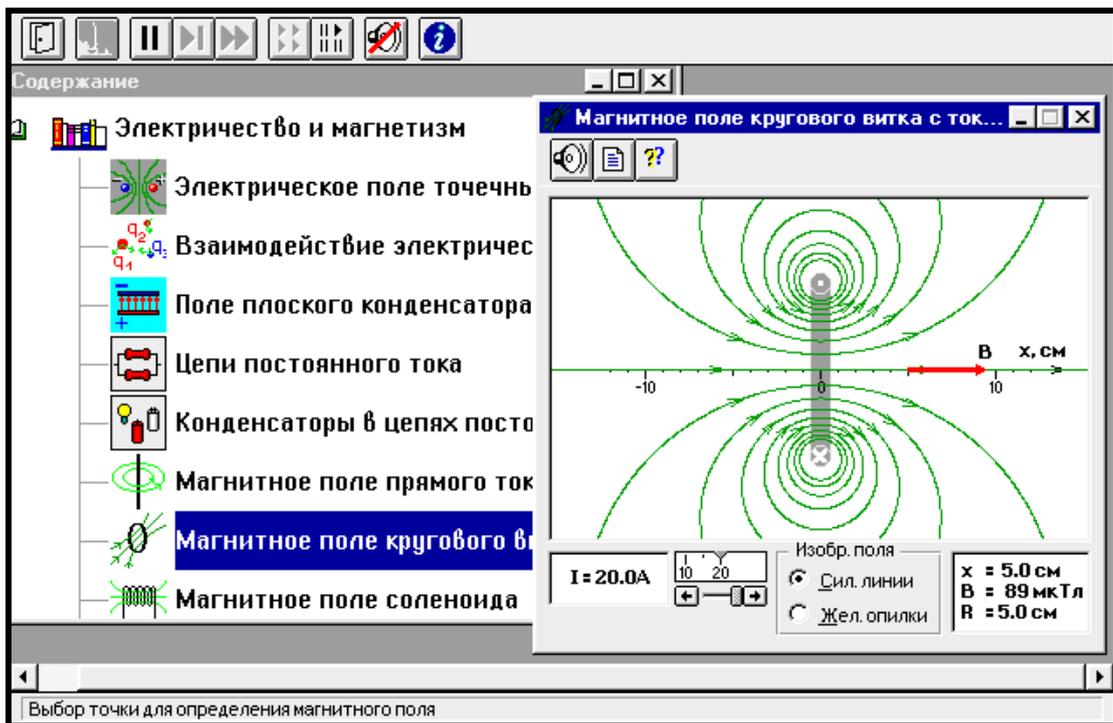


ТАБЛИЦА 1. Значения величины тока

Бригады	$I_1$	$I_2$	$I_3$	$I_4$
1 и 5	5	10	15	20
2 и 6	-5	-10	-15	-20
3 и 7	-15	-10	5	10
4 и 8	-20	-15	-10	5

Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

**ИЗМЕРЕНИЯ:**

### ЭКСПЕРИМЕНТ 1.

1. Закройте окно эксперимента 3, нажав кнопку в правом верхнем углу внутреннего окна. Запустите, дважды щелкнув мышью, следующий эксперимент «Магнитное поле прямого тока». Наблюдайте линии индукции МП прямого провода.
2. Зацепив мышью, перемещайте движок регулятора тока. Зафиксируйте величину тока, указанную в таблице 1 для вашей бригады.
3. Перемещая мышью «руку» вблизи провода, нажимайте левую кнопку мыши на расстояниях  $r$  до оси провода, указанных в таблице 2. Значения  $r$  и  $B$  занесите в табл.2. Повторите измерения для трех других значений тока из табл.1.

ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

$r$ (см)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$1/r, \text{ м}^{-1}$									
$B_1, \text{ Тл}$									
$B_2, \text{ Тл}$									
$B_3, \text{ Тл}$									
$B_4, \text{ Тл}$									

### ЭКСПЕРИМЕНТ 2.

1. Закройте окно эксперимента 1, нажав кнопку в правом верхнем углу внутреннего окна. Запустите, дважды щелкнув мышью, следующий эксперимент «Магнитное поле кругового витка с током». Наблюдайте линии индукции МП кругового витка (контура).
2. Зацепив мышью, перемещайте движок регулятора тока. Зафиксируйте величину тока, указанную в таблице 1 для вашей бригады.
3. Перемещая мышью «руку» по оси витка, нажимайте левую кнопку мыши на расстояниях  $r$  до оси витка, указанных в таблице 3. Значения  $r$  и  $B$  занесите в табл.3 Повторите измерения для трех других значений тока из табл.1.

ТАБЛИЦА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

$r$ (см)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$1/(R^2+r^2)^{3/2}$									
$B_1, \text{ Тл}$									
$B_2, \text{ Тл}$									
$B_3, \text{ Тл}$									
$B_4, \text{ Тл}$									

### ЭКСПЕРИМЕНТ 3.

1. Закройте окно эксперимента 2, нажав кнопку в правом верхнем углу внутреннего окна. Запустите, дважды щелкнув мышью, следующий эксперимент «Магнитное поле соленоида». Наблюдайте линии индукции МП соленоида.
2. Зацепив мышью, перемещайте движок регулятора тока. Зафиксируйте величину тока, указанную в таблице 1 для вашей бригады.
3. Перемещая мышью «руку» по оси соленоида, нажимайте левую кнопку мыши на расстояниях  $r$  до оси соленоида, указанных в таблице 4. Значения  $r$  и  $B$  занесите в табл.4. Повторите измерения для трех других значений тока из табл.1.

ТАБЛИЦА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

r (см)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
B <sub>1</sub> , Тл									
B <sub>2</sub> , Тл									
B <sub>3</sub> , Тл									
B <sub>4</sub> , Тл									

### ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА

1. Вычислите и запишите в таблицы 2, 3 значения для второй строки.
2. Постройте на одном листе графики зависимости индукции МП (B) прямого провода с током от обратного расстояния (1/r).
3. Постройте на втором листе графики зависимости индукции МП (B) на оси витка с током от куба обратного расстояния  $1/(R^2+r^2)^{3/2}$ .
4. На третьем листе постройте графики зависимости индукции МП на оси соленоида от расстояния до его центра.
5. По тангенсу угла наклона графиков на первых двух листах определите постоянную,

используя формулы  $\mu_0 = \frac{2\pi \Delta(B)}{I \Delta(\frac{1}{r})}$  для первого чертежа и

$$\mu_0 = \frac{2\pi}{IS} \frac{\Delta(B)}{\Delta(\frac{1}{(R^2 + r^2)^{3/2}})}$$

для второго (площадь витка  $S = \pi R^2$ ).

6. Вычислите среднее значение магнитной постоянной.
7. Для магнитного поля соленоида при каждом токе определите протяженность  $\Delta l$  области однородности, в которой индукция меняется не более, чем на 10% от максимальной. Вычислите среднее значение области однородности.
8. Запишите ответы и проанализируйте ответ и график.

### Контрольные вопросы

1. Что такое магнитное поле (МП)?
2. Назовите источники МП.
3. Что принимается в качестве положительного направления нормали к контуру?
4. Что принимается за направление магнитного поля?
5. Чему равен вращающий момент сил рамки с током?
6. Как определяется для плоского контура с током магнитный момент?
7. Что такое линии магнитной индукции магнитного поля?
8. Что такое макротоки и микротоки?
9. Принцип суперпозиции магнитных полей.
10. Закон Био-Савара-Лапласа.
11. Магнитное поле прямого тока.
12. Магнитное поле в кругового тока.
13. Что такое сипа Ампера?
14. Взаимодействие двух параллельных проводников с током.
15. Что такое сила Лоренца?
16. Движение заряженных частиц в магнитном поле.
17. Теорема о циркуляции вектора  $\vec{B}$ .

18. Что такое соленоид? Магнитное поле соленоида.
19. Что такое тороид? Магнитное поле тороида.
20. Поток вектора магнитной индукции.
21. Теорема Гаусса для магнитного поля в вакууме.
22. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

#### *Литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Гл.18, §§ 140-148.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000. Гл.27-28, §§ 27.1-28.2.

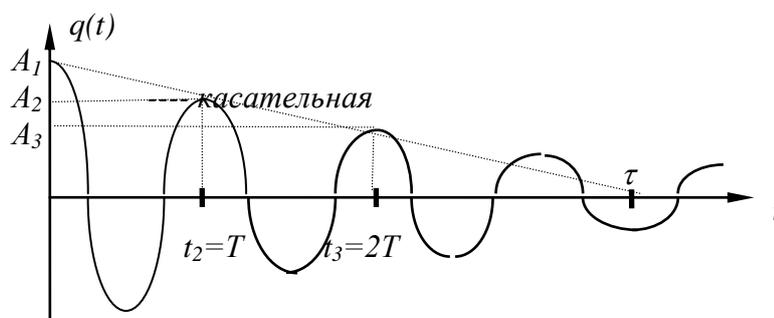
### ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.4 **СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ В RLC КОНТУРЕ**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с компьютерной моделью процесса свободных затухающих колебаний в электрическом колебательном контуре.
- Экспериментальное исследование закономерностей свободных затухающих колебаний.
- Экспериментальное определение величины индуктивности контура.

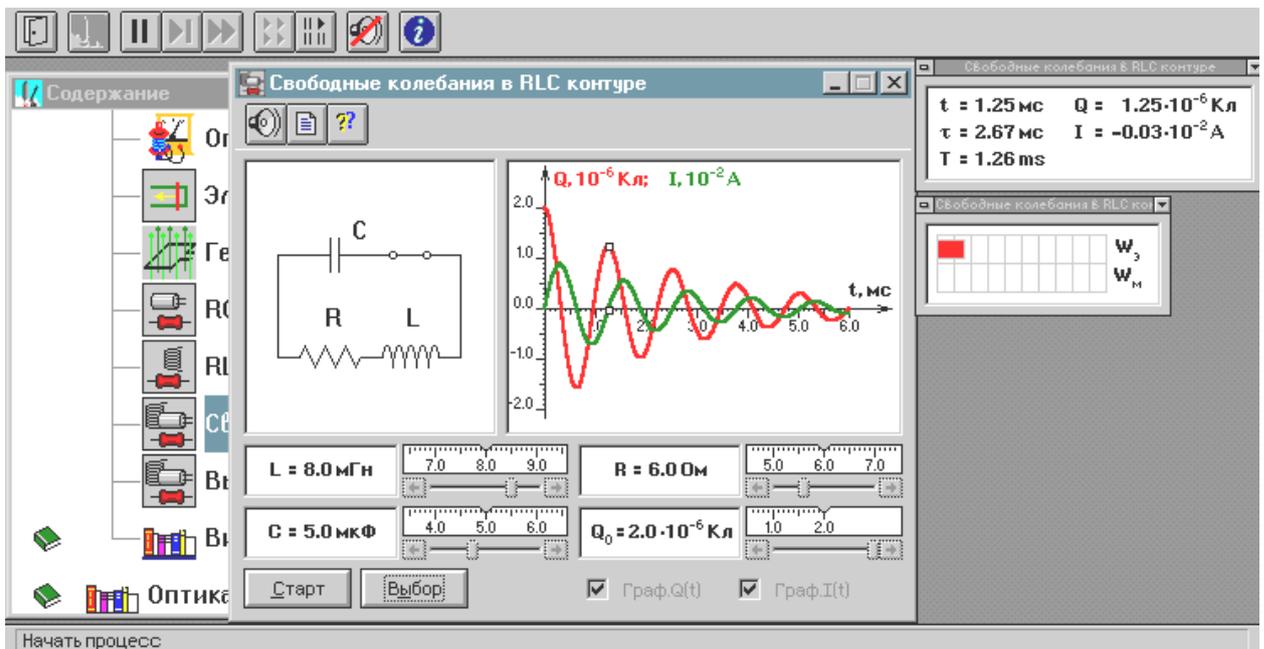
#### **МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ**

**ПОСТОЯННАЯ ВРЕМЕНИ ЗАТУХАНИЯ** в контуре  $\tau$  есть время, за которое амплитуда колебаний уменьшается в  $e = 2.73$  раз. На графике зависимости амплитуды затухающих колебаний от времени касательная, проведенная к этому графику в начальный момент времени, пересекает ось времени в точке  $t = \tau$ .



**ЛОГАРИФИЧЕСКИМ ДЕКРЕМЕНТНОМ ЗАТУХАНИЯ** называется величина, определяемая формулой  $\lambda = \ln \frac{A(t)}{A(t+T)} = \delta T$ . **ДОБРОТНОСТЬ** контура равна  $Q = \frac{\pi}{\lambda}$ .

Закройте окно теории. Внимательно рассмотрите рисунок, найдите все регуляторы и другие основные элементы и зарисуйте их в конспект.



Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

### ИЗМЕРЕНИЯ:

Нажмите мышью кнопку «Выбор». Подведите маркер мыши к движку регулятора, нажмите на левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, меняйте величину емкости конденсатора и установите числовое значение, равное взятому из таблицы 1 для вашей бригады. Аналогичным способом установите величину индуктивности в соответствии с таблицей 1.

Установите сопротивления резистора  $R = 1 \text{ Ом}$ . Нажав кнопку «Старт», наблюдайте график зависимости заряда конденсатора от времени. Измерьте линейкой значения первых шести амплитуд и запишите их в таблицу 2. Меняя сопротивление  $R$ , повторите измерения амплитуд и заполните таблицу 2.

**ТАБЛИЦА 1. Значения емкости конденсатора и индуктивности катушки (не перерисовывать)**

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
C [мкФ]	3	3	2.7	2.7	2.4	2.4	2	2
L[мГн]	6	7	8	9	10	9	8	7

**ТАБЛИЦА 2. Результаты измерений при C = \_\_\_\_ мкФ, L = \_\_\_\_ мГн, T = \_\_\_\_ мс.**

R Ом	A <sub>1</sub> мм	A <sub>2</sub> мм	A <sub>3</sub> мм	A <sub>4</sub> мм	A <sub>5</sub> мм	A <sub>6</sub> мм	τ мс	δ с <sup>-1</sup>
1								
2								
3								
4								
5								
6								
t [мс]								

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА**

Рассчитайте значения периода колебаний и запишите в заголовке табл. 2.

Рассчитайте время  $t$ , при котором измерена соответствующая амплитуда и запишите в таблицу 2.

Постройте на одном чертеже графики экспериментальных зависимостей амплитуды колебания  $A$  от времени  $t$  (6 линий, соответствующих разным  $R$ ).

Для каждого графика постройте касательную к нему в начальный момент времени. Продолжив касательную до пересечения с осью времени, определите экспериментальное значение постоянной времени затухания  $\tau$ , и запишите в таблицу 2.

Рассчитайте величины коэффициента затухания  $\delta = 1/\tau$  и также внесите в таблицу 2.

Постройте график зависимости коэффициента затухания от сопротивления резистора.

По графику  $\delta(R)$  определите индуктивность контура, используя формулу  $L = \frac{1}{2} \frac{\Delta R}{\Delta \delta}$ .

Запишите ответ и сформулируйте выводы по ответу и графикам.

### **Контрольные вопросы**

1. Что называют электромагнитными колебаниями?
2. Что такое колебательный контур?
3. Что такое гармонический осциллятор?
4. Чему равен период свободных гармонических колебаний?
5. Дифференциальное уравнение свободных затухающих колебаний.
6. Дифференциальное уравнение вынужденных гармонических колебаний.
7. Что называют резонансом?
8. Чему равна резонансная циклическая частота и резонансная амплитуда?
9. Что называют переменным электрическим током?
10. Закон Ома для действующих значений силы тока и напряжения в цепи переменного тока.
11. Чему равна разность фаз между напряжением и силой тока?
12. Что называют резонансом напряжений?
13. Что называют резонансом токов?
14. Напишите формулу для коэффициента затухания.
15. Дайте определение постоянной времени затухания.
16. Напишите формулу логарифмического декремента затухания. Что он характеризует?
17. Напишите формулу связи логарифмического декремента затухания с коэффициентом затухания.
18. Напишите формулу для добротности контура.

### *Литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Гл.18, §§ 140-148.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000. Гл.27-28, §§ 27.1-28.2.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 2.5

### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

#### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

- Знакомство с моделированием явления электромагнитной индукции (ЭМИ).

- Экспериментальное подтверждение закономерностей ЭМИ.

### МЕТОДИКА и ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ

В данной лабораторной работе используется компьютерная модель, в которой изменяющийся магнитный поток возникает в результате движения проводящей перемычки по параллельным проводникам, замкнутым с одной стороны. Эта система изображена на рисунке:

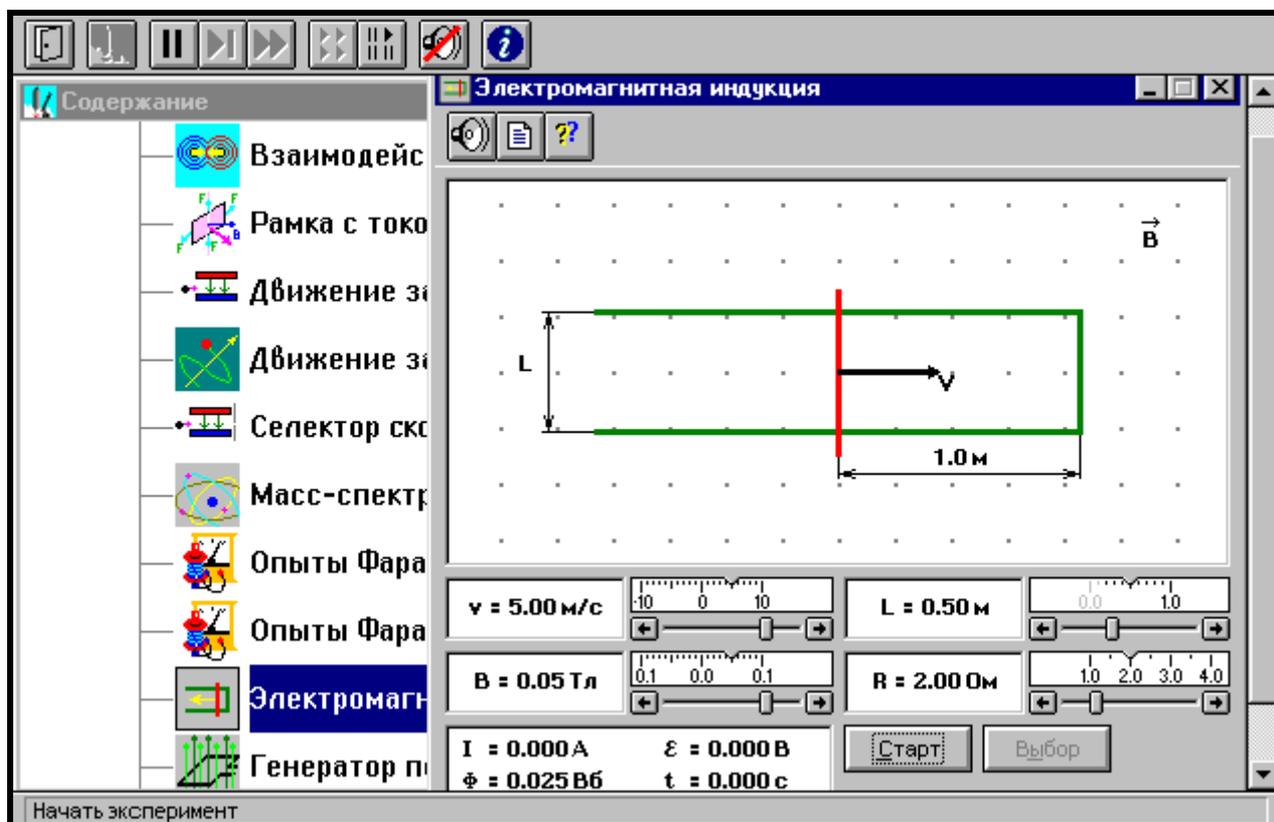


ТАБЛИЦА 1. Значения характеристик (не перерисовывать)

Бригады	R (Ом)	$B_1$ (мТл)	$B_2$ (мТл)	$B_3$ (мТл)
1 и 5	1	-30	40	90
2 и 6	2	-40	20	80
3 и 7	1	-50	10	70
4 и 8	2	-60	-20	100

ТАБЛИЦА 2. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ.  $B =$  \_\_\_\_\_ мТл

$v$ (м/с) =	-10	-8	...	10
ЭДС, В				
$I$ , мА				

ТАБЛИЦА 3. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ.  $B =$  \_\_\_\_\_ мТл

$v$ (м/с) =	-10	-8	...	10
ЭДС, В				
$I$ , мА				

ТАБЛИЦА 4. РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ.  $B =$  \_\_\_\_\_ мТл

$v$ (м/с) =	-10	-8	...	10
ЭДС, В				
$I$ , мА				

Для бригад 1-4  $L = 1$  м, для бригад 5-8  $L = 0.7$  м.

Получите у преподавателя допуск для выполнения измерений.

### **ИЗМЕРЕНИЯ:**

1. Запустите эксперимент, щелкнув мышью по кнопке «Старт». Наблюдайте движение переключки и изменение магнитного потока  $\Phi$  (цифры внизу окна).
2. Зацепив мышью, перемещайте движки регуляторов
  - $L$  – расстояния между проводами,
  - $R$  – сопротивления переключки,
  - $B_1$  – величины индукции магнитного поля
 и зафиксируйте значения, указанные в таблице 1 и под ней для вашей бригады.
3. Установив указанное в табл.2 значение скорости движения переключки, нажмите левую кнопку мыши, когда ее маркер размещен над кнопкой «Старт». Значения ЭДС и тока индукции занесите в табл.2. Повторите измерения для других значений скорости из табл.2.
4. Повторите измерения для двух других значений индукции магнитного поля, выбирая их из табл.1. Полученные результаты запишите в табл.3 и 4.

### ***ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЕТА***

1. Постройте на одном листе графики зависимости тока индукции от скорости движения переключки при трех значениях индукции магнитного поля.
2. Для каждой прямой определите тангенс угла наклона по формуле

$$tg(\varphi) = \frac{\Delta i}{\Delta v}.$$

3. Вычислите теоретическое значение тангенса для каждой прямой по формуле  $tg(\varphi)_{ТЕОР} = \frac{BL}{R}$ .
4. Заполните таблицу результатов измерений

Номер измерения	$tg(\varphi)_{ЭКСП}$ (Ас/м)	$tg(\varphi)_{ТЕОР}$ (Ас/м)

5. Сделайте выводы по графикам и результатам измерений.

### ***Контрольные вопросы***

1. Что называется элементарным магнитным потоком?
2. Что называется магнитным потоком?
3. При каких условиях магнитный поток равен нулю?
4. При каких условиях магнитный поток равен произведению индукции магнитного поля на площадь контура?
5. Сформулируйте определение явления электромагнитной индукции.
6. Сформулируйте закон электромагнитной индукции.
7. Дайте определение циркуляции магнитного поля.
8. Запишите закон ЭМИ в расшифрованном виде.
9. Какое поле является вихревым?

10. Что такое ток Фуко?
11. Чем отличается электрическое поле, созданное точечным зарядом, от электрического поля, появляющегося при ЭМИ?
12. Сформулируйте закон ЭМИ для замкнутого проводящего контура.
13. При каких условиях возникает ЭДС самоиндукции?
14. Сформулируйте определение явления самоиндукции.
15. Сформулируйте словами закон самоиндукции.
16. Назовите все способы создания переменного магнитного потока.
17. Как изменяется со временем магнитный поток в данной работе?
18. Как выглядит поверхность, через которую формируется переменный магнитный поток в данной работе?
19. Какова зависимость магнитного потока от времени в данной работе?
20. Как направлен вектор магнитной индукции в данной работе?

### *Литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики. М.: Высшая школа, 2001. Гл.18, §§ 140-148.
2. Детлаф А.А., Яворский Б.М. Курс физики. М.: Высшая школа, 2000. Гл.27-28, §§ 27.1-28.2.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.1 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИУСА КРИВИЗНЫ ЛИНЗЫ С ПОМОЩЬЮ КОЛЕЦ НЬЮТОНА**

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с моделированием явления интерференции света в тонких плёнках.
- Изучение интерференции полос равной толщины в схеме колец Ньютона.
- Определение радиуса кривизны линзы.

### **МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ**

Классическим примером полос равной толщины являются кольца Ньютона. Они наблюдаются при отражении света от воздушного зазора, образованного плоскопараллельной пластинкой и соприкасающейся с ней плосковыпуклой линзой с большим радиусом кривизны (рис.1).

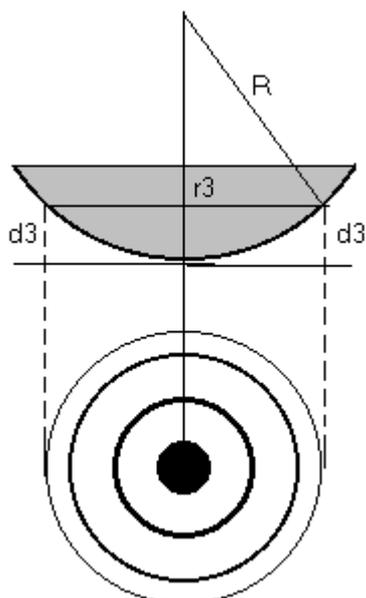


Рис.1

Если на линзу падает пучок монохроматического света, то световые волны, отражённые от верхней и нижней поверхностей воздушной прослойки, будут интерферировать между собой. При этом образуются интерференционные полосы, имеющие форму концентрических светлых и тёмных колец, убывающей ширины.

В отражённом свете оптическая разность хода с учётом потери полуволны будет равна

$$\Delta = 2d + \frac{\lambda}{2}, \quad (1)$$

где  $d$  - толщина воздушного зазора. Из рис.1 следует, что

$$r^2 = R^2 - (R - d)^2 = 2Rd - d^2. \quad (2)$$

Учитывая, что  $d^2$  является величиной второго порядка малости, то из (2) получим

$$d = \frac{r^2}{2R}. \quad (3)$$

Следовательно,

$$\Delta = \frac{r^2}{R} + \frac{\lambda}{2}. \quad (4)$$

В точках, для которых оптическая разность хода равна

$$\Delta = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}, \quad (5)$$

возникают тёмные кольца. Из формул (4) и (5) радиус  $k$ -ого тёмного кольца будет равен

$$r_k^2 = kR\lambda \quad (6)$$

Формула (6) позволяет определить радиус кривизны линзы

$$R = \frac{r^2}{k\lambda}.$$

Вследствие деформации стекла, а также наличия на стекле пылинок невозможно добиться плотного примыкания линзы и пластины в одной точке. Поэтому при определении радиуса кривизны линзы пользуются другой формулой, в которую входит комбинация из двух значений радиусов интерференционных колец  $r_m$  и  $r_n$ , что позволяет исключить возможный зазор в точке контакта линзы и стеклянной пластины:

$$R = \frac{r_m^2 - r_n^2}{(m - n)\lambda}. \quad (7)$$

1. Внимательно рассмотрите окно опыта, показанное на рисунке 2, и зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.

2. Зацепите мышью движок регулятора длины волны монохроматического света и установите первое значение длины волны из таблицы 1 для вашей бригады. Аналогичным образом установите первое значение радиуса кривизны линзы  $R$ .

*ВНИМАНИЕ! Цель работы - проверить соответствие установочного значения радиуса кривизны линзы и рассчитанного по формуле (7).*

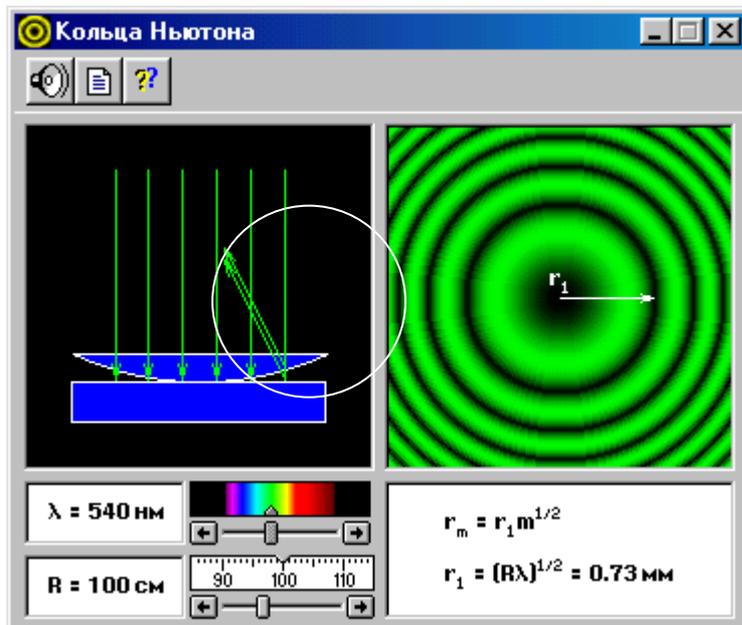


Рис.2

3. По формуле  $r_m = r_1 m^{\frac{1}{2}}$  и указанному значению  $r_1$  в правом нижнем прямоугольнике окна опыта рассчитайте значения радиусов 3, 4, 5 и 6-ого тёмных колец Ньютона и запишите эти значения в таблицу 2.
4. По формуле (7) для  $m_1 = 3$  и  $n_1 = 5$  и  $m_2 = 4$  и  $n_2 = 6$  рассчитайте радиусы кривизны линзы  $R^*_1$  и  $R^*_2$  и запишите эти значения в табл.2 .
5. Установите мышью вторые значения радиуса кривизны линзы и длины волны из таблицы 1 и выполните измерения п.п. 3 и 4.
6. Проанализируйте полученные результаты и оцените погрешность проведённых измерений.

Таблица 1. Значения длины волны и радиуса кривизны линзы.

Бригады	$\lambda_1$ , нм	$\lambda_2$ , нм	$R_1$ , см	$R_2$ , см
1,5	400	640	50	180
2,6	460	680	70	160
3,7	520	730	90	140
4,8	560	760	110	120

Таблица 2. Результаты измерений и расчетов.

$\lambda_1 = \text{_____} \quad R_1 = \text{_____}$				$\lambda_2 = \text{_____} \quad R_2 = \text{_____}$			
$r_3$	$r_5$	$r_4$	$r_6$	$r_3$	$r_5$	$r_4$	$r_6$
$R^*_1 =$		$R^*_2 =$		$R^*_3 =$		$R^*_4 =$	

### Контрольные вопросы

1. Сформулируйте принцип Гюйгенса.
2. Что такое когерентность?
3. Что называется временем когерентности некогерентной волны?
4. Что называется длиной когерентности?
5. Что такое интерференция света?
6. Условие интерференционного максимума и минимума.
7. Методы наблюдения интерференции света.
8. Проведите расчёт интерференционной картины в тонкой плёнке.

9. Что такое полосы равной толщины? Где они локализованы?
10. Что такое полосы равного наклона? Где они локализованы?
11. Как определяются радиусы светлых и темных колец Ньютона?
12. Объясните, почему расстояние между кольцами изменяется с изменением радиуса кривизны линзы при неизменной длине волны?
13. Как изменится картина колец Ньютона, если воздушный зазор между линзой и пластиной заполнить водой?
14. Как изменится картина колец Ньютона, если наблюдение проводить в проходящем свете?
15. Объясните, как явление интерференции света в тонких плёнках используется для просветления оптики?

### *Литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высшая школа, 2005.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА №3.2 *ИЗУЧЕНИЕ ДИФРАКЦИИ ФРАУНГОФЕРА ОТ ОДНОЙ ЩЕЛИ*

### ЦЕЛЬ РАБОТЫ:

- Знакомство со схемой дифракции Фраунгофера от одной щели в когерентном свете.
- Определение углов дифракции в параллельных лучах.

### *МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ*

Дифрагированные пучки являются когерентными и могут интерферировать при наложении. Результат интерференции в виде полос с периодическим распределением интенсивности наблюдается на экране 3, находящемся на расстоянии  $L$ . Условие дифракционного максимума на основе метода зон Френеля определяется формулой

$$d \sin \varphi = \pm (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (m = 1, 2, \dots).$$

Более точный расчёт интерференционной картины от одной щели даёт следующие формулы, определяющие углы дифракции, соответствующие дифракционным максимумам:

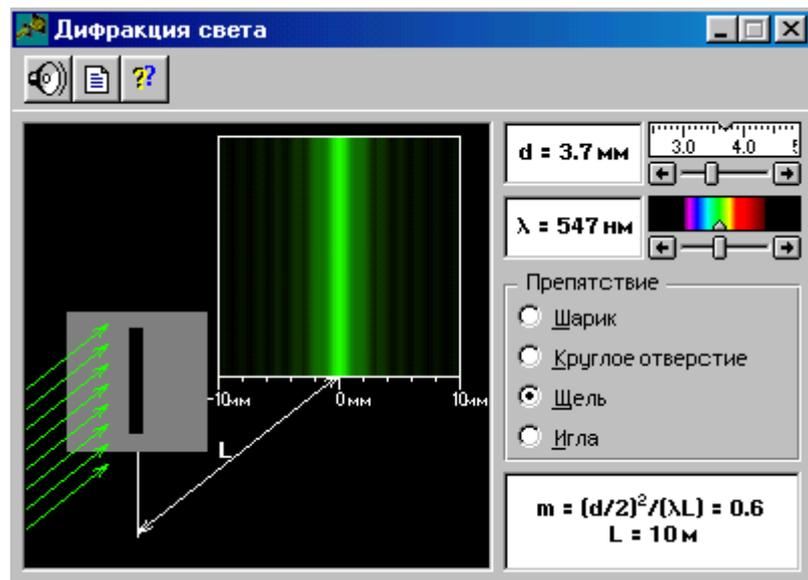
$$\begin{aligned} \text{первого порядка} \quad d \sin \varphi_1 &= \pm 1,43\lambda; \\ \text{второго порядка} \quad d \sin \varphi_2 &= \pm 2,46\lambda; \\ \text{третьего порядка} \quad d \sin \varphi_3 &= \pm 3,47\lambda. \end{aligned} \tag{1}$$

Из этих формул, зная ширину щели  $d$  и длину волны света  $\lambda$ , можно теоретически рассчитать направления на точки экрана, в которых амплитуда, а, следовательно, и интенсивность света максимальна. Аналогичные расчеты можно сделать из экспериментальных данных по измеренным на опыте значениям  $a_1$ ,  $a_2$ , и  $a_3$  и заданному расстоянию между щелью и экраном  $L$ :

(для малых углов допускаем:  $\sin \alpha \approx \text{tg } \alpha$ ). Тогда:

$$\sin \varphi_1 \approx \frac{a_1}{L}; \quad \sin \varphi_2 \approx \frac{a_2}{L}; \quad \sin \varphi_3 \approx \frac{a_3}{L}. \tag{2}$$

Внимательно рассмотрите рисунок, найдите все регуляторы и другие элементы эксперимента и зарисуйте их в конспект. Получите у преподавателя допуск для выполнения лабораторной работы.



### ИЗМЕРЕНИЯ:

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора вблизи картинке спектра, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая её в нажатом состоянии, двигайте движок до установки значения длины волны  $\lambda_1$ , взятого из таблицы 1 для вашей бригады.
2. Аналогичным образом, зацепив мышью движок регулятора расстояния между щелями, установите минимальное расстояние  $d = 2$  мм. Измерьте, используя шкалу на экране, расстояние  $a_1$  между нулевым и первым максимумами,  $a_2$  – между нулевым и вторым максимумами и т. д., до третьего максимума. Запишите эти значения в таблицу 2. Увеличивая  $d$  на 0,5 мм, проведите эти измерения ещё 4 раза.
3. Согласно таблице 1, устанавливая новые числовые значения длины волны  $\lambda$  для вашей бригады, повторите измерения по п.2, записывая результаты измерения в таблицы 3,4,5.

ТАБЛИЦА 1. Значения длины волны  $\lambda$  (в нм)

Бригада	1	2	3	4	5	6	7	8
$\lambda_1$	400	405	410	415	420	425	430	435
$\lambda_2$	500	505	510	515	520	525	530	540
$\lambda_3$	580	585	590	595	600	605	610	615
$\lambda_4$	630	635	640	645	650	655	660	665

ТАБЛИЦА 2 Результаты измерений при  $\lambda =$  \_\_\_\_\_ нм

d, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
$a_1$ , мм					
$a_2$ , мм					
$a_3$ , мм					
$\sin \varphi_1$					
$\sin \varphi_2$					
$\sin \varphi_3$					

ТАБЛИЦА 3 Результаты измерений при  $\lambda =$  нм

d, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
a <sub>1</sub> , мм					
a <sub>2</sub> , мм					
a <sub>3</sub> , мм					
sin $\varphi_1$					
sin $\varphi_2$					
sin $\varphi_3$					

ТАБЛИЦА 4 Результаты измерений при  $\lambda =$  нм

d, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
a <sub>1</sub> , мм					
a <sub>2</sub> , мм					
a <sub>3</sub> , мм					
sin $\varphi_1$					
sin $\varphi_2$					
sin $\varphi_3$					

ТАБЛИЦА 5 Результаты измерений при  $\lambda =$  нм

d, мм	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0
a <sub>1</sub> , мм					
a <sub>2</sub> , мм					
a <sub>3</sub> , мм					
sin $\varphi_1$					
sin $\varphi_2$					
sin $\varphi_3$					

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА**

1. Измерьте по шкале экрана и внесите в таблицы значения  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ .
2. Рассчитайте по формулам (2) и внесите в таблицы значения синусов углов дифракции.
3. Сравните полученные результаты с теоретическими, рассчитанными по формулам (1).
4. Оцените абсолютную ошибку измерений углов дифракции.
5. Проведите качественные наблюдения изменения дифракционной картины при увеличении размера щели от минимального до его максимального значения при неизменной длине волны и запишите результаты этих наблюдений в свой отчёт.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое дифракция света?
2. Сформулируйте принцип Гюйгенса-Френеля.
3. Что такое зоны Френеля?
4. Что называется дифракцией Френеля?
5. От чего зависит вид дифракционной картины при дифракции на круглом отверстии?
6. Что такое пятно Пуассона и почему оно возникает?
7. Что называется дифракцией Фраунгофера?
8. Запишите условия максимумов и минимумов при дифракции Фраунгофера.
9. Что называется постоянной (периодом) дифракционной решетки?

10. Запишите условия главных максимумов и минимумов при дифракции на дифракционной решетке.
11. Почему дифракционная решетка может быть использована как спектральный прибор?
12. Как определить число главных максимумов, даваемое дифракционной решеткой?

### *Литература*

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высшая школа, 2005.

## ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.3 **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЕРИОДА КРИСТАЛЛИЧЕСКОЙ РЕШЁТКИ МЕТОДОМ ДИФРАКЦИИ ЭЛЕКТРОНОВ**

### **ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Изучение волновых свойств электронов
- Знакомство с компьютерной моделью дифракции электронов при их рассеянии на одномерной монокристаллической решётке (электронография).
- Определение периода кристаллической решётки «плёнки металла».

### **МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ**

**ДИФРАКЦИЯ ЭЛЕКТРОНОВ** - рассеяние электронов веществом, при котором из начального пучка частиц возникают дополнительно отклонённые пучки этих частиц. Дифракция электронов может быть объяснена только на основе квантовомеханических представлений о микрочастице (электроне) как о волне. Основные геометрические закономерности дифракции электронов ничем не отличаются от закономерностей дифракции волн других диапазонов. Общим условием дифракции волн любой природы является соизмеримость длины падающей волны с расстоянием между рассеивающими центрами:

$$\lambda \leq d. \quad (2)$$

Образование дифракционной картины при рассеянии электронов веществом в квантовой физике интерпретируется как распределение вероятности попадания электрона в различные точки экрана. Прошедший через кристалл электрон в результате взаимодействия с кристаллической решёткой образца отклоняется от первоначального направления движения и попадает в некоторую точку фотопластинки, установленной за кристаллом. При длительной экспозиции постепенно возникает упорядоченная картина дифракционных максимумов и минимумов в распределении электронов, прошедших через кристалл. Точно предсказать, в какое место фотопластинки попадёт данный электрон, нельзя, но можно указать вероятность его попадания после рассеяния в ту или иную точку пластинки. Эта вероятность определяется квадратом модуля волновой функции электрона  $|\Psi(x, y, z, t)|^2$ ,

а дифракционная картина на экране возникает как результат вероятностного процесса.

**ЭЛЕКТРОНОГРАФИЯ** – метод исследования структуры кристаллических веществ, основанный на дифракционном рассеянии ускоренных электрическим полем электронов. Он применяется для изучения атомной структуры кристаллов, аморфных тел и жидкостей, молекул газов и паров. При прохождении через вещество электроны, обладающие волновыми свойствами, взаимодействуют с атомами, в результате чего образуются дифрагированные пучки, интенсивность и расположение которых связаны с атомной структурой вещества и другими структурными параметрами. Рассеяние электронов определяется электростатическим потенциалом атомов, максимумы которого отвечают положениям атомных ядер.

Сильное взаимодействие электронов с веществом ограничивает толщину просвечиваемых образцов десятками долями мкм. Поэтому методами электронографии изучают атомную

структуру мелкокристаллических веществ, структуру поверхностей твёрдых тел, например, при исследовании явлений коррозии металлов, адсорбции и катализа.

В основе расчёта элементов кристаллической ячейки и определения симметрии кристалла лежит измерение упорядоченного расположения дифракционных максимумов - точек или пятен («рефлексов») на электронограммах. С волновой точки зрения дифракция электронов полностью эквивалентна дифракции света на дифракционной решётке. Поэтому при рассеянии электронов на кристаллах положение главных максимумов определяется формулой дифракционной решётки:

$$d \sin \Theta = m\lambda . \quad (3)$$

При малых углах дифракции

$$\Theta \approx \frac{m\lambda}{d} . \quad (4)$$

Если на некотором расстоянии  $L$  от решётки поместить фотопластинку, то на ней будет зарегистрирована дифракционная картина в виде узких дифракционных полос – рефлексов, положения которых определяются при малых углах дифракции соотношением

$$x_m \approx L\Theta \approx \frac{mL\lambda}{d} , \quad (5)$$

откуда период кристаллической решётки (межплоскостное расстояние)

$$d \approx \frac{mL\lambda}{x_m} . \quad (6)$$

Внимательно рассмотрите схему опыта на экране монитора и зарисуйте необходимое в свой конспект лабораторной работы.

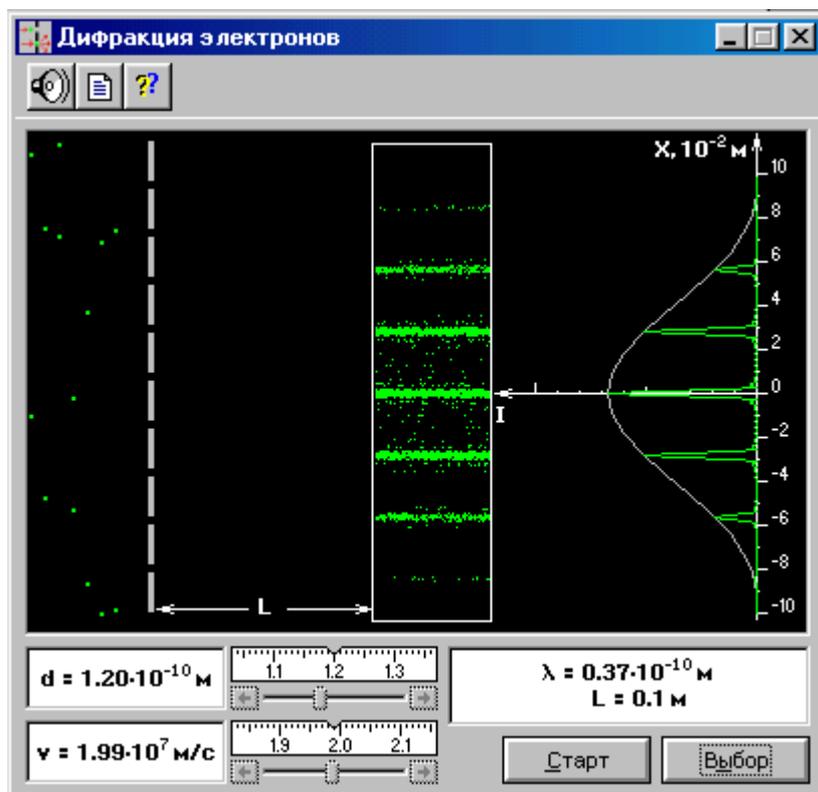


Рис.1

1. Нажмите мышью кнопку «Выбор» и, зацепив мышью движок регулятора периода решётки, установите значение  $d = 1,5 \cdot 10^{-10}$  м.
2. Аналогичным образом установите первое значение скорости электронов, указанное в табл.1 для вашей бригады.

3. Нажмите мышью кнопку «Старт» и наблюдайте движение электронов через одномерную модель дифракционной кристаллической решётки и их регистрацию на фотопластинке.
4. Определите по шкале, расположенной в правой части окна, координаты первых трёх максимумов интенсивности дифракционной картины и запишите эти значения в таблицу 2.
5. Установите второе значение скорости для вашей бригады и повторите эти измерения ещё раз.

Таблица 1. Значения скорости электронов

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
$v \cdot 10^7$ , м/с	1,50 2,00	1,55 2,05	1,60 2,10	1,65 2,15	1,70 2,20	1,80 2,25	1,85 2,30	1,90 2,35

Таблица 2. Результаты измерений и расчётов

$V_1 =$					$V_2 =$				
$\lambda$	$X_{m1}$	$X_{m2}$	$X_{m3}$	$d_3$ сред	$\lambda$	$X_{m1}$	$X_{m2}$	$X_{m3}$	$d_3$ сред
$d_3$					$d_3$				

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА**

1. Рассчитайте для каждого значения  $x_m$  по формуле (6) период дифракционной решётки  $d_3$ , запишите эти данные в табл.2 и сравните полученное среднее значение с установочным.
2. Проведите оценку погрешности измерений.

### **Вопросы для самоконтроля**

1. Что такое корпускулярно-волновой дуализм?
2. Чему равна длина волны де Бройля?
3. Сформулируйте соотношение неопределенностей Гейзенберга.
4. Что такое волновая функция?
5. Физический смысл квадрата модуля волновой функции.
6. Что характеризует волновая функция?
7. Принцип суперпозиции волновой функции.
8. Основное уравнение нерелятивистской квантовой механики.
9. Условия, накладываемыми на волновую функцию.
10. Уравнение Шредингера для стационарных состояний.
11. Что такое дифракция электронов?
12. Что такое электронография?
13. Какую информацию можно получить из анализа электронограммы?

### **Литература**

1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высшая школа, 2005.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3.4  
**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЗАРЯДА ЧАСТИЦЫ  
МЕТОДОМ ОТКЛОНЕНИЯ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ**

**ЦЕЛЬ РАБОТЫ:**

- Знакомство с компьютерным моделированием движения заряженных частиц в магнитном поле.
- Ознакомление с принципом работы масс-спектрометра.
- Определение удельного заряда частиц.

**МЕТОДИКА И ПОРЯДОК ИЗМЕРЕНИЙ**

СИЛА ЛОРЕНЦА- сила, действующая на движущуюся со скоростью  $v$  в однородном магнитном поле с индукцией  $B$  частицу с зарядом  $q$ :

$$\vec{F} = q[\vec{v}\vec{B}] \quad (1)$$

Модуль этой силы равен

$$F = qvB \sin \alpha, \quad (2)$$

где  $\alpha$ - угол между векторами  $\vec{v}$  и  $\vec{B}$ . Сила Лоренца направлена перпендикулярно скорости частицы, сообщает ей только нормальное ускорение и вызывает искривление траектории частицы.

Если частица влетает в однородное магнитное поле в направлении, перпендикулярном линиям магнитной индукции, то частица будет двигаться по дуге окружности, плоскость которой перпендикулярна линиям индукции. Радиус окружности можно найти из второго закона динамики:

$$m \frac{v^2}{R} = qvB. \quad (3)$$

УДЕЛЬНЫМ ЗАРЯДОМ ЧАСТИЦЫ называется отношение заряда частицы к её массе. Тогда из формулы (3) удельный заряд будет равен:

$$\frac{q}{m} = \frac{v}{RB}. \quad (4)$$

Период обращения частицы  $T = \frac{2\pi R}{v}$  равен

$$T = \frac{2\pi m}{qB}, \quad (5)$$

и не зависит от скорости.

МАСС-СПЕКТРОМЕТРОМ называется прибор, для разделения ионизованных молекул и атомов (изотопов) по их массам, основанный на воздействии электрических и магнитных полей на пучки ионов, летящих в вакууме.

Простейшая модель масс-спектрографа показана на рис. 1.

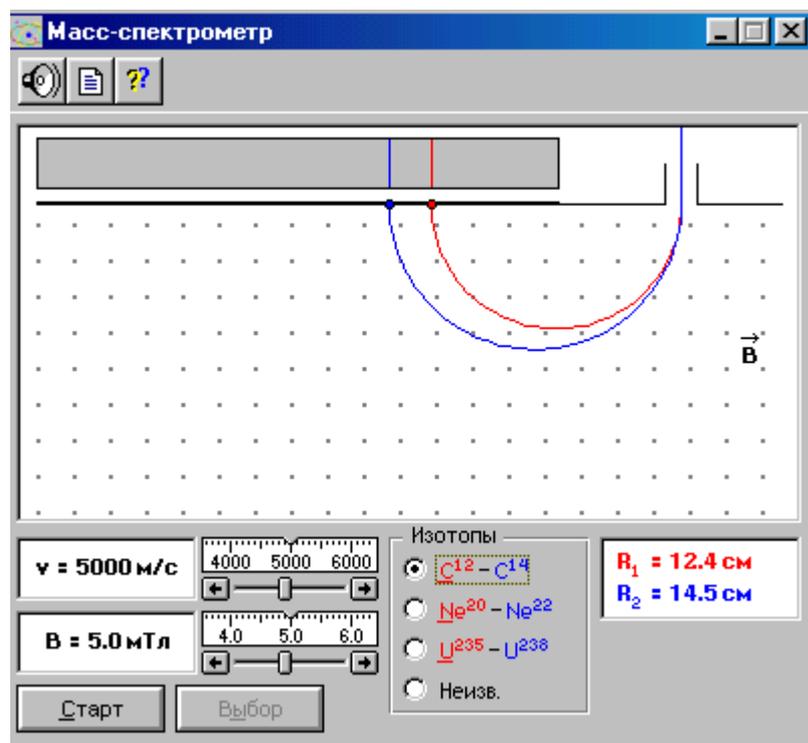


Рис. 1.

1. Подведите маркер мыши к движку регулятора величины магнитной индукции, нажмите левую кнопку мыши и, удерживая ее в нажатом состоянии, двигайте движок, установив числовое значение  $B$ , взятое из таблицы 1 для вашей бригады.
2. Аналогичным образом, зацепив мышью движок регулятора скорости, установите минимальное значение  $10^3$  м/с.
3. Нажмите мышью кнопку «Изоотопы  $C^{12}-C^{14}$ »
4. Нажмите мышью кнопку «Старт» и синхронно секундомер. Проследите за движением двух изотопов в магнитном поле модельного масс-спектрометра и по секундомеру определите время этого движения.
5. Запишите в таблицу 2 значения радиусов окружностей, по которым двигались эти изотопы (они показаны красным и синим цветом в правом углу окна) и время движения изотопов в вакуумной камере масс-спектрометра.
6. Последовательно увеличивая скорость частиц на  $10^3$  м/с, проделайте п.п.4-5 ещё 9 раз и заполните таблицу 2.
7. Нажмите мышью кнопку «Изоотопы  $Ne^{20}-Ne^{22}$ », проведите измерения п.п.4-6 и заполните таблицу 3.
8. Проведите аналогичные измерения с изотопами урана и неизвестного химического элемента и заполните таблицы 4 и 5.

Таблица 1. Значения магнитной индукции  $B$

Номер бригады	1	2	3	4	5	6	7	8
$B$ , мТл (табл.2,3)	1	2	3	4	5	6	7	8
$B$ , мТл (табл.4,5)	9,0	9,1	9,2	9,3	9,4	9,5	9,6	9,7

Таблицы 2-5. Результаты измерений и расчётов

$B =$

$v \cdot 10^3$ , м/с	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$R_1$ , см										
$R_2$ , см										

$T_{1/2}$ , с										
$q_1/m_1$ , Кл/кг										
$q_2/m_2$ , Кл/кг										
Табличные значения: $q_1/m_1 =$ _____ $q_2/m_2 =$ _____										

### **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ И ОФОРМЛЕНИЕ ОТЧЁТА**

1. Вычислите по формуле (4) удельные заряды изотопов углерода, неона, урана и неизвестного химического элемента и запишите полученные значения в соответствующие таблицы.
2. Используя справочные материалы по физике и химии, определите табличные значения удельных зарядов исследованных изотопов и сравните их с полученными в опыте.
3. Постройте график зависимости времени пролёта изотопов в камере масс-спектрометра от их скорости и сделайте выводы по результатам анализа этого графика.
4. Проведите оценку погрешностей проведённых измерений.

#### **Вопросы для самоконтроля**

1. Кем и когда была открыта радиоактивность?
2. Что такое естественная радиоактивность?
3. Что такое искусственная радиоактивность?
4. Что такое  $\alpha$ -излучение?
5. Что такое  $\beta$ -излучение?
6. Что такое  $\gamma$ -излучение?
7. Что называется радиоактивным распадом?
8. Что такое период полураспада?
9. Что называется активностью нуклида в радиоактивном источнике?
10. Правило смещения при радиоактивном распаде.
11. Что называется радиоактивным семейством?
12. Как образуются  $\alpha$ -частицы?
13. Закон Гейгера – Нэттола.
14. Электронный и позитронный распады, электронный захват.
15. Каким является энергетический спектр испускаемых при бета-распаде электронов?
16. Каким является энергетический спектр  $\alpha$ -частиц?
17. Что такое позитрон?
18. К чему приводит взаимодействие частицы и античастицы?
19. Что такое гамма-излучение?
20. Каким является энергетический спектр  $\gamma$ -излучения?
21. Какими процессами сопровождается прохождение  $\gamma$ -излучения через вещество?
22. Что такое ядерный фотоэффект?
23. Что называется удельным зарядом частицы?
24. Что такое масс-спектрометр?

#### **Литература**

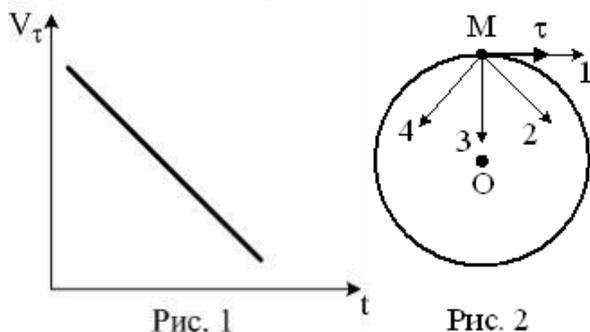
1. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов / Таисия Ивановна Трофимова. – 11-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 560 с.
2. Детлаф А.А. Курс физики / А.А. Детлаф, Б.М. Яворский – М.: Высшая школа, 2005.

### 3.6 Перечень тестовых заданий по дисциплине

#### 3.6.1 Продвинутый уровень

**ЗАДАНИЕ N 1** (выберите один вариант ответа)

Материальная точка  $M$  движется по окружности со скоростью  $\vec{V}$ . На рис. 1 показан график зависимости проекции скорости  $V_\tau$  от времени ( $\vec{\tau}$  – единичный вектор положительного направления,  $V_\tau$  – проекция  $\vec{V}$  на это направление). При этом вектор полного ускорения на рис. 2 имеет направление ...

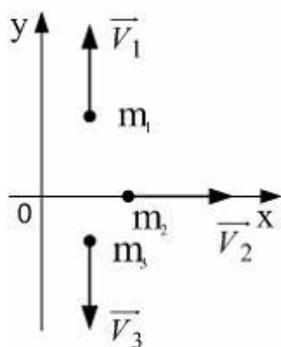


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	4	2)	1
3)	3	4)	2

**ЗАДАНИЕ N 2** (выберите один вариант ответа)

Система состоит из трех шаров с массами  $m_1=1$  кг,  $m_2=2$  кг,  $m_3=3$  кг, которые движутся так, как показано на рисунке



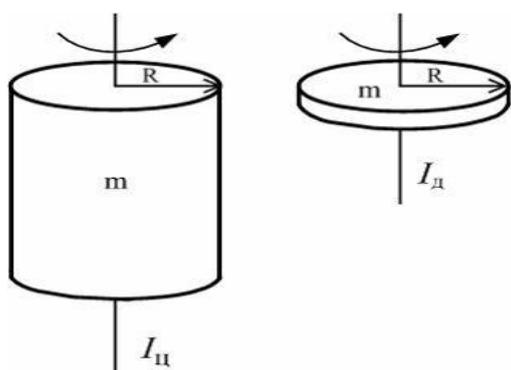
Если скорости шаров равны  $v_1=3$  м/с,  $v_2=2$  м/с,  $v_3=1$  м/с, то величина скорости центра масс этой системы в м/с равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	$\frac{5}{3}$	2)	4
3)	$\frac{2}{3}$	4)	10

**ЗАДАНИЕ N 3** (выберите один вариант ответа)

Диск и цилиндр имеют одинаковые массы и радиусы (рис.). Для их моментов инерции справедливо соотношение...



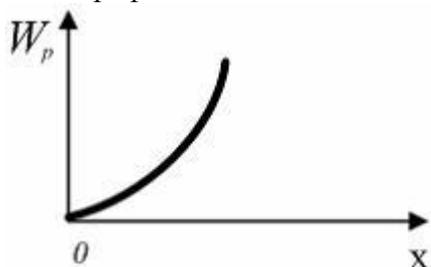
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	$I_{ц} < I_{д}$	2)	$I_{ц} > I_{д}$
3)	$I_{ц} = I_{д}$		

ЗАДАНИЕ N 4 (выберите один вариант ответа)

В потенциальном поле сила  $\vec{F}$  пропорциональна градиенту потенциальной энергии  $W_p$ .

Если график зависимости потенциальной энергии  $W_p$  от координаты  $x$  имеет вид



то зависимость проекции силы  $F_x$  на ось  $X$  будет....

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)		2)	
3)		4)	

ЗАДАНИЕ N 5 (выберите один вариант ответа)

Сплошной и полый цилиндры, имеющие одинаковые массы и радиусы, вкатываются без проскальзывания на горку. Если начальные скорости тел одинаковы, то...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	выше поднимется полый цилиндр	2)	выше поднимется сплошной цилиндр
3)	оба тела поднимутся на одну и ту же высоту		

**ЗАДАНИЕ N 6** (выберите один вариант ответа)

Космический корабль с двумя космонавтами летит со скоростью  $V=0,8c$  ( $c$  – скорость света в вакууме). Один из космонавтов медленно поворачивает метровый стержень из положения 1, параллельного направлению движения, в положение 2, перпендикулярное этому направлению. Тогда длина стержня с точки зрения другого космонавта ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

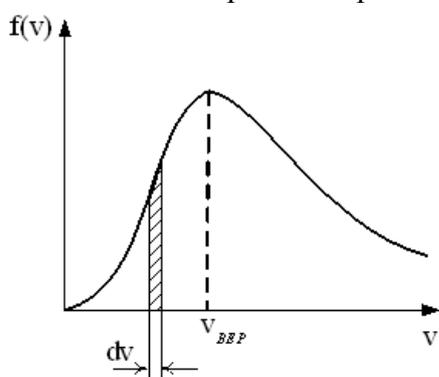
1)	изменится от 1,0 м в положении 1 до 0,6 м в положении 2	2)	равна 1,0 м при любой его ориентации
3)	изменится от 0,6 м в положении 1 до 1,0 м в положении 2	4)	изменится от 1,0 м в положении 1 до 1,67 м в положении 2

**ЗАДАНИЕ N 7** (выберите один вариант ответа)

На рисунке представлен график функции распределения молекул идеального газа по скоростям (распределение Максвелла), где

$$f(v) = \frac{dN}{Ndv}$$

– доля молекул, скорости которых заключены в интервале скоростей от  $v$  до  $v+dv$  в расчете на единицу этого интервала.



Для этой функции верным утверждением является...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	с ростом температуры площадь под кривой растет	2)	с ростом температуры величина максимума растет
3)	с ростом температуры максимум кривой смещается вправо		

**ЗАДАНИЕ N 8** (выберите один вариант ответа)

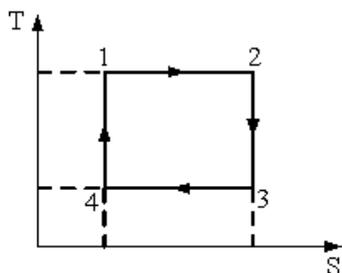
Средняя кинетическая энергия молекул газа при температуре  $T$  зависит от их структуры, что связано с возможностью различных видов движения атомов в молекуле. Средняя кинетическая энергия молекул гелия (He) равна ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	$\frac{5}{2}kT$	2)	$\frac{7}{2}kT$
3)	$\frac{1}{2}kT$	4)	$\frac{3}{2}kT$

**ЗАДАНИЕ N 9** (выберите один вариант ответа)

На рисунке изображен цикл Карно в координатах (T,S), где S-энтропия. Теплота подводится к системе на участке ...

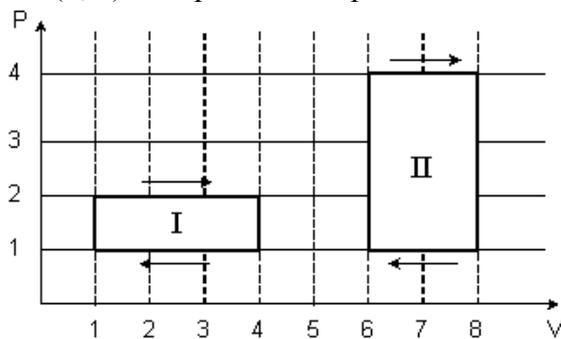


ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	3 – 4	2)	2 – 3
3)	4 – 1	4)	1 – 2

**ЗАДАНИЕ N 10** (выберите один вариант ответа)

На (P,V)-диаграмме изображены два циклических процесса.



Отношение работ, совершенных в каждом цикле  $A_I/A_{II}$ , равно...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	-2	2)	1/2
3)	2	4)	-1/2

**ЗАДАНИЕ N 11** (выберите один вариант ответа)

Точечный заряд  $+q$  находится в центре сферической поверхности. Если добавить заряд  $+q$  за пределами сферы, то поток вектора напряженности электростатического поля  $\vec{E}$  через поверхность сферы...

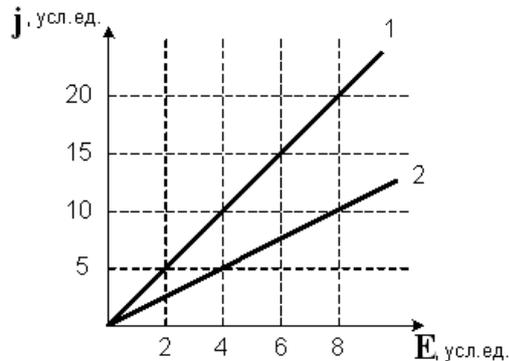
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	не изменится	2)	уменьшится
----	--------------	----	------------

3)	увеличится		
----	------------	--	--

**ЗАДАНИЕ N 12** (выберите один вариант ответа)

На рисунке представлена зависимость плотности тока  $\mathbf{j}$ , протекающего в проводниках 1 и 2, от напряженности электрического поля  $\mathbf{E}$ .



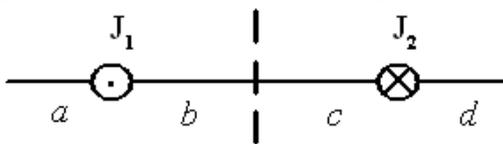
Отношение удельных проводимостей этих элементов  $s_1/s_2$  равно ...

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)	2	2)	4
3)	1/4	4)	1/2

**ЗАДАНИЕ N 13** (выберите один вариант ответа)

На рисунке изображены сечения двух параллельных прямолинейных длинных проводников с противоположно направленными токами, причем  $J_1=2J_2$ . Индукция  $\vec{B}$  результирующего магнитного поля равна нулю в некоторой точке интервала....

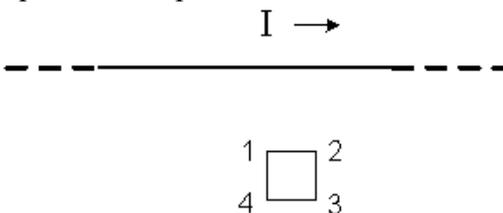


**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)	d	2)	a
3)	b	4)	c

**ЗАДАНИЕ N 14** (выберите один вариант ответа)

На рисунке показан длинный проводник с током, около которого находится небольшая проводящая рамка.



При **выключении** в проводнике тока заданного направления, в рамке...

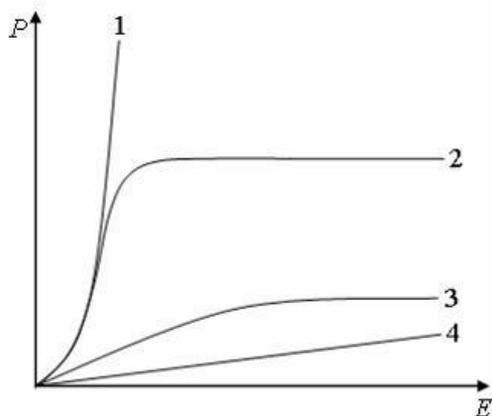
**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)	возникнет индукционный ток в на-	2)	возникнет индукционный ток в на-
----	----------------------------------	----	----------------------------------

	правления 1-2-3-4			правления 4-3-2-1
3)	индукционного тока не возникнет			

**ЗАДАНИЕ N 15** (выберите один вариант ответа)

На рисунке представлены графики, отражающие характер зависимости поляризованности  $P$  диэлектрика от напряженности поля  $E$ .



Укажите зависимость, соответствующую **неполярным** диэлектрикам.

**ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:**

1)	3	2)	2
3)	1	4)	4

**ЗАДАНИЕ N 16** (выберите один вариант ответа)

Полная система уравнений Максвелла для электромагнитного поля имеет вид:

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} = \int_{(S)} \left( \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} \right) d\vec{S}$$

$$\int_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = \int_{(V)} \rho dV$$

$$\int_{(S)} \vec{B} d\vec{S} = 0$$

Следующая система уравнений:

$$\oint_{(L)} \vec{E} d\vec{l} = - \int_{(S)} \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\oint_{(L)} \vec{H} d\vec{l} = \int_{(S)} \frac{\partial \vec{D}}{\partial t} d\vec{S}$$

$$\int_{(S)} \vec{D} d\vec{S} = 0$$

$$\oint_{(S)} \vec{B} \, d\vec{S} = 0$$

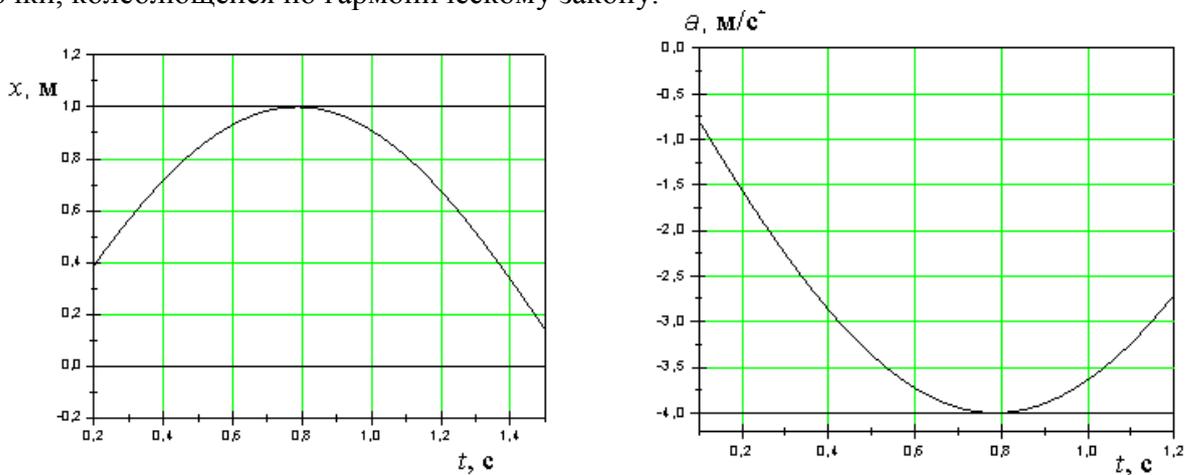
справедлива для переменного электромагнитного поля ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	в отсутствие заряженных тел	2)	в отсутствие токов проводимости
3)	в отсутствие заряженных тел и токов проводимости	4)	при наличии заряженных тел и токов проводимости

**ЗАДАНИЕ N 17** (выберите один вариант ответа)

На рисунках изображены зависимости от времени координаты и ускорения материальной точки, колеблющейся по гармоническому закону.



Циклическая частота колебаний точки равна

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	$3 \text{ c}^{-1}$	2)	$1 \text{ c}^{-1}$
3)	$4 \text{ c}^{-1}$	4)	$2 \text{ c}^{-1}$

**ЗАДАНИЕ N 18** (выберите один вариант ответа)

Складываются два гармонических колебания одного направления с одинаковыми периодами и равными амплитудами  $A_0$ . При разности фаз  $\Delta\varphi = \frac{3\pi}{2}$  амплитуда результирующего колебания равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	$2A_0$	2)	$\frac{5}{2}A_0$
3)	$A_0\sqrt{2}$	4)	0

**ЗАДАНИЕ N 19** (выберите один вариант ответа)

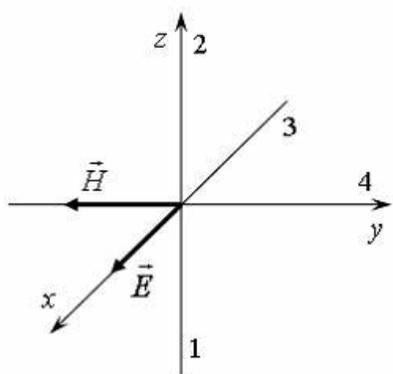
Уравнение плоской синусоидальной волны, распространяющейся вдоль оси OX, имеет вид  $\xi = 0,01\sin(10^3t - 2x)$ . Тогда скорость распространения волны (в м/с) равна...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	1000	2)	2
3)	500		

**ЗАДАНИЕ N 20** (выберите один вариант ответа)

На рисунке показана ориентация векторов напряженности электрического ( $\vec{E}$ ) и магнитного ( $\vec{H}$ ) полей в электромагнитной волне. Вектор плотности потока энергии электромагнитного поля ориентирован в направлении...



ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	3	2)	4
3)	1	4)	2

**ЗАДАНИЕ N 21** (выберите один вариант ответа)

Если закрыть  $n$  открытых зон Френеля, а открыть только первую, то амплитудное значение вектора напряженности электрического поля...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	увеличится в 2 раза	2)	уменьшится в 2 раза
3)	увеличится в $n$ раз	4)	не изменится

**ЗАДАНИЕ N 22** (выберите один вариант ответа)

На идеальный поляризатор падает свет интенсивности  $J_{ест}$  от обычного источника. При вращении поляризатора вокруг направления распространения луча интенсивность света за поляризатором

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	меняется от $J_{ест}$ до $J_{max}$	2)	не меняется и равна $\frac{1}{2}J_{ест}$
----	------------------------------------	----	--

3)	не меняется и равна $J_{вст}$	4)	меняется от $J_{min}$ до $J_{max}$
----	-------------------------------	----	------------------------------------

**ЗАДАНИЕ N 23** (выберите один вариант ответа)

Абсолютно черное тело и серое тело имеют одинаковую температуру. При этом интенсивность излучения...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	определяется площадью поверхности тела	2)	больше у абсолютно черного тела
3)	одинаковая у обоих тел	4)	больше у серого тела

**ЗАДАНИЕ N 24** (выберите один вариант ответа)

Давление света зависит от ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	степени поляризованности света	2)	показателя преломления вещества, на которое падает свет
3)	энергии фотона	4)	скорости света в среде

**ЗАДАНИЕ N 25** (выберите один вариант ответа)

Установить соответствие квантовых чисел, определяющих волновую функцию электрона в атоме водорода, их физическому смыслу:

1.  $n$  А. определяет ориентации электронного облака в пространстве
2.  $l$  Б. определяет форму электронного облака
3.  $m$  В. определяет размеры электронного облака
- Г. собственный механический момент

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	1-В, 2-Б, 3-А	2)	1-В, 2-А, 3-Г
3)	1-Г, 2-Б, 3-А	4)	1-А, 2-Б, 3-В

**ЗАДАНИЕ N 26** (выберите один вариант ответа)

Если частицы имеют одинаковую длину волны де Бройля, то наименьшей скоростью обладает ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	протон	2)	позитрон
3)	$\alpha$ -частица	4)	нейтрон

**ЗАДАНИЕ N 27** (выберите один вариант ответа)

Установите соответствие уравнений Шредингера их физическому смыслу:

$$\nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E + \frac{ze^2}{4\pi\epsilon_0 r} \right) \psi = 0$$

1. нестационарное

А.

2. стационарное для микрочастицы в потенциальной одномерной яме

$$\text{Б. } \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega^2 x^2}{2} \right) \psi = 0$$

3. стационарное для электрона в атоме водорода

$$\text{В. } \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0$$

4. стационарное для гармонического осциллятора

$$\text{Г. } -\frac{\hbar^2}{2m} \nabla^2 \psi + U\psi = i\hbar \frac{\partial \psi}{\partial t}$$

$$\text{Д. } \nabla^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} E \psi = 0$$

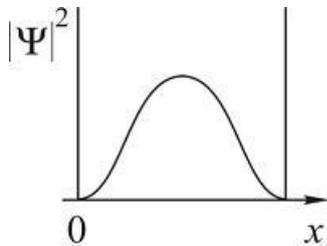
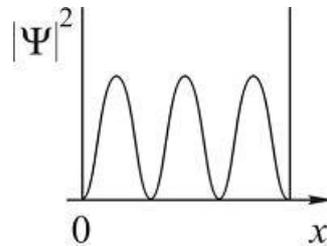
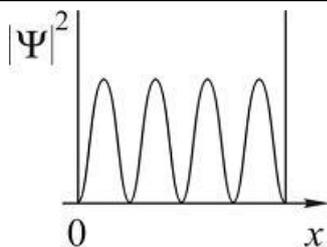
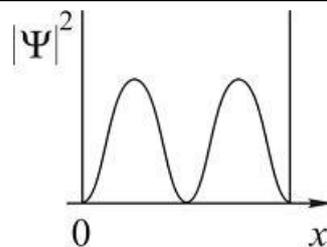
ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	1-Г, 2-В, 3-А, 4-Б	2)	1-А, 2-Б, 3-Г, 4-В
3)	1-В, 2-Б, 3-А, 4-Д	4)	1-Г, 2-Б, 3-А, 4-В

**ЗАДАНИЕ N 28** (выберите один вариант ответа)

На рисунках приведены картины распределения плотности вероятности нахождения микрочастицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками. Состоянию с квантовым числом  $n=4$  соответствует ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)		2)	
3)		4)	

**ЗАДАНИЕ N 29** (выберите один вариант ответа)

При  $\alpha$ -распаде значение зарядового числа  $Z$  меняется ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	на два	2)	на четыре
3)	не меняется	4)	на три

**ЗАДАНИЕ N 30** (выберите один вариант ответа)

Сколько  $\alpha$  – и  $\beta^-$  – распадов должно произойти, чтобы  ${}_{92}^{238}\text{U}$  превратился в стабильный изотоп свинца  ${}_{82}^{206}\text{Pb}$ .

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	6 $\alpha$ – и распадов 8 $\beta^-$ – распадов	2)	10 $\alpha$ – и распадов 4 $\beta^-$ – распадов
3)	8 $\alpha$ – распадов и 6 $\beta^-$ – распадов	4)	9 $\alpha$ – и распадов 5 $\beta^-$ – распадов

ЗАДАНИЕ N 31 (выберите один вариант ответа)

Реакция  $\mu^- \rightarrow e^- + \nu_e + \nu_\mu$  не может идти из-за нарушения закона сохранения ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	барионного заряда	2)	лептонного заряда
3)	электрического заряда	4)	спинового момента импульса

ЗАДАНИЕ N 32 (выберите один вариант ответа)

В процессе электромагнитного взаимодействия принимают участие ...

ВАРИАНТЫ ОТВЕТОВ:

1)	нейтроны	2)	фотоны
3)	нейтрино		

### 3.6.1 Высокий уровень

ЗАДАНИЕ N 1 (приведите правильный ответ)

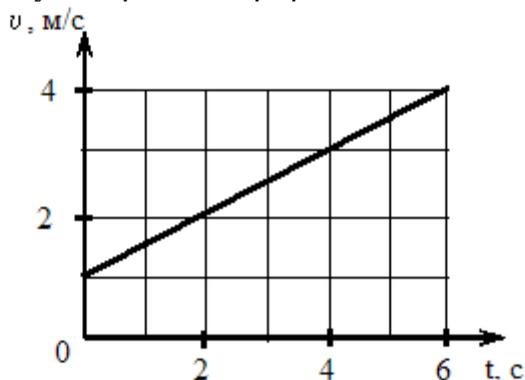
Тело массы  $m = 100$  г бросили с поверхности земли с начальной скоростью  $v_0 = 10$  м/с под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту. Если пренебречь сопротивлением воздуха, средняя мощность, развиваемая силой тяжести за время падения тела на землю, равна ...

ЗАДАНИЕ N 2 (приведите правильный ответ)

Частица движется в двумерном поле, причем ее потенциальная энергия задается функцией  $U = -2xy$ . Работа сил поля по перемещению частицы (в Дж) из точки С (1, 1, 1) в точку В (2, 2, 2) равна ... (Функция  $U$  и координаты точек заданы в единицах СИ.)

ЗАДАНИЕ N 3 (приведите правильный ответ)

На рисунке приведен график зависимости скорости тела  $v$  от времени  $t$ .



Если масса тела равна 2 кг, то сила (в Н), действующая на тело, равна ...

**ЗАДАНИЕ N 4** (приведите правильный ответ)

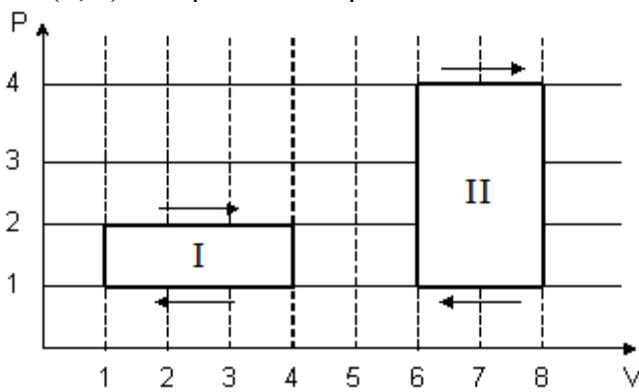
На черную пластинку падает поток света. Если число фотонов, падающих на единицу площади поверхности в единицу времени, увеличить в 4 раза, а черную пластинку заменить зеркальной, то световое давление увеличится в \_\_\_\_\_ раз.

**ЗАДАНИЕ N 5** (приведите правильный ответ)

При наблюдении интерференции фиолетового света в опыте Юнга расстояние между соседними темными полосами на экране равно 2 мм. Если источник фиолетового света заменить источником красного света, длина волны которого в 1,5 раза больше, то это расстояние станет равным \_\_\_\_\_ мм.

**ЗАДАНИЕ N 6** (приведите правильный ответ)

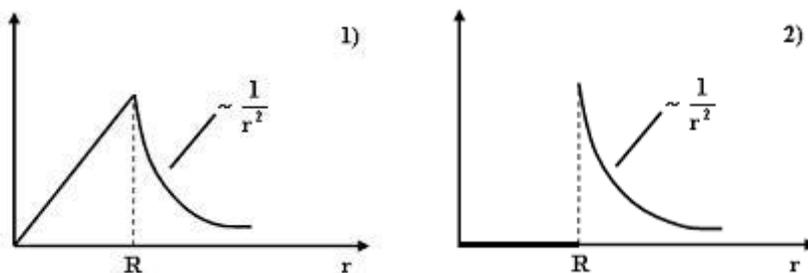
На (P,V)-диаграмме изображены 2 циклических процесса.



Отношение работ  $\frac{A_{II}}{A_I}$ , совершенных в этих циклах, равно ...

**ЗАДАНИЕ N 7** (приведите правильный ответ)

На рисунках представлены графики зависимости напряженности поля  $E(r)$  для различных распределений заря-



да:

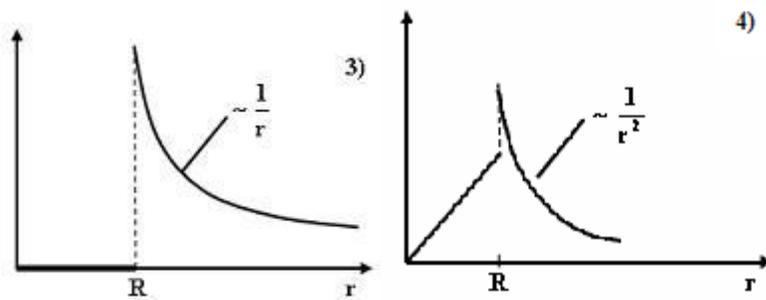


График зависимости

$E(r)$  для заряженной металлической сферы радиуса  $R$  показан на рисунке ...

**ЗАДАНИЕ N 8** (приведите правильный ответ)

Частица совершила перемещение по некоторой траектории из точки 1 с радиус-вектором  $\vec{r}_1 = \vec{i} - 3\vec{j}$  в точку 2 с радиус-вектором  $\vec{r}_2 = 3\vec{i} + 2\vec{j}$ . При этом на нее действовала сила  $\vec{F} = 3\vec{i} + 4\vec{j}$  (радиус-векторы  $\vec{r}_1$ ,  $\vec{r}_2$  и сила  $\vec{F}$  заданы в единицах СИ). Работа, совершенная силой  $\vec{F}$ , равна ...

**ЗАДАНИЕ N 9** (приведите правильный ответ)

Если в электромагнитной волне, распространяющейся в среде с показателем преломления  $n = 2$ , значения напряженностей электрического и магнитного полей соответственно равны

$$E = 750 \frac{\text{В}}{\text{м}}, \quad H = 2 \frac{\text{А}}{\text{м}}$$

, то объемная плотность энергии составляет

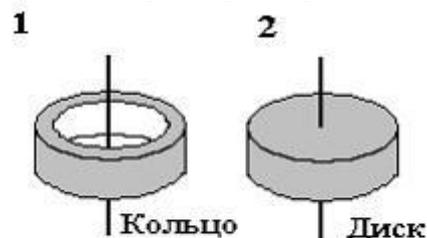
\_\_\_\_\_  $\frac{\text{мкДж}}{\text{м}^3}$ .

**ЗАДАНИЕ N 10** (приведите правильный ответ)

В колебательном контуре, состоящем из катушки индуктивности  $L = 10 \text{ Гн}$ , конденсатора  $C = 10 \text{ мкФ}$  и сопротивления  $R = 5 \text{ Ом}$ , время релаксации в секундах равно ...

**ЗАДАНИЕ N 11** (приведите правильный ответ)

На рисунке показаны тела одинаковой массы и размеров, вращающиеся вокруг вертикальной оси с одинаковой частотой.



Момент импульса первого тела

$L_1 = 0,1$  Дж·с. Если  $m = 1$  кг,  $R = 10$  см, то кинетическая энергия второго тела (в мДж) равна ...

**ЗАДАНИЕ N 12** (приведите правильный ответ)



**ЗАДАНИЕ N 16** (приведите правильный ответ)

Давление  $P$  света на поверхность, имеющую коэффициент отражения  $\rho = 0,5$ , при

$$E = 200 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$$

энергетической освещенности \_\_\_\_\_ составляет \_\_\_\_\_ мкПа.

**ЗАДАНИЕ N 17** (приведите правильный ответ)

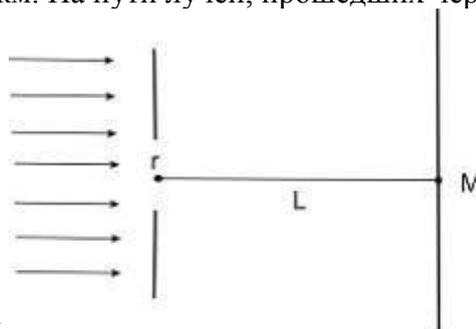
Два проводника заряжены до потенциалов 34 В и  $-16$  В. Заряд 100 нКл нужно перенести со второго проводника на первый. При этом необходимо совершить работу (в мкДж), равную ...

**ЗАДАНИЕ N 18** (приведите правильный ответ)

В упругой среде плотностью  $\rho$  распространяется плоская синусоидальная волна с частотой  $\omega$  и амплитудой  $A$ . При переходе волны в другую среду, плотность которой в 2 раза меньше, амплитуду увеличивают в 4 раза, тогда объемная плотность энергии, переносимой волной, увеличится в \_\_\_\_\_ раз(-а).

**ЗАДАНИЕ N 19** (приведите правильный ответ)

На диафрагму с круглым отверстием радиусом 2 мм падает нормально параллельный пучок света длиной волны 0,5 мкм. На пути лучей, прошедших через отверстие, на



расстоянии 1 м помещают экран.

В отверстии диафрагмы для точки М укладываются \_\_\_\_\_ зона(-ы) Френеля.

В отверстии диа-

**ЗАДАНИЕ N 20** (приведите правильный ответ)

Отношение скоростей протона и  $\alpha$ -частицы, длины волн де Бройля которых одинаковы, равно ...

**ЗАДАНИЕ N 21** (приведите правильный ответ)

Если через интервал времени  $\tau$  осталось нераспавшимся 25% первоначального количества радиоактивных ядер, то это время равно \_\_\_\_\_ периодам(-у) полураспада.