

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра микроэлектроники и общей физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан математического факультета



Нестеров П.Н.

21 мая 2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

**Физика**

Направление подготовки (специальности)  
10.03.01 Информационная безопасность

Направленность (профиль)  
«Безопасность компьютерных систем (в сфере информационных технологий)»

Форма обучения очная

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры  
от 22 апреля 2024 г., протокол № 5

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от 30 апреля 2024 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями преподавания дисциплины «Физика» являются:

- формирование системы знаний о свойствах материи и общих законах природы;
- освещение гуманитарного аспекта физической науки, как общечеловеческого достояния;
- обучение навыкам решения физических задач;
- знакомство с техникой лабораторного эксперимента, методикой обработки опытных данных.

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Данная дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

Она использует математический аппарат, который формируется у студентов при изучении таких предметов, как «Математический анализ», «Геометрия», «Алгебра», «Линейная алгебра».

Данная дисциплина развивает аналитические способности учащихся, навыки решения расчетных и экспериментальных задач. Служит основой для изучения последующих предметов: «Электроника и схемотехника», «Аппаратные средства вычислительной техники». Её отдельные положения полезны для усвоения студентами разделов «Теории вероятностей и математической статистики».

Знания «Физики» могут с успехом применяться также при выполнении студентами научно-исследовательской работы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК - 4</b> Способен применять необходимые физические законы и модели для решения задач профессиональной деятельности	<b>И-ОПК-4.1</b> Применяет физические законы и модели при решении профессиональных задач	<b>Знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- основные понятия и законы физики, количественные характеристики свойств материи, их связи между собой;</li><li>- об этапах развития классической физики и предпосылках создания релятивистской и квантовой теорий;</li></ul> <b>Уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>- формулировать основные физические принципы с их математическим выражением;</li><li>- оценивать корректность физических предположений и математических методов решения физических задач.</li><li>- обрабатывать и анализировать результаты измерений, получая из них</li></ul>

		информацию об исследуемых свойствах; <b>Владеть навыками:</b> - аналитического мышления, приёмами решения задач, методикой обработки данных; - применения законов физики для описания природных явлений
<b>ОПК-11</b> Способен проводить эксперименты по заданной методике и обработку их результатов	<b>И-ОПК-11.4</b> Проводит экспериментальные измерения и обрабатывает полученные результаты	<b>Знать:</b> - основы работы в Excel, Wolfram Mathematica. <b>Уметь:</b> - обрабатывать результаты прямых и косвенных измерений. <b>Владеть навыками:</b> - применения методов обработки и анализа экспериментальной и теоретической физической информации; - графического представления экспериментальных результатов; - навыками работы с электроизмерительными приборами.
	<b>И-ОПК-11.5</b> Знает теоретические основы теории погрешностей	<b>Знать:</b> - методы статистической обработки результатов измерения в общем физическом практикуме; - основные виды распределений случайных величин.

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных един., 288 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Механика материальной точки	2	5		8			6	Лабораторная работа
2	Динамика простых систем	2	7	8		3		8	Лабораторная работа
3	Неинерциальные системы отсчёта	2	4					4	Проверка конспектов

4	Небесная механика	2	4					6	Проверка задач Аттестация в деканат
5	Механика твёрдого тела	2	7	8		5		8	Лабораторная работа
6	Механика жидкостей	2	5		8			4	Лабораторная работа
						2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>Всего за 2 семестр</b>		32	16	16	10	0,5	69,5	
7	Электрическое поле в вакууме	3	5	2	2	1		2	Лабораторная работа Контрольная работа № 1
8	Электрическое поле при наличии проводников	3	2					4	Контрольная работа № 1
9	Электрическое поле при наличии диэлектриков	3	2					4	Контрольная работа № 1
10	Постоянный электрический ток	3	3	5	5	1		4	Лабораторная работа Контрольная работа № 1
11	Постоянное магнитное поле в вакууме	3	3	2	2	1		4	Лабораторная работа Контрольная работа № 1
12	Постоянное магнитное поле в магнетиках	3	4	2	2			2	Лабораторная работа Контрольная работа № 1
13	Электромагнитная индукция	3	4			1		4	Контрольная работа № 1
14	Линейные электрические цепи и электромагнитные колебания	3	1	5	5	1		4	Лабораторная работа Контрольная работа № 1
15	Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны	3	4			2		4	Устный опрос
16	Основы специальной теории относительности	3	4			1		4	Контрольная работа № 2
						2	0,5	33,5	Экзамен
	<b>Всего за 3 семестр</b>		32	16	16	10	0,5	69,5	
	<b>Всего</b>		64	32	32	20	1,0	139	

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Механика материальной точки

1.1. Кинематика материальной точки. Составляющие векторов скорости и ускорения. Задачи на расчёт плоского движения. Закон сложения движений.

1.2. Динамика материальной точки. Инерциальные системы отсчёта. Законы Ньютона. Принцип относительности Галилея. Аддитивность массы и закон её сохранения. Прямая и обратная задача динамики.

1.3. Сила тяжести и вес. Другие виды сил. Движение тел под действием силы тяжести. Опыты Галилея с падением и скатыванием тел по наклонной плоскости. Задача о вертикальном движении тела с учётом силы сопротивления воздуха.

1.4. Работа и кинетическая энергия. Консервативные силы и потенциальная энергия. Примеры диссипативных и гироскопических сил. Закон изменения механической энергии материальной точки.

## **2. Динамика простых систем**

2.1. Динамика системы материальных точек. Законы изменения импульса и энергии. Теорема о движении центра масс. Задачи на скольжение взаимодействующих тел.

2.2. Закон сохранения импульса и его роль в определении инертной массы тел. Задача о баллистическом маятнике.

2.3. Определение моментов импульса и силы. Уравнение моментов относительно неподвижного начала. Закон сохранения момента импульса.

2.4. Опыты Галилея с подвешенными телами (проверка закона сохранения энергии). Изохронность колебаний математического и физического маятников. Изобретение Гюйгенсом маятниковых часов.

## **3. Неинерциальные системы отсчёта**

3.1. Неинерциальные системы отсчёта. Поступательная и центробежная сила инерции. Задача о коническом маятнике.

3.2. Сила Кориолиса. Задачи об отклонении артиллерийского снаряда. Маятник Фуко.

3.3. Равенство (эквивалентность) инертной и гравитационной масс. Обобщённый закон свободного падения Галилея, его проверка Ньютоном, Бесселем и др.

## **4. Небесная механика**

4.1. Законы Кеплера и закон всемирного тяготения Ньютона. Вывод закона площадей из закона сохранения момента импульса. Определение относительной массы Солнца и планет по движению их спутников.

4.2. Принцип суперпозиции сил тяготения. Задача на расчёт гравитационного поля однородной сферы и шара. Измерение гравитационной постоянной (Кулон, Кавендиш, Жолли).

4.3. Космические скорости. Уравнение орбиты планеты. Задачи на расчёт параметров движения небесных тел.

## **5. Механика твёрдого тела**

5.1. Кинематика твёрдого тела. Связь угловых и линейных кинематических величин для чистого вращения. Теорема Эйлера. Основная кинематическая формула.

5.2. Динамика твёрдого тела. Уравнение моментов относительно движущегося начала. Кинетическая энергия и момент инерции тела. Теорема Штейнера.

5.3. Уравнение вращательного движения вокруг неподвижной оси. Аналогия с поступательным движением. Задачи на качение круглых тел.

5.4. Динамика гироскопа. Скорость прецессии. Сила, действующая на опору.

## **6. Механика жидкостей**

6.1. Общие свойства жидкости (текучесть, сжимаемость). Закон Паскаля. Вывод уравнения гидростатики.

6.2. Решение уравнения гидростатики. Барометрическая формула. Учёт градиента температуры в тропосфере. Расчёт давления на вершине Эвереста. Влияние вращения Земли на её форму.

6.3. Кинематика жидкости (Эйлер, Лагранж). Траектории жидких частиц. Линии и трубки тока. Уравнение неразрывности.

6.4. Динамика идеальной жидкости. Уравнение Эйлера. Интеграл Бернулли. Истечение жидкости из отверстия в сосуде. Задача об атмосферном вихре (циклоне).

## **7. Электростатическое поле в вакууме.**

7.1. Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Экспериментальная проверка закона Кулона. Электростатическое поле. Вектор напряжённости электростатического поля, принцип суперпозиции полей. Силовые линии электростатического поля. Напряжённость поля точечного заряда.

7.2. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса и ее применение к расчету полей некоторых заряженных симметричных тел.

7.3. Работа сил поля при перемещении зарядов. Циркуляция вектора напряженности. Потенциальный характер электростатического поля. Электрический потенциал. Эквипотенциальные поверхности. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Потенциал поля, создаваемого точечным зарядом. Принцип суперпозиции для потенциалов.

7.4. Электрический диполь. Поле электрического диполя. Диполь в однородном и неоднородном внешнем поле. Потенциальная энергия диполя.

## **8. Электростатическое поле при наличии проводников.**

8.1. Распределение зарядов на поверхности проводника. Эквипотенциальность проводника. Напряженность поля на поверхности проводника и ее связь с поверхностной плотностью заряда. Проводники во внешнем электрическом поле, перераспределение зарядов и электростатическая защита.

8.2. Потенциал проводника. Емкость уединенного проводника. Система проводников. Конденсаторы и их емкость. Последовательное и параллельное соединения конденсаторов.

8.3. Энергия взаимодействия системы неподвижных точечных зарядов. Энергия заряженного конденсатора. Энергия и плотность энергии электростатического поля.

## **9. Электростатическое поле при наличии диэлектриков.**

9.1. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Вектор поляризации. Напряженность электрического поля в диэлектриках.

9.2. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса при наличии диэлектриков.

## **10. Постоянный электрический ток.**

10.1. Движение зарядов в электрическом поле. Электрический ток. Плотность тока. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводников. Закон Ома в дифференциальной форме.

10.2. Изменение потенциала вдоль проводника с током. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС, и для замкнутой цепи.

10.3. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца.

10.4. Линейные цепи. Правила Кирхгофа и их применение для расчета разветвленных электрических цепей.

## **11. Постоянное магнитное поле в вакууме.**

11.1. Взаимодействие проводников с током. Магнитное поле постоянного тока. Сила Ампера. Постоянное магнитное поле в вакууме. Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого и кругового токов.

11.2. Циркуляция вектора магнитной индукции. Закон полного тока. Вихревой характер магнитного поля.

11.3. Магнитное поле длинного соленоида.

11.4. Контур с током в магнитном поле. Момент сил, действующих на контур с током. Магнитный момент контура с током.

11.5. Действие электрического и магнитного полей на движущийся заряд. Сила Лоренца. Эквивалентность представление о магнитной силе Лоренца и силе Ампера.

## **12. Постоянное магнитное поле в магнетиках.**

12.1. Магнетики. Описание магнитного поля в магнетиках. Намагниченность. Вектор напряженности магнитного поля. Связь намагниченности с напряженностью магнитного поля. Магнитная проницаемость.

12.2. Диамагнетики. Механизм намагничивания. Независимость диамагнитной восприимчивости от температуры.

12.3. Парамагнетики. Механизм намагничивания. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Закон Кюри.

12.4. Ферромагнетики. Кривая намагниченности и петля гистерезиса. Домены. Границы между доменами. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры. Точка Кюри. Постоянные магниты.

### **13. Электромагнитная индукция.**

13.1. Появление ЭДС в проводнике, перемещающемся в магнитном поле. Магнитный поток. Закон Фарадея и правило Ленца. ЭДС индукции.

13.2. Самоиндукция и взаимная индукция. ЭДС самоиндукции. Индуктивность.

13.3. Энергия магнитного поля токов. Энергия и плотность энергии магнитного поля.

### **14. Линейные электрические цепи и электромагнитные колебания.**

14.1. Квазистационарные токи. Цепи квазистационарного переменного тока. Применимость законов постоянного тока к квазистационарным токам.

14.2. RC-цепи. Зарядка конденсатора от источника постоянной ЭДС в цепи с конечным сопротивлением. Разрядка конденсатора через сопротивление. Характерное время зарядки (разрядки).

14.3. RL-цепи. Установление тока в цепи с постоянным источником ЭДС при последовательном соединении сопротивления и катушки индуктивности, затухание тока при отключении источника ЭДС. Характерное время установления(затухания) тока.

14.4. LC-цепи. Колебательный контур без сопротивления. Незатухающие колебания.

14.5. Колебательный контур с конечным сопротивлением. Затухающие колебания. Декремент затухания. Добротность.

14.6. Колебательный контур с источником внешней периодической ЭДС. Вынужденные колебания. Резонанс.

### **15. Электромагнитное поле. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны.**

15.1. Уравнения Максвелла в интегральной форме как обобщение эмпирических законов электромагнетизма. Токи смещения и обобщение закона полного тока. Вихревое электрическое поле. Электромагнитное поле. Материальные уравнения.

15.2. Элементы векторного анализа. Оператор набл. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса. Ротор векторного поля. Теорема Стокса.

15.3. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Эквивалентность систем уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.

15.4. Уравнения Максвелла при отсутствии зарядов и токов проводимости. Волновое уравнение. Скорость распространения волны. Плоские электромагнитные волны, их свойства.

15.5. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца.

15.6. Энергия и объемная плотность энергии электромагнитного поля. Поток энергии. Вектор Умова-Пойнтинга.

### **16. Основы специальной теории относительности.**

16.1. Проблема инвариантности законов электромагнетизма. Инвариантность скорости света. Опыты Майкельсона и Морли. Преобразования Лоренца. Принцип относительности Эйнштейна.

16.2. Следствия из преобразований Лоренца. Относительность одновременности. Релятивистское сокращение длины. Релятивистское замедление времени. Парадокс близнецов.

16.3. Релятивистские правила сложения скоростей. Влияние продольной составляющей скорости на преобразование поперечных составляющих.

16.4. Релятивистский интервал. Релятивистский принцип причинности. Пространство Минковского. Псевдоевклидов 4-вектор.

16.5. Требование инвариантности законов механики относительно преобразований Лоренца. Релятивистский импульс.

- 16.6. Релятивистская энергия. Полная энергия движущейся частицы. Энергия покоя. Закон сохранения массы-энергии.
- 16.7. Связь энергии и импульса в релятивистской механике. 4-вектор энергии-импульса и его инвариант. Фотоны.

## **5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** – занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

**Лабораторная работа** – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса используются:

для формирования текстов методических материалов для лабораторных работ, промежуточной и текущей аттестации, а также отчетов студентов по лабораторным работам:

- пакеты Microsoft Office и Open/Libre Office;
- для расчёта формул:
- программа Wolfram Mathematica;
- для обработки результатов данных:
- Excel.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

- Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

- Электронно-библиотечная система «Лань» - <https://e.lanbook.com>
- Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru>
- Электронно-библиотечная система «Консультант Студента»  
<https://www.studentlibrary.ru>

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. Курс общей физики в 3 кн.: учебник для бакалавров — Москва: Издательство Юрайт, 2019. Книга 1: механика — <https://urait.ru/viewer/kurs-obschey-fiziki-v-3-kn-kniga-1-mehanika-425487>
2. Бондарев, Б. В. Курс общей физики в 3 кн. Книга 2: электромагнетизм, оптика, квантовая физика : учебник для вузов / Б. В. Бондарев, Н. П. Калашников, Г. Г. Спирин. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 441 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-1754-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/532032>
3. Иродов, И. Е. Задачи по общей физике : учебное пособие для вузов / И. Е. Иродов. - 14-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 434 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". - ISBN 978-5-93208-513-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785932085134.html>

### **б) дополнительная литература**

1. Иродов, И. Е. Механика. Основные законы / И. Е. Иродов. - 15-е изд. - Москва : Лаборатория знаний, 2021. - 312 с. Систем. требования: Adobe Reader XI ; экран 10". - ISBN 978-5-93208-519-6. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785932085196.html>
2. Иродов, И. Е. Электромагнетизм. Основные законы / И. Е. Иродов - Москва : Лаборатория знаний, 2017. - 322 с. - ISBN 978-5-00101-498-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785001014980.html>
3. С. Б. Московский, И. А. Кузнецова, Д. Н. Романов, А. Н. Сергеев Уравнения Максвелла и электромагнитные волны: учебно-методическое пособие - Ярославль: ЯрГУ, 2021. <http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20210705.pdf>

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения лабораторных работ;
- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий (семинаров);
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;

- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для предоставления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

**Автор:**

старший преподаватель микроэлектроники  
и общей физики, к.ф.-м.н.

Романов Д. Н.

**Приложение №1 к рабочей программе дисциплины  
«Физика»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания или иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**МЕХАНИКА (2 семестр)**

При выполнении лабораторной работы, студент должен представить её результаты в форме отчета, согласно единым требованиям. Отчёт подаётся каждым студентом индивидуально.

**Лабораторные работы (2 семестр)**

1. Изучение прямолинейного движения тел в поле тяжести на приборе Атвуда.
2. Определение ускорения свободного падения из колебаний математического и физического маятников.
3. Определение скорости пули с помощью крутильного маятника.
4. Измерение моментов инерции колец на диске Максвелла.
5. Определение момента инерции скатывающегося тела и действующих на него сил трения.
6. Изучение процесса вытекания воды из отверстия в сосуде.

**2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации**

1. Назовите типы ошибок.
2. Охарактеризуйте 3 группы систематических ошибок.
3. В каких случаях измерение производится один раз, а в каких несколько раз?
4. Чем определяется необходимое число измерений?
5. Какие предположения приводят к Гауссову закону распределения ошибок?
6. Средняя квадратичная и средняя арифметическая ошибки.
7. Какие два параметра характеризуют величину случайной ошибки?
8. Закон сложения случайных ошибок.
9. Чему равна средняя квадратичная погрешность среднего арифметического?
10. Порядок определения доверительных интервалов и доверительных вероятностей при любом небольшом числе измерений.
11. Как определяется доверительный интервал для заданного значения среднеквадратичного отклонения?
12. Правило обнаружения промахов.
13. Оценка результирующей ошибки, когда систематическая и случайная ошибки измерений близки друг к другу.
14. Правило определения числа значащих цифр при записи окончательного ответа.
15. На каких главных предположениях о свойствах случайных погрешностей основан закон нормального распределения Гаусса?
16. Что называется доверительным интервалом? От чего зависит его величина?

17. Как определить доверительный интервал при заданной доверительной вероятности?
18. Как определить абсолютную ошибку косвенных измерений через ошибки прямых измерений?
19. Как определить величину относительной ошибки косвенных измерений?
20. На установке возможны две схемы включения амперметра и вольтметра. Какая из них является более корректной и почему?
21. Какова систематическая погрешность измерения удельного сопротивления для каждой их схем?
22. Каковы возможные источники погрешностей в данной установке?
23. Что представляют собой прямой и обратный нониусы?
24. Как определить точность нониуса, если таковая величина на измерительном инструменте не указана?
25. Расскажите об устройстве штангенциркуля.
26. Как производится измерение штангенциркулем?
27. Почему в некоторых штангенциркулях с точностью 0,1 общая длина нониуса равна не 9, а 19, 29, 39 делениям основной шкалы?
28. Как построить прямой нониус с произвольной точностью, чтобы одно деление нониуса было короче не одного, а нескольких делений основной шкалы?
29. Чему равна погрешность штангенциркуля с точностью 0,1 мм и микрометра с точностью 0,01 мм?
30. Как устроен микрометр?
31. Как правильно производить измерения с помощью микрометра?
32. Для чего микрометр оснащён трещёткой?
33. Для измерения размеров каких тел нельзя воспользоваться микрометром?
34. Чему равна погрешность измерительного микроскопа?
35. Что называется весом тела? массой тела? Как они связаны?
36. В каких единицах измеряется вес тела в системах СИ и СГС?
37. Одинаков ли вес тела в различных географических точках поверхности Земли?
38. Одинаковым ли будет результат взвешивания тела на рычажных весах в различных географических точках поверхности Земли? на пружинных весах?
39. Как формулируется условие равновесия рычага?
40. Каковы особые методы взвешивания и в каких случаях их надо применять?
41. Исключают ли особые методы взвешивания ошибку, обусловленную выталкивающей силой со стороны воздуха?
42. Что такое плотность и удельный вес тела?
43. В каких единицах измеряется плотность и удельный вес в системах СГС и СИ?
44. Объясните, почему применение в данной работе мерного стакана (мензурки) вместо пикнометра даст значительное ухудшение точности результата.
45. Какие существуют методы определения плотности тел?
46. Как определить плотность жидкости с помощью пикнометра?
47. В чем заключается метод определения плотности твердых тел пикнометром?
48. Определите степень точности, с которой Вы нашли плотности жидкости и твердого тела.
49. Можно ли пользоваться приведенной теорией, если удар пули о мишень происходит под углом, отличным от прямого?
50. При каких упрощающих предположениях развита теория опыта?
51. При каких амплитудах колебаний маятника следует измерять периоды  $T_1$  и  $T_2$ ?
52. Почему необходимо, чтобы пуля прилипала к мишени?
53. По экспериментальным результатам оцените кинетическую энергию маятника.
54. Оцените, какая часть кинетической энергии пули при ударе переходит в теплоту.
55. Какое движение называют баллистическим?

56. Можно ли пользоваться приведенной теорией, если удар пули о мишень происходит под углом, отличным от прямого?
57. При каких упрощающих предположениях развита теория опыта?
58. Сформулируйте законы сохранения импульса и момента импульса для данной механической системы.
59. Какое движение называют баллистическим?
60. Какие условия должны быть соблюдены для успешных измерений хронографом в данной установке.
61. От чего зависит точность времяпролётного хронографа?
62. Запишите закон сохранения импульса для замкнутой механической системы.
63. Запишите закон сохранения импульса при неупругом центральном ударе.
64. Запишите закон сохранения механической энергии (ЗСМЭ) при упругом центральном ударе двух тел.
65. При каких ударах выполняется закон сохранения механической энергии? закон сохранения импульса? оба закона?
66. Почему соударяющиеся шайбы можно считать замкнутой системой?
67. Какие прямые измерения необходимо сделать в работе для проверки выполнения закона сохранения импульса?
68. От каких величин зависит скорость ударяющего тела? импульс и скорость тел после неупругого удара?
69. Какой удар называется центральным?
70. Какой удар называется нецентральным?
71. От чего зависит направление движения тел после нецентрального удара?
72. Рассмотрите движение тел одинаковой массы после центрального удара.
73. Какие законы механики проверяются на машине Атвуда?
74. В чём отличие массы и веса тела?
75. Сформулируйте и запишите второй закон Ньютона.
76. Изменяется ли натяжение нити (при движении грузов), если один перегрузок заменить другим?
77. Получите зависимость  $M/m=f(t^2)$ .
78. Сформулируйте закон пути.
79. Сформулируйте закон скоростей.
80. В чём состоит идея метода измерения  $g$  с помощью машины Атвуда?
81. Что называется моментом сил, плечом силы? Какова размерность единицы его измерения в системе СИ?
82. Что называется моментом инерции тела относительно оси вращения?
83. Сформулируйте основной закон динамики вращательного движения. Сравните с поступательным движением.
84. Как определить момент силы, приводящей во вращение маятник Обербека?
85. Как определить линейное ускорение груза и угловое ускорение маховика?
86. Объяснить зависимость момента инерции маятника от расположения грузов на крестовине.
87. Почему стремятся уменьшать момент сил трения?
88. Какую из величин в данных экспериментах следует измерять с наибольшей точностью?
89. Сформулируйте и докажите теорему Гюйгенса-Штейнера.
90. Выведите формулу для момента инерции тела правильной геометрической формы – шара, стержня, диска и т. п.
91. Что называют моментом силы? Что называют моментом инерции материальной точки? тела?
92. Каков физический смысл момента инерции тела?
93. Чему равна кинетическая энергия вращающегося тела?

94. Как теоретически можно вычислить момент инерции тела любой
95. формы относительно оси вращения? Вывести момент инерции тела правильной геометрической формы (шар, диск, стержень).
96. Сформулируйте теорему о переносе осей момент инерции? Каково её
97. практическое значение?
98. Какова общая идея метода определения моментов инерции тел при помощи крутильных колебаний?
99. Какое свойство момента инерции при этом используется?
100. Как зависит момент инерции твёрдого тела от его массы и от распределения массы тела относительно оси вращения?
101. От каких величин зависит момент инерции диска?
102. По какой формуле его рассчитывают в опытах?
103. Запишите закон сохранения энергии для системы ``диск-груз".
104. На что расходуется потенциальная энергия груза при его опускании?
105. На что расходуется кинетическая энергия системы при движении груза вверх?
106. Какое положение груза соответствует наибольшей кинетической энергии маховика?
107. По какой формуле определяют работу, затраченную на преодоление сил трения?
108. Укажите величины кинетической и потенциальной энергии при скатывании тела: в начале и в конце движения, в нижней точке и в произвольной точке.
109. Опишите характер движения тела по направляющим. Какие силы создают момент относительно оси вращения, мгновенной оси вращения?
110. Как измеряют угловую скорость  $\omega$  в данной работе?
111. Какие величины измеряют для определения скорости  $\omega$ , момента сил трения, работы сил трения?
112. Какие уравнения лежат в основе динамических методов определения момента инерции?
113. Что составляет основу методики расчётного метода определения величины  $J$ ?
114. Укажите возможные источники случайных и систематических погрешностей при измерениях.
115. Сформулируйте закон изменения, сохранения полной механической энергии тела, системы тел.
116. Сформулируйте и напишите, что такое момент силы, момент инерции, угловая скорость и угловое ускорение, момент импульса материальной точки и тела.
117. Как изменяется кинетическая энергия маятника при его движении?
118. Как изменяется потенциальная энергия маятника при его движении?
119. Сформулируйте и запишите законы изменения импульса и момента импульса для маятника Максвелла.
120. Сформулируйте закон сохранения механической энергии и условия его выполнения.
121. Напишите основной закон динамики вращательного движения.
122. Какова аналогия между основными характеристиками поступательного и вращательного движения?
123. Что такое математический маятник? физический маятник?
124. От чего зависит период малых колебаний физического маятника?
125. Что называется моментом импульса материальной точки, тела?
126. Как направлен момент импульса?
127. Запишите закон сохранения момента импульса системы из двух маятников.
128. Как можно определить начальную скорость маятника до взаимодействия?
129. Какие величины измеряют для этого?
130. От каких величин зависит момент инерции маятника? Как его изменяют в данной установке?

131. Как рассчитывают расстояние до центра масс системы из двух маятников?
132. От чего зависит угловая скорость маятника перед взаимодействием?
133. Чему равна энергия маятника перед взаимодействием? после взаимодействия?
134. Как распределены упругие деформации сдвига по длине стержня?
135. Какие измерения вносят максимальную погрешность при определении модуля сдвига?
136. Дать определение однородных и неоднородных, пластических и упругих деформаций.
137. Каков физический смысл модуля кручения и модуля сдвига?
138. Как связаны между собой модули кручения и сдвига?
139. Каковы границы применимости законов Гука для различных видов деформаций?
140. Какими величинами характеризуется напряжённое состояние образца для однородной и неоднородной деформации?
141. Что такое напряжение?
142. Сформулируйте объединённый закон Гука для растяжения (сжатия) и для деформации сдвига.
143. При определении модуля сдвига динамическим способом указывалось, что период колебаний не зависит от амплитуды только при сравнительно небольших значениях последней. Объясните качественно, как будет меняться период при возрастании амплитуды?
144. Как распределены упругие деформации сдвига по длине проволоки в случае крутильных колебаний?
145. Какие измерения вносят максимальную погрешность при определении модуля сдвига?
146. Чем ограничена амплитуда гармонических колебаний крутильного маятника?
147. Виды деформаций твёрдого тела. Упругие и пластические деформации.
148. Вид закона Гука для различных видов деформаций.
149. В чем суть экспериментального нахождения модуля кручения методом крутильных колебаний.
150. Какому методу измерений ускорения силы тяжести вы отдаёте предпочтение? Почему?
151. Как влияют на точность опытов колебания температуры, сила трения, амплитуда колебаний маятника?
152. Что называется приведенной длиной физического маятника?
153. При каком условии точка подвеса и центр качания физического маятника расположены симметрично относительно его центра масс?
154. При каком расстоянии от опорной призмы до центра масс период колебаний маятника минимален?
155. Покажите, что точка опоры маятника и точка его качания лежат по разные стороны от центра масс.
156. Выведите формулу для периода нелинейных колебаний математического маятника.
157. От чего зависит величина ускорения силы тяжести?
158. Рассмотрите оборотный маятник, имеющий вид тонкого однородного стержня длины  $L$  с двумя невесомыми подвижными призмами.
159. Сформулируйте теорему Гюйгенса.
160. Где и для каких целей используются маятники?
161. Дайте определение момента сил и момента импульса.
162. Сформулируйте законы вращательного движения.
163. Почему маятник необходимо устанавливать по уровню?
164. Как выглядит дифференциальное уравнение колебаний маятника с пружинами?
165. Какой вид имеет решение этого уравнения?

166. Каким образом период колебаний зависит от массы груза?
167. Каким образом период колебаний зависит от жесткости пружины?
168. Зависит ли частота колебаний пружинного маятника от амплитуды колебаний?
169. Каким был бы результат опыта в условиях невесомости?
170. Проанализируйте возможные причины погрешности в каждом из экспериментов.
171. Какие системы называются связанными?
172. Как определяется вращающий момент в связанных маятниках?
173. На что влияет жесткость пружины и точка её крепления на спице?
174. Что такое биения; при каких условиях они возникают?
175. Как определить частоту биений?
176. В чём заключается явление резонанса?
177. Получите уравнения колебаний связанных идентичных маятников и охарактеризуйте их решения.
178. Охарактеризуйте собственные (нормальные) моды системы связанных маятников и приведите формулы для собственных частот.
179. Как по данным измерения собственных частот можно определить жесткость пружины?
180. Что такое нормальные колебания?

### **Правила выставления оценки**

В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который знает основные понятия и законы физики, количественные характеристики свойств материи, умеет формулировать основные физические принципы с их математическим выражением, владеет навыками приёмами решения задач, методикой обработки данных.

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, который знает связи между количественными характеристиками свойств материи; этапы развития классической физики, умеет обрабатывать и анализировать результаты измерений, получая из них информацию об исследуемых свойствах, применения законов физики для описания природных явлений.

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который знает о предпосылках создания релятивистской и квантовой теорий, умеет оценивать корректность физических предположений и математических методов решения физических задач, обладает аналитическим мышлением.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, не устанавливает межпредметные связи; допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы.

## **ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ И СТО (3 семестр)**

### **Лабораторные работы (3 семестр)**

1. Измерение сопротивления мостовым методом.

2. Проверка правил Кирхгофа для цепей постоянного тока.
  3. Изучение электростатического поля.
  4. Определение постоянной времени цепи, содержащей сопротивление и емкость.
  5. Измерение индуктивности, емкости и проверка закона Ома для переменного тока.
  6. Исследование явления резонанса в электрических цепях.
  7. Исследование магнитного поля соленоида.
- Снятие основной кривой намагничивания ферромагнетика. Изучение зависимости магнитной проницаемости от напряженности магнитного поля.

### 1.1 Контрольная работа №1

Работа рассчитана на 1 час.

#### Вариант 2

- Электрическое поле создано очень длинной прямой нитью с постоянной линейной плотностью заряда  $\tau$ . Найти:
  - а) напряженность и потенциал поля в точке как функции ее расстояния  $r$  от нити;
  - б) разность потенциалов  $\Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$  между точками, для которых  $r_2/r_1 = \eta = 2$ , если  $\tau = 0,5 \text{ мКл/м}$ .
- В горизонтальной плоскости расположен П-образный проводник, параллельные стороны которого замкнуты подвижной проводящей перемычкой длины  $l = 25 \text{ см}$ . Проводник находится в вертикальном магнитном поле, изменяющемся со скоростью  $B = 0,12 \text{ Тл/с}$ . Перемычку начинают перемещать из положения, при котором площадь контура равна нулю, с ускорением  $a = 20 \text{ см/с}^2$ . Магнитная индукция при  $t = 0$  равна нулю. Найти ЭДС индукции в контуре через  $t = 2,0 \text{ с}$  после начала перемещения.

#### Правила выставления оценки.

**«Отлично»** - обе задачи решены верно. Допускаются незначительные неточности (ошибка в численном определении конечного или промежуточного результата при правильном аналитическом решении, отсутствие ссылки на используемый закон при правильном его математическом выражении).

**«Хорошо»** - обе задачи решены в целом правильно, но при этом в одной из задач допущены существенные неточности (не указаны единицы измерения в конечном результате, имеются неточности в представлении промежуточных результатов при верном конечном результате).

**«Удовлетворительно»** - обе задачи решены с существенными неточностями, либо верно решена одна из задач.

**«Неудовлетворительно»** - обе задачи решены неверно, либо решение не представлено.

### 1.2 Контрольная работа №2

Работа рассчитана на 1 час.

#### Вариант 2

1. Две частицы движутся навстречу друг другу со скоростями в лабораторной системе отсчета:  $v_1 = 0,5c$  и  $v_2 = 0,4c$  ( $c$  - скорость света). Расстояние между частицами в лабораторной системе отсчета в момент  $t = 0$  равно  $l_0$ . Найти:
  - а) относительную скорость частиц;
  - б) отношение расстояний между частицами  $l'_{01}$  в системе отсчета первой частицы к расстоянию  $l'_{02}$  в системе отсчета второй частицы при  $t = 0$ .

2. Две одинаковые частицы при столкновении образуют составную частицу. В момент столкновения скорости частиц равны  $0,926c$  ( $c$  - скорость света) и направлены перпендикулярно друг другу. Найти скорость  $v'$  частицы, образовавшейся в результате столкновения, и отношение ее массы к суммарной массе столкнувшихся частиц.

### Правила выставления оценки.

Те же, что в контрольной работе №1.

### 1.3 Итоговый тест

20 вопросов и задач теста формируются случайной выборкой из разделов банка вопросов:

Раздел	Общее количество вопросов в банке	Количество вопросов в тесте
Электростатика в вакууме	9	2
Электростатика при наличии проводников	8	1
Электростатика в диэлектриках	4	1
Электростатика (задачи)	12	2
Постоянный ток	8	2
Магнитостатика	7	2
Магнитостатика (задачи)	4	1
Магнетики	4	1
Линейные цепи и колебания	5	1
Электромагнитная индукция	4	1
Электромагнитная индукция (задачи)	6	2
Уравнения Максвелла	11	2
Специальная теория относительности	9	2

Примеры вопросов и задач теста.

Электростатика в вакууме, вопрос №2

Укажите логическую связь между законом Кулона и теоремой Гаусса для электрического поля:

- A) закон Кулона является следствием теоремы Гаусса
- B) теорема Гаусса является следствием закона Кулона
- C) закон Кулона и теорема Гаусса эквивалентны
- D) закон Кулона и теорема Гаусса логически не связаны и независимы

Электростатика (задачи) №5

Длинный металлический цилиндр радиуса  $R = 1$  см равномерно по поверхности заряжен с поверхностной плотностью заряда  $\sigma$ . Напряженность электрического поля  $E$  на расстоянии 1 см от поверхности цилиндра в радиальном направлении равна:

- A)  $E = \frac{\sigma}{2\epsilon_0}$
- B)  $E = \frac{\sigma}{4\epsilon_0}$
- C)  $E = \frac{2\sigma}{\epsilon_0}$
- D)  $E = \frac{\sigma}{8\epsilon_0}$

Электромагнитная индукция, вопрос №2

Возможно ли проявление электромагнитной индукции при отсутствии внешнего магнитного поля?

- А) Невозможно, так как при отсутствии внешнего магнитного поля магнитный поток через контур равен нулю.
- В) Невозможно, так как индуцированное вихревое электрическое поле может порождаться только переменным магнитным полем.
- С) Возможно при протекании в контуре переменного тока.

На прохождение теста отводится 40 минут. За правильный ответ дается 1 балл. В некоторых случаях ответ, не являющийся полностью правильным, может быть частично верным; за такие ответы дается от 0,05 до 0,2 балла. Штрафные баллы за неверные ответы не предусмотрены, за исключением вопросов с множественным вариантом ответа. Максимальный балл за тест – 20 баллов.

### **Правила выставления оценки за тест.**

«Отлично» - 17-20 баллов.

«Хорошо» -14-16,95 баллов.

«Удовлетворительно» -8-13,95 баллов.

«Неудовлетворительно» - менее 8 баллов.

## **2. Список вопросов к экзамену**

1. Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона. Экспериментальная проверка закона Кулона. Электростатическое поле. Вектор напряженности электростатического поля, принцип суперпозиции полей. Силовые линии электростатического поля. Напряженность поля точечного заряда.
2. Поток вектора напряженности. Теорема Гаусса и ее применение к расчету полей некоторых заряженных симметричных тел.
3. Работа сил поля при перемещении зарядов. Циркуляция вектора напряженности. Потенциальный характер электростатического поля. Электрический потенциал. Эквипотенциальные поверхности. Связь потенциала с напряженностью электростатического поля. Потенциал поля, создаваемого точечным зарядом.
4. Электрический диполь. Поле электрического диполя. Диполь в однородном и неоднородном внешнем поле.
5. Распределение зарядов на поверхности проводника. Эквипотенциальность проводника. Напряженность поля на поверхности проводника и ее связь с поверхностной плотностью заряда. Проводники во внешнем электрическом поле, перераспределение зарядов и электростатическая защита.
6. Потенциал проводника. Емкость уединенного проводника. Система проводников. Конденсаторы и их емкость. Последовательное и параллельное соединения конденсаторов.
7. Энергия взаимодействия системы неподвижных точечных зарядов. Энергия заряженного конденсатора. Энергия и плотность энергии электростатического поля.
8. Молекулярная картина поляризации диэлектриков. Вектор поляризации. Напряженность электрического поля в диэлектриках.
9. Диэлектрическая проницаемость. Вектор электрического смещения. Теорема Гаусса при наличии диэлектриков.
10. Движение зарядов в электрическом поле. Электрический ток. Плотность тока. Закон Ома для однородного участка цепи. Сопротивление проводников. Закон Ома в дифференциальной форме.

11. Изменение потенциала вдоль проводника с током. Сторонние силы. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для участка цепи, содержащего ЭДС, и для замкнутой цепи.
12. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Закон Джоуля-Ленца. Дифференциальная форма закона Джоуля-Ленца.
13. Линейные цепи. Правила Кирхгофа и их применение для расчета разветвленных электрических цепей.
14. Взаимодействие проводников с током. Магнитное поле постоянного тока. Сила Ампера. Постоянное магнитное поле в вакууме. Вектор магнитной индукции. Закон Био-Савара-Лапласа. Магнитное поле прямого и кругового токов.
15. Циркуляция вектора магнитной индукции. Закон полного тока. Вихревой характер магнитного поля.
16. Магнитное поле длинного соленоида.
17. Контур с током в магнитном поле. Момент сил, действующих на контур с током. Магнитный момент контура с током.
18. Действие электрического и магнитного полей на движущийся заряд. Сила Лоренца. Эквивалентность представление о магнитной силе Лоренца и силе Ампера.
19. Магнетики. Описание магнитного поля в магнетиках. Намагниченность. Вектор напряженности магнитного поля. Связь намагниченности с напряженностью магнитного поля. Магнитная проницаемость.
20. Диамагнетики. Механизм намагничивания. Независимость диамагнитной восприимчивости от температуры.
21. Парамагнетики. Механизм намагничивания. Зависимость парамагнитной восприимчивости от температуры. Закон Кюри.
22. Ферромагнетики. Кривая намагниченности и петля гистерезиса. Домены. Границы между доменами. Зависимость ферромагнитных свойств от температуры. Точка Кюри. Постоянные магниты.
23. Появление ЭДС в проводнике, перемещающемся в магнитном поле. Магнитный поток. Закон Фарадея и правило Ленца. ЭДС индукции.
24. Самоиндукция и взаимоиנדукция. ЭДС самоиндукции. Индуктивность.
25. Энергия магнитного поля токов. Энергия и плотность энергии магнитного поля.
26. Квазистационарные токи. Цепи квазистационарного переменного тока. Применимость законов постоянного тока к квазистационарным токам.
27. RC-цепи. Зарядка конденсатора от источника постоянной ЭДС в цепи с конечным сопротивлением. Разрядка конденсатора через сопротивление. Характерное время зарядки (разрядки).
28. RL-цепи. Установление тока в цепи с постоянным источником ЭДС при последовательном соединении сопротивления и катушки индуктивности, затухание тока при отключении источника ЭДС. Характерное время установления(затухания) тока.
29. LC-цепи. Колебательный контур без сопротивления. Незатухающие колебания.
30. Колебательный контур с конечным сопротивлением. Затухающие колебания. Декремент затухания. Добротность.
31. Колебательный контур с источником внешней периодической ЭДС. Вынужденные колебания. Резонанс.
32. Уравнения Максвелла в интегральной форме как обобщение эмпирических законов электромагнетизма. Токи смещения и обобщение закона полного тока. Вихревое электрическое поле. Электромагнитное поле. Материальные уравнения.
33. Элементы векторного анализа. Оператор набла. Дивергенция векторного поля. Теорема Остроградского-Гаусса. Ротор векторного поля. Теорема Стокса.

34. Уравнения Максвелла в дифференциальной форме. Эквивалентность систем уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах.
35. Уравнения Максвелла при отсутствии зарядов и токов проводимости. Волновое уравнение. Скорость распространения волны. Плоские электромагнитные волны, их свойства.
36. Излучение электромагнитных волн. Опыты Герца.
37. Энергия и объемная плотность энергии электромагнитного поля. Поток энергии. Вектор Умова-Пойнтинга.
38. Проблема инвариантности законов электромагнетизма. Инвариантность скорости света. Опыты Майкельсона и Морли. Преобразования Лоренца. Принцип относительности Эйнштейна.
39. Следствия из преобразований Лоренца. Относительность одновременности. Релятивистское сокращение длины. Релятивистское замедление времени. Парадокс близнецов.
40. Релятивистские правила сложения скоростей. Влияние продольной составляющей скорости на преобразование поперечных составляющих.
41. Релятивистский интервал. Релятивистский принцип причинности. Пространство Минковского. Псевдоевклидов 4-вектор.
42. Требование инвариантности законов механики относительно преобразований Лоренца. Релятивистский импульс.
43. Релятивистская энергия. Полная энергия движущейся частицы. Энергия покоя. Закон сохранения массы-энергии.
44. Связь энергии и импульса в релятивистской механике. 4-вектор энергии-импульса и его инвариант. Фотоны.

### **Правила выставления оценки на экзамене.**

В экзаменационный билет включается два теоретических вопроса. На подготовку к ответу дается не менее 1 часа. При отсутствии положительной оценки («удовлетворительно» и выше) по контрольной работе №1 и/или №2 дается дополнительная задача по теме соответствующей контрольной работы. В этом случае время на подготовку увеличивается на 0,5 часа.

По итогам экзамена выставляется одна из оценок: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

**Оценка «Отлично»** выставляется студенту, который демонстрирует глубокое и полное владение содержанием материала и понятийным аппаратом классической физики; умеет связывать теорию с практикой. Студент дает развернутые, полные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, соблюдает логическую последовательность при изложении материала.

**Оценка «Хорошо»** выставляется студенту, ответ которого на экзамене в целом соответствует указанным выше критериям, но отличается меньшей обстоятельностью, глубиной, обоснованностью и полнотой. В ответе имеют место отдельные неточности (несущественные ошибки), которые исправляются самим студентом после дополнительных и (или) уточняющих вопросов экзаменатора.

**Оценка «Удовлетворительно»** выставляется студенту, который дает недостаточно полные и последовательные ответы на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы, но при этом демонстрирует умение выделить существенные и несущественные признаки и установить причинно-следственные связи. При изложении ответов допускаются ошибки в определении и раскрытии некоторых основных понятий, терминов, в формулировке положений, которые студент затрудняется исправить самостоятельно. При аргументации ответа студент не

обосновывает свои суждения. На часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы.

**Оценка «Неудовлетворительно»** выставляется студенту, который демонстрирует разрозненные, бессистемные знания; беспорядочно и неуверенно излагает материал; не умеет выделять главное и второстепенное, не умеет соединять теоретические положения с практикой, допускает грубые ошибки при определении сущности раскрываемых понятий, явлений, вследствие непонимания их существенных и несущественных признаков и связей; дает неполные ответы, логика и последовательность изложения которых имеют существенные и принципиальные нарушения, в ответах отсутствуют выводы. Дополнительные и уточняющие вопросы экзаменатора не приводят к коррекции ответов студента. На основную часть дополнительных вопросов студент затрудняется дать ответ или дает неверные ответы. Оценка «Неудовлетворительно» выставляется также студенту, который взял экзаменационный билет, но отвечать отказался.