

Министерство просвещения РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Глазовский государственный инженерно-педагогический университет  
имени В.Г. Короленко»

Утверждена  
на заседании ученого совета университета

«21» апреля 2025 г. протокол № 9  
Приказ № 45 от 21 апреля 2025 г.

Ректор Я.А. Чиговская-Назарова

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА**

Уровень основной профессиональной образовательной программы	Бакалавриат
Направление подготовки	44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Направленность (профиль)	Математика и Дополнительное образование (Физико-технологическое образование)
Форма обучения	Очная
Семестр(ы)	4, 5, 6, 7, 8

# 1. Цель и задачи изучения дисциплины

## 1.1. Цель и задачи изучения дисциплины

*Цель дисциплины* – формирование способности осваивать и использовать базовые научно-теоретические знания и практические умения в области теоретической физики для осуществления профессиональной деятельности; осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации физического содержания, применять сформированный при изучении теоретической физики системный подход для решения поставленных задач.

*Задачи дисциплины:*

- 1) сформировать навыки поиска, анализа и систематизации информации по основам теоретической физики в области классической механики, классической электродинамики, квантовой механики, статистической физики, физики твердого тела, физики ядра и элементарных частиц с использованием научной и учебной литературы, информационных баз данных;
- 2) освоить научную терминологию, ключевые понятия, методы и приемы классической механики, классической электродинамики, квантовой механики, статистической физики, физики твердого тела, физики ядра и элементарных частиц, научиться использовать их для объяснения явлений физики;
- 3) изучить основные физические явления и теории классической механики, классической электродинамики, квантовой механики, статистической физики, физики твердого тела, физики ядра и элементарных частиц;
- 4) обеспечить усвоение основных законов классической механики, классической электродинамики, квантовой механики, статистической физики, физики твердого тела, физики ядра и элементарных частиц;
- 5) сформировать основы метода научного познания;
- 6) обеспечить овладение методами решения типовых количественных задач, связанных с разделами теоретической физики;
- 7) подготовить студентов к применению специальных знаний и умений по основам теоретической физики в профессиональной деятельности.

## 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ПК-1
Формулировка компетенции	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач
Индикатор достижения компетенции	ИПК-1.1. Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета). ИПК-1.2. Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО. ИПК-1.3. Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные.

## 1.3. Воспитательная работа

Направление воспитательной работы	Тип задач	Формы работы
патриотическое воспитание	педагогический сопровождения методический	выступление на занятии; интерактивное обсуждение теорий физических явлений
трудовое воспитание		качественное оформление студентом конспектов лекций, решений задач

#### 1.4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теоретическая физика» относится к обязательной части учебного плана, предметно-методический модуль по профилю Физика. Изучение дисциплины опирается на результаты освоения курсов по общей и экспериментальной физике, математических дисциплин; результаты используются при подготовке к государственному экзамену.

#### 1.5. Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на русском языке.

### 2. Объем дисциплины

Вид учебной работы по семестрам	Всего зачетных единиц	Академ. часы	Из них в форме практической подготовки
Общая трудоемкость дисциплины	19	684	
<b>СЕМЕСТР 4</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		54	
Занятия лекционного типа		24	
Лабораторные работы		–	
Занятия семинарского типа		–	
Практические занятия		24	
КСР		6	
Самостоятельная работа обучающихся		54	
Вид промежуточной аттестации: Экзамен		36	
<b>СЕМЕСТР 5</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		54	
Занятия лекционного типа		24	
Лабораторные работы		–	
Занятия семинарского типа		–	
Практические занятия		24	
КСР		6	
Самостоятельная работа обучающихся		54	
Вид промежуточной аттестации: Экзамен		36	
<b>СЕМЕСТР 6</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		54	
Занятия лекционного типа		24	
Лабораторные работы		–	
Занятия семинарского типа		–	
Практические занятия		24	
КСР		6	
Самостоятельная работа обучающихся		54	
Вид промежуточной аттестации: Зачет с оценкой		0	
<b>СЕМЕСТР 7</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		54	
Занятия лекционного типа		24	

Лабораторные работы		–	
Занятия семинарского типа		–	
Практические занятия		24	
КСР		6	
Самостоятельная работа обучающихся		54	
Вид промежуточной аттестации: Зачет		0	
<b>СЕМЕСТР 8</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		72	
Занятия лекционного типа		32	
Лабораторные работы		–	
Занятия семинарского типа		–	
Практические занятия		36	
КСР		4	
Самостоятельная работа обучающихся		72	
Вид промежуточной аттестации: Экзамен		36	

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

Разделы и темы дисциплины	Всего	Ауд	Лек	Лаб	Пр	Сем	КСР	СР
<b>4 семестр</b>								
<i>Классическая механика</i>								
1. Кинематика.	12	6	2		4			6
2. Основы динамики Ньютона.	12	6	2		3		1	6
3. Динамика частицы.	16	8	4		3		1	8
4. Динамика системы частиц.	16	8	4		4			8
5. Основы аналитической механики.	20	10	4		4		2	10
6. Некоторые задачи классической механики: одномерное движение, малые колебания, задача двух тел, частица в центрально-симметричном поле, задача Кеплера, столкновение частиц, рассеяние частиц.	20	10	4		4		2	10
7. Основы специальной теории относительности.	12	6	4		2			6
Экзамен	36							
Всего в 4 семестре	144	54	24		24		6	54
<b>5 семестр</b>								
<i>Классическая электродинамика</i>								
Разделы и темы дисциплины	Всего	Ауд	Лек	Лаб	Пр	Сем	КСР	СР
1. Электрический заряд и электромагнитное поле в вакууме.	16	8	2		4		2	8
2. Релятивистская электродинамика.	16	8	6		2			8
3. Электростатика.	22	11	3		6		2	11
4. Электродинамика сплошных сред.	14	7	3		4			7
5. Магнитостатика.	8	4	2		2			4
6. Квазистационарное приближение.	16	8	4		2		2	8
7. Излучение и распространение электромагнитных волн.	16	8	4		4			8
Экзамен	36							
Всего в 5 семестре	144	54	24		24		6	54
<b>6 семестр</b>								
<i>Квантовая механика</i>								
Разделы и темы дисциплины	Всего	Ауд	Лек	Лаб	Пр	Сем	КСР	СР
1. Основные положения и математический аппарат квантовой теории.	14	10	4		4		2	4

2. Динамические уравнения и законы сохранения.	8	4	4					4
3. Одномерное движение.	10	6	2		4			4
4. Квантовая частица в центрально-симметричном поле.	16	12	2		8		2	4
5. Теория возмущений.	10	2	2					8
6. Элементы теории излучения.	8	2	2					6
7. Спин электрона.	8	2	2					6
8. Системы тождественных частиц.	12	6	2		4			6
9. Многоэлектронные атомы и молекулы.	12	8	2		4		2	4
10. Квантование электромагнитного поля.	10	2	2					8
Всего в 6 семестре	108	54	24		24		6	54
<b>7 семестр</b> <i>Статистическая физика</i>								
Разделы и темы дисциплины	Всего	Ауд	Лек	Лаб	Пр	Сем	КСР	СР
1. Основные положения статистической физики.	14	10	6		4			4
2. Статистическая термодинамика.	18	12	4		8			6
3. Статистическое распределение для системы в термостате.	12	6	2		2		2	6
4. Основные применения распределения Гиббса.	12	2	2					10
5. Квантовые статистики идеального газа.	12	4	4					8
6. Равновесие фаз и фазовые переходы.	16	8	2		4		2	8
7. Элементы теории флуктуаций.	11	5	2		2		1	6
8. Основы теории неравновесных процессов.	13	7	2		4		1	6
Всего в 7 семестре	108	54	24		24		6	54
<b>8 семестр</b> <i>Физика твердого тела</i>								
Разделы и темы дисциплины	Всего	Ауд	Лек	Лаб	Пр	Сем	КСР	СР
1. Конденсированное состояние вещества.	6	2	2					4
2. Теория кристаллической решетки.	14	8	4		4			6
3. Динамика кристаллической решетки.	6	2	2					4
4. Зонная теория кристаллов.	14	8	4		4			6
5. Статистика носителей зарядов. Поляризация диэлектриков.	16	8	2		4		2	8
6. Магнитное упорядочение. Сверхпроводимость.	12	6	2		2		2	6
<i>Физика ядра и элементарных частиц</i>								
1. Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия.	8	2	2					6
2. Ядерные силы и их основные свойства. Модели атомного ядра. Радиоактивные превращения ядер.	20	12	4		8			8
3. Ядерные превращения и взаимодействия.	16	10	2		8			6
4. Элементарные частицы. Методы обнаружения новых элементарных частиц.	14	8	2		6			6
5. Адроны и лептоны. Кварки.	8	2	2					6
6. Симметрии и спонтанное нарушение симметрии. Объединение фундаментальных взаимодействий. Основы физической стандартной модели.	10	4	4					6
Экзамен	36							
Всего в 8 семестре	180	72	32		36		4	72
Итого по дисциплине	684	288	128		132		28	288

### 3.2. Занятия лекционного типа

#### СЕМЕСТР 4

##### Лекция 1.

*Тема:* Кинематика.

*Краткая аннотация к лекции.*

Кинематика точки. Криволинейное движение точки. Законы сложения скоростей и ускорений. Кинематика твердого тела. Поступательное и вращательное движение. Плоское и сферическое движение.

- 1) Линейные и угловые скорость и ускорение.
- 2) Нормальное и тангенциальное ускорения.
- 3) Теорема сложения скоростей и ускорений.
- 4) Мгновенный центр скоростей, центроида.
- 5) Мгновенная ось вращения, аксоида.

##### Лекция 2.

*Тема:* Основы динамики Ньютона.

*Краткая аннотация к лекции.*

Масса, сила. Принцип независимости действия сил. Второй и третий законы Ньютона.

##### Лекция 3-4.

*Тема:* Динамика частицы.

*Краткая аннотация к лекции.*

Основная задачи динамики частицы. Импульс частицы. Теорема об изменении импульса частицы. Момент импульса частицы. Теорема об изменении момента импульса частицы. Кинетическая энергия частицы. Работа, мощность. Теорема об изменении кинетической энергии частицы. Потенциальная сила. Потенциальная энергия. Теорема об изменении потенциальной энергии. Теорема об изменении полной механической энергии частицы.

##### Лекция 5-6.

*Тема:* Динамика системы частиц.

*Краткая аннотация к лекции.*

Внешние и внутренние силы. Теорема о движении центра инерции. Импульс системы частиц. Теорема об изменении импульса системы частиц. Момент импульса системы частиц. Теорема об изменении момента импульса системы частиц. Преобразование момента импульса системы частиц. Кинетическая энергия системы частиц. Теорема об изменении кинетической энергии системы частиц. Теорема Кенига. Потенциальная энергия системы частиц. Собственная энергия системы частиц. Закон сохранения механической энергии системы частиц.

##### Лекция 7-8.

*Тема:* Основы аналитической механики.

*Краткая аннотация к лекции.*

Виды связей. Виртуальные перемещения. Виртуальная работа. Обобщенные силы. Принцип Даламбера-Лагранжа. Уравнения Лагранжа и Гамильтона. Принцип экстремального действия.

Механическая система с наложенными на нее связями. Классификация связей. Общая задача динамики для системы частиц со связями. Обобщенные координаты и обобщенные силы. Функция Лагранжа. Вывод уравнения Лагранжа из принципа экстремального действия. Кинетическая энергия. Ее выражение через обобщенные координаты и скорости. Принцип экстремального действия. Описание состояния механической системы в механике Гамильтона. Фазовое пространство. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона. Скобки Пуассона. Законы сохранения в механике Лагранжа и Гамильтона.

#### Лекция 9-10.

*Тема:* Некоторые задачи классической механики: одномерное движение, малые колебания, задача двух тел, частица в центрально-симметричном поле, задача Кеплера, столкновение частиц, рассеяние частиц.

*Краткая аннотация к лекции.*

Задача двух тел, ее сведение к одночастичной задаче. Приведенная масса. Эффективная потенциальная энергия. Движение частицы в поле притяжения и отталкивания. Уравнение Бине. Законы Кеплера.

Виды колебательных систем. Свободные и вынужденные колебания. Автоколебания. Двойной маятник. Фазовый портрет. Нелинейные колебания.

#### Лекция 11-12.

*Тема:* Основы специальной теории относительности.

*Краткая аннотация к лекции.*

Постулаты СТО. Преобразования Лоренца. Пространственные и временные промежутки в СТО. Закон сложения скоростей в СТО. Математический аппарат СТО. Интервал. 4-е векторы. 4-скорость и 4-е ускорение. Импульс, энергия и масса релятивистской частицы.

Динамика частицы в СТО. Закон инерции. Масса частицы. 4-е импульс. Основное уравнение динамики частицы в СТО. Системы частиц в СТО. Система невзаимодействующих частиц.

### СЕМЕСТР 5

#### Лекция 1.

*Тема:* Электрический заряд и электромагнитное поле в вакууме.

*Краткая аннотация к лекции.*

Уравнения Максвелла в вакууме. Опытные обоснования.

#### Лекция 2-4.

*Тема:* Релятивистская электродинамика.

*Краткая аннотация к лекции.*

4-ток. Преобразование Лоренца для 4-тока. Примеры. 4-потенциал. Уравнения Даламбера и условие Лоренца в ковариантной форме. Преобразование Лоренца для 4-потенциала. Тензор электромагнитного поля. Преобразование электрического и магнитного полей при изменении системы отсчета. Ковариантная форма уравнений Максвелла.

#### Лекция 5-7.

*Тема:* Электростатика. Электродинамика сплошных сред.

*Краткая аннотация к лекции.*

Электрический заряд, его свойства. Объемная и поверхностная плотности заряда. Вектор плотности тока. Закон сохранения заряда в интегральной и дифференциальной форме. Уравнения электростатики в вакууме в дифференциальной и интегральной формах. Скалярный потенциал электрического поля, его свойства. Уравнение Пуассона. Электростатическое поле точечного заряда, вывод закона Кулона из уравнений электростатики. Потенциал точечного заряда и системы объемных и поверхностных зарядов. Мультипольное разложение скалярного потенциала. Дипольный момент, его свойства. Потенциал и электрическое поле диполя. Вектор поляризации. Потенциал поляризованного тела. Поверхностная и объемная плотности поляризационных зарядов. Усреднение микрополей для случая электростатики. Свободные и поляризационные заряды. Вывод уравнений электростатики в веществе. Вектор электрической индукции. Диэлектрическая проницаемость вещества. Вывод выражения для энергии электрического поля в диэлектрике. Стационарный электрический ток. Линейные цепи. Закон Ома и в интегральной и дифференциальной формах. ЭДС.

## Лекция 8.

*Тема:* Магнитостатика.

*Краткая аннотация к лекции.*

Уравнения магнитостатики в вакууме в дифференциальной и интегральной формах. Векторный потенциал, условия калибровки. Уравнение для векторного потенциала. Векторный потенциал объемных токов и поверхностных токов. Вывод закона Био-Савара-Лапласа. Мультипольное разложение векторного потенциала. Магнитный момент контура с током, его векторный потенциал. Вектор намагниченности. Векторный потенциал намагниченного тела. Объемные и поверхностные токи намагничения (без вывода). Усреднение микрополей для случая магнитостатики. Ток свободных зарядов и ток намагничения. Уравнения магнитостатики в веществе. Вектор  $\mathbf{H}$ . Магнитная проницаемость вещества.

## Лекция 9-10.

*Тема:* Квазистационарное приближение.

*Краткая аннотация к лекции.*

Закон электромагнитной индукции Фарадея. Усреднение микрополей в общем случае. Уравнение Лоренца-Максвелла. Вывод выражения для энергии магнитного поля в веществе. Гипотеза Максвелла о токе смещения. Система уравнений Максвелла в веществе в дифференциальной и интегральной формах. Теорема Пойнтинга. Вектор Пойнтинга. Потенциалы  $\mathbf{A}$  и  $\varphi$  электромагнитного поля, калибровочные преобразования. Связь потенциалов с полями, калибровочная инвариантность полей. Уравнения Даламбера для потенциалов. Калибровочные условия Лоренца. Волновое уравнение. Плоские волны. Поперечность плоской электромагнитной волны. Запаздывающие потенциалы. Электромагнитное поле системы зарядов в дипольном приближении в волновой зоне. Интенсивность излучения в дипольном приближении.

## Лекция 11-12.

*Тема:* Излучение и распространение электромагнитных волн.

*Краткая аннотация к лекции.*

Уравнение электромагнитной волны. Волновое уравнение. Основные свойства электромагнитных волн. Отражение и преломление электромагнитных волн на границе раздела двух сред. Энергия электромагнитных волн. Поток энергии. Вектор Умова-Пойнтинга.

## СЕМЕСТР 6

### Лекция 1-2.

*Тема:* Основные положения и математический аппарат квантовой теории.

*Краткая аннотация к лекции.*

Принцип суперпозиции. Вектор состояния. Динамические переменные квантовой механики и самосопряженные операторы. Собственные значения и собственные функции самосопряженных операторов. Возможные значения наблюдаемых и их вероятность, среднее значение наблюдаемых.

### Лекция 3-4.

*Тема:* Динамические уравнения и законы сохранения.

*Краткая аннотация к лекции.*

Условия совместной измеримости динамических переменных. Полный набор динамических переменных. Волновая функция. Операторы координат и импульса. Собственные функции оператора импульса. Операторы орбитального момента, их собственные функции и значения. Уравнение Шрёдингера. Изменение во времени средних значений наблюдаемых. Законы сохранения и их связь со свойствами симметрии пространства-времени и внешнего поля. Стационарное уравнение Шрёдингера. Стационарные состояния, их свойства.



#### Лекция 5.

*Тема:* Одномерное движение.

*Краткая аннотация к лекции.*

Общие свойства одномерного движения микрочастицы. Задача о частице в потенциальной яме. Туннельный эффект. Энергетический спектр квантового гармонического осциллятора.

#### Лекция 6.

*Тема:* Квантовая частица в центрально-симметричном поле.

*Краткая аннотация к лекции.*

Общие свойства движения в центрально-симметричном поле, законы сохранения. Собственные значения и собственные функции оператора орбитального момента. Радиальное уравнение Шредингера. Атом водорода, его энергетический спектр. Стационарные состояния атома водорода и их описание с помощью квантовых чисел.

#### Лекция 7.

*Тема:* Теория возмущений.

*Краткая аннотация к лекции.*

Стационарная теория возмущений. Атом гелия в основном состоянии. Теория нестационарных возмущений. Вероятности переходов.

#### Лекция 8.

*Тема:* Элементы теории излучения.

*Краткая аннотация к лекции.*

Типы переходов электронов в атоме. Соотношение неопределенностей для энергии и времени. Естественная ширина энергетических уровней. Правило отбора. Спектр излучения атома водорода. Дуплетные линии.

#### Лекция 9.

*Тема:* Спин электрона.

*Краткая аннотация к лекции.*

Волновая функция электрона с учётом спина. Орбитальный, спиновый и полный момент электрона. Понятие о спин-орбитальном взаимодействии.

#### Лекция 10.

*Тема:* Системы тождественных частиц.

*Краткая аннотация к лекции.*

Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы, принцип Паули для фермионов. Связь спина со статистикой. Атом гелия. Синглетные и триплетные состояния атома гелия. Обменная энергия. Классификация состояний электронов в атоме.

#### Лекция 11.

*Тема:* Многоэлектронные атомы и молекулы.

*Краткая аннотация к лекции.*

Атом гелия. Мультиплетность состояний. Обменная энергия. Понятие о методе самосогласованного поля. Классификация состояний электронов в атоме. Периодическая система элементов. Молекула водорода. Природа химической связи. Атом во внешнем поле (эффект Зеемана и магнитный момент атома).

#### Лекция 12.

*Тема:* Квантование электромагнитного поля.

*Краткая аннотация к лекции.*

Электромагнитная волна как квантовый осциллятор. Операторы рождения и уничтожения фотонов. Дипольное излучение атомов.

## СЕМЕСТР 7

Лекция 1-3.

*Тема:* Основные положения статистической физики.

*Краткая аннотация к лекции.*

Макроскопическая система. Динамический и статистический методы в физике. Макроскопическая система. Фазовое пространство. Микросостояния квантовой и классической макросистем. Статистический ансамбль и статистическое распределение. Микросостояния. Фазовое пространство. Статистический ансамбль и статистическое распределение. Микросостояния. Термодинамические величины как средние по ансамблю и как средние по времени. Принцип микроскопической обратимости и необратимость процессов в макром мире. Статистическая природа необратимости. Статистическое равновесие.

Лекция 4-5.

*Тема:* Статистическая термодинамика.

*Краткая аннотация к лекции.*

Первое начало термодинамики. Химический потенциал. Второе начало термодинамики. Обобщенная формулировка второго начала термодинамики. Теорема Карно. Температура. Абсолютный нуль. Отрицательная (абсолютная) температура. Термодинамические потенциалы. Метод термодинамических потенциалов. Экстремальные свойства термодинамических потенциалов. Третье начало термодинамики. Принцип равновероятности (микрoканоническое распределение). Энтропия в квантовой и классической теориях. Закон возрастания энтропии (в замкнутых системах).

Лекция 6-7.

*Тема:* Статистическое распределение для системы в термостате. Основные применения распределения Гиббса.

*Краткая аннотация к лекции.*

Распределение Гиббса (каноническое распределение). Статистическая сумма и статистический интеграл. Их связь со свободной энергией.

Лекция 8-9.

*Тема:* Квантовые статистики идеального газа.

*Краткая аннотация к лекции.*

Закон равномерного распределения кинетической энергии по степеням свободы. Распределение Максвелла. Распределение Больцмана для молекул идеального газа. Классическая теория теплоемкостей идеального газа и кристаллов и ее трудности. Квантовый подход к проблеме теплоемкости кристаллов. Квантовый подход к проблеме теплоемкости. Теплоемкость двухатомных газов. Локальное термодинамическое равновесие и обобщенная формулировка второго начала термодинамики. Большое каноническое распределение. Химический потенциал. Основные термодинамические соотношения для систем с переменным числом частиц. Распределение Бозе-Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Критерий вырождения. Свободные электроны в металлах как вырожденный Ферми-газ. Равновесное тепловое излучение как фотонный газ. Сверхтекучесть.

Лекция 10

*Тема:* Равновесие фаз и фазовые переходы.

*Краткая аннотация к лекции.*

Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Понятие о фазовых переходах второго рода. Соотношения Эренфеста. Кривая равновесия фаз. Критическая точка.

#### Лекция 11.

*Тема:* Элементы теории флуктуации.

*Краткая аннотация к лекции.*

Вероятность флуктуаций для системы в термостате. Формула Эйнштейна. Броуновское движение.

#### Лекция 12.

*Тема:* Основы теории неравновесных процессов.

*Краткая аннотация к лекции.*

Явления переноса. Связь (термодинамических) сил и потоков. Кинетические коэффициенты и соотношения взаимности Онсагера. Понятие о диссипативных структурах и самоорганизации.

### СЕМЕСТР 8

#### Лекция 1.

*Тема:* Конденсированное состояние вещества.

*Краткая аннотация к лекции.*

Кристаллические и аморфные вещества. Кристаллизация и стеклование. Эмпирическая классификация твердых тел. Связь типа кристаллической решетки с симметрией межатомного взаимодействия. Модельные потенциалы. Вывод закона Гука для однородной деформации. Напряжения и деформации как тензоры второго ранга, обобщенный закон Гука.

#### Лекция 2-3.

*Тема:* Теория кристаллической решетки.

*Краткая аннотация к лекции.*

Модель идеального кристалла. Кристаллическая решетка. Трансляционная симметрия кристаллов. Элементарная ячейка. Простая и сложная решетки. Примеры. Индексы Миллера. Обратная решетка, ее свойства. Зоны Бриллюэна. Теорема Блоха. Граничные условия Борна-Кармана. Дифракция рентгеновских лучей на идеальной кристаллической решетке. Вывод формулы Вульфа-Брэгга. Формулировка Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристалле. Дефекты кристаллической решетки и связанные с ними свойства твердых тел. Вакансии, дислокации, границы зерен поликристаллов, трещины. Краевая и винтовая дислокации, вектор Бюргерса. Дислокации и рост кристаллов. Источник Франка-Рида. Дислокации, их роль в пластической деформации кристаллов.

#### Лекция 4.

*Тема:* Динамика кристаллической решетки.

*Краткая аннотация к лекции.*

Динамика одномерного кристалла (простая решетка). Акустическая и оптическая ветви дисперсии для одномерной сложной решетки. Квантование колебаний решетки, фононы. Метод квазичастиц. Решеточная теплоемкость твердых тел, классическая теория и теория Эйнштейна. Теория теплоемкости Дебая. Анггармонические эффекты. Тепловое расширение. Решеточная теплопроводность.

#### Лекция 5-6.

*Тема:* Зонная теория кристаллов.

*Краткая аннотация к лекции.*

Электрон в периодическом поле кристаллической решетки. Приближения сильной и слабой связи. Зонная теория. Электроны в металлах, поверхность Ферми. Динамика электрона в кристалле. Метод эффективной массы. Дырочные состояния. Электрон в кристалле как квазичастица. Электро- и теплопроводность металлов в приближении времени релаксации. Закон Видемана-Франца. Собственная проводимость полупроводников.

#### Лекция 7.

*Тема:* Статистика носителей зарядов. Поляризация диэлектриков.

*Краткая аннотация к лекции.*

Статистика носителей в полупроводниках. Положение уровня Ферми в собственных полупроводниках. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках. Вырожденные полупроводники. Закон действующих масс. Температурная зависимость электропроводности полупроводников. Механизмы поляризации диэлектриков. Сегнетоэлектрики. Квантовая природа магнетизма.

#### Лекция 8.

*Тема:* Магнитное упорядочение. Сверхпроводимость.

*Краткая аннотация к лекции.*

Виды магнитной упорядоченности. Магноны. Пара- и диамагнетизм твердых тел. Формула Ланжевена и температура Кюри. Ферромагнетики. Внутреннее поле Вейсса. Ферримагнетики. Температура Неэля.

Сверхпроводимость, основные экспериментальные данные, элементы микроскопической теории.

#### Лекция 9

*Тема:* Фундаментальные частицы и фундаментальные взаимодействия. Свойства стабильных ядер и нуклонов, методы их исследования.

*Краткая аннотация к лекции.*

Масштабные уровни строения материи. Фундаментальные взаимодействия. Постановка опытов по рассеянию частиц, упругое и неупругое рассеяние, распады. Сечение рассеяния, вероятность распада. Современные источники, детекторы и ускорители частиц.

#### Лекция 10-11.

*Тема:* Ядерные силы и их основные свойства. Радиоактивные превращения ядер. Модели атомного ядра.

*Краткая аннотация к лекции.*

Основные свойства и характеристики ядер. Состав ядра, спин, магнитный момент, форма и размеры. Свойства ядерных сил. Оболочечная и капельная модели ядер. Обменная мезонная теория ядерных сил. Энергия связи и удельная энергия связи ядер. Радиоактивность. Типы и свойства радиоактивных превращений. Закон радиоактивного распада. Механизмы альфа-распада, бета превращений и гамма-излучения ядер.

#### Лекция 12.

*Тема:* Ядерные превращения и взаимодействия.

*Краткая аннотация к лекции.*

Ядерные реакции. Энергетический выход ядерных реакций. Реакции деления, цепная реакция. Ядерная энергетика. Реакторы на тепловых нейтронах и реакторы-бридеры. Термоядерные реакции в природе и технике. Проблемы управляемого термоядерного синтеза.

#### Лекция 13.

*Тема:* Элементарные частицы. Методы обнаружения новых элементарных частиц.

*Краткая аннотация к лекции.*

Элементарные частицы, их основные характеристики и свойства. Классификация бозонов и фермионов.

#### Лекция 14.

*Тема:* Адроны и лептоны. Кварки.

*Краткая аннотация к лекции.*

Лептоны, лептонный заряд, лептонные дублеты. Адроны, мезоны, барионы изомультиплеты. Характеристики адронов. Кварковая модель адронов.

## Лекция 15-16.

*Тема:* Симметрии и спонтанное нарушение симметрии. Электрослабая теория. Объединение фундаментальных взаимодействий. Основы физической стандартной модели.

*Краткая аннотация к лекции.*

Взаимопревращения частиц, законы сохранения. Несохранение пространственной четности в слабом взаимодействии. Теории фундаментальных взаимодействий на основе квантовой электродинамики (КЭД). Понятие о современных единых теориях фундаментальных взаимодействий. Элементарные частицы и космологические проблемы.

### 3.3. Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены

### 3.4. Практические занятия

#### СЕМЕСТР 4

Практическое занятие 1.

*Тема:* Кинематика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Уравнения движения точки  $x(t) = a \cos \omega t$ ,  $y(t) = b \sin(\omega t + \varphi)$ . Напишите уравнение траектории точки  $y = y(x)$ .
2. Напишите параметрические уравнения траектории  $x = x(t)$ ,  $y = y(t)$  движения точки на ободе колеса, без проскальзывания катящегося по горизонтальной поверхности с постоянной скоростью.
3. Кабина лифта высотой  $h$  поднимается с ускорением  $a$ . Через время  $\tau$  после начала движения с потолка отрывается капля. Найдите время падения, перемещение и путь капли относительно Земли.
4. Точка брошена со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Напишите уравнение траектории  $y = y(x)$ , зависимость радиуса кривизны, тангенциального и нормального ускорения от времени, дальность полета, максимальную высоту подъема.
5. Тело бросают со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с подножья подъема, имеющего угол наклона  $\beta$ . Определите  $\alpha$ , при котором дальность полета была максимальной.

Практическое занятие 2.

*Тема:* Кинематика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Колесо вращается вокруг неподвижной оси так, что угол его поворота зависит от времени как  $\varphi = Bt^2$ . Найдите полное ускорение точки на ободе колеса в момент  $t$ , если скорость точки в этот момент равна  $v$ .
2. Тело начинает вращаться с угловым ускорением  $\omega = Bt$ . Когда вектор полного ускорения любой его точки составит угол  $\alpha$  с вектором скорости?
3. Тело вращается с угловой скоростью  $\vec{\omega} = b\vec{i} + ct^2\vec{j}$ . Найдите модули угловой скорости и углового ускорения в момент времени  $t$ .
4. Ускорение любой точки диска, вращающегося со скоростью  $\omega_0$ , составляет постоянный угол  $\alpha$  с радиусом. Определите тангенциальное, нормальное и полное ускорение точки диска, которая находится на расстоянии  $r$  от оси вращения.
5. Точка находится на ободе колеса радиуса  $r$ , которое катится без скольжения по горизонтальной поверхности со скоростью  $v$ . Найдите модуль и направление ускорения точки; полный путь, проходимый точкой между ее последовательными касаниями.

Практическое занятие 3.

*Тема:* Динамика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Дробинка массой  $m$  и объемом  $V$  падает в вязкой жидкости без начальной скорости. Сила сопротивления  $\vec{F} = -r\vec{v}$ . Как изменяется скорость и ускорение дробинки? Когда скорость дробинки достигнет половины от предельной скорости?
- 2.\*\* Тело массы  $m$  бросили со скоростью  $v_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту. Сила сопротивления  $\vec{F} = -r\vec{v}$ . Определите траекторию движения тела.
- 3.\*\* Кольцо насажено на гладкий горизонтальный стержень, вращающийся со скоростью  $\omega$  вокруг вертикальной оси. В начальный момент расстояние между осью и кольцом равно  $b$ . Найдите зависимость расстояния между кольцом и осью от времени.

#### Практическое занятие 4.

Тема: Динамика.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Определите момент инерции стержня, диска, шара относительно оси, проходящей через центр масс.
2. Найдите координаты центра масс полушария.
3. К концам стержня длиной  $l$  и массой  $m$  прикреплены две материальные точки массами  $m_1$  и  $m_2$ . Определите координаты центра масс и момент инерции системы относительно оси, проходящей через центр масс перпендикулярно стержню.
4. Два тела массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены нитью, переброшенной через неподвижный блок так, что первое тело висит на нити, а второе лежит на наклонной плоскости. Коэффициент трения между телом  $m_2$  и наклонной плоскостью равен  $\mu$ . Найдите отношение масс  $m_1/m_2$ , при котором тело  $m_2$  начнет: а) опускаться; б) подниматься.

#### Практическое занятие 5.

Тема: Динамика.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. На цилиндр массы  $M$  и радиуса  $r$  намотана нить, на конце которой подвешен груз массы  $m$ . В момент  $t = 0$  система пришла в движение. Найдите зависимость от времени угловой скорости цилиндра, кинетической энергии всей системы.
2. На цилиндрический каток массой  $M$  и радиусом  $R$  намотана нить, конец которой привязан к грузу массой  $m$  и перекинут через неподвижный блок. Определите ускорение катка и натяжение нити.
3. В эпициклическом механизме центр неподвижной шестерни радиуса  $R$  соединен кривошипом массой  $m_1$  с шестерней-сателлитом массой  $m_2$  и радиусом  $r$ , находящимся во внешнем зацеплении. Найдите ускорение кривошипа, если на него действует вращающий момент  $M$ .

#### Практическое занятие 6.

Тема: Динамика.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Определите скорость падения метеорита вблизи поверхности Земли, если его скорость на бесконечности  $v_0$ . Сопротивлением атмосферы пренебречь.
2. Шайба массой  $m$  соскальзывает без начальной скорости по наклонной плоскости, составляющей угол  $\alpha$  с горизонтом, и, пройдя по горизонтальной плоскости расстояние  $l$ , останавливается. Найдите работу сил трения на всем пути, считая всюду коэффициент трения  $\mu$ .
3. Частица массы  $m$  движется в двумерном поле, где ее потенциальная энергия  $U = bxy$ . В точке  $A(x_A, y_A)$  частица имела скорость  $v_A$ , а в точке  $B(x_B, y_B)$  скорость  $v_B$ . Найдите работу непотенциальных сил.
4. Тело массой  $m$ , брошенное со скоростью  $v_0$  с высоты  $h$ , имеет в точке падения скорость  $v$ . Определите, чему равна работа силы сопротивления воздуха, действующей на тело при его движении.

### Практическое занятие 7.

Тема: Динамика.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Нить длиной  $l$  симметрично висит на неподвижном блоке и начинает двигаться со скоростью  $v_0$ . Определите скорость нити в момент, когда она сойдет с блока.
2. Ствол пушки направлен под углом  $\alpha$  к горизонту. Когда колеса пушки закреплены, скорость снаряда, масса которого в  $k$  раз меньше массы пушки, равна  $v$ . Найдите скорость пушки  $u$  сразу после выстрела, если ее колеса освободить.
3. Момент импульса частицы относительно центра  $O$  изменяется по закону  $\vec{L} = A\vec{i} + Bt^2\vec{j}$ . Найдите момент  $\vec{M}$  силы, действующей на частицу, когда угол между векторами  $\vec{M}$  и  $\vec{L}$  окажется равным  $\alpha$ .
4. Пуля массы  $m$ , летящая со скоростью  $v$ , попадает в центр шара массы  $m_1$  радиуса  $r$ , подвешенного на стержне массой  $m_2$  и длиной  $l$ , и застревает в нем. Верхний конец стержня закреплен в шарнире. На какую высоту поднимется шар с пулей?

### Практическое занятие 8.

Тема: Основы аналитической механики.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Имеются два рычага с длинами плеч  $a$ ,  $b$  и  $c$ ,  $d$ . Конец первого рычага соединен с концом второго. Какую силу следует приложить к свободному концу первого рычага, чтобы удержать груз массой  $m$ , прикрепленный к свободному концу второго рычага.
2. На тело, способное вращаться вокруг оси  $O$ , действуют две силы  $F_1$  и  $F_2$ . Расстояния от оси вращения до точек приложения сил и соответствующие углы заданы. Какой момент сил надо приложить к телу, чтобы оно оставалось в равновесии?
3. Тело массы  $m_1$  лежит на абсолютно гладкой наклонной плоскости с углом  $\alpha$ . К нему привязана нить, переброшенная через блок, другой конец которой соединен со вторым телом. Найти его массу, если система покоится.
4. Какой выигрыш в силе дает наклонная плоскость с углом  $\alpha$ ?
5. Какой выигрыш в силе дает дифференциальный блок?

### Практическое занятие 9.

Тема: Основы аналитической механики.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Два тела массами  $m_1$  и  $m_2$  соединены нитью, перекинутой через неподвижный блок массой  $m$  и радиусом  $r$ . Напишите выражение для обобщенной силы, найдите ускорение системы, угловое ускорение блока и отношение натяжений  $T_1/T_2$  вертикальных участков нити.
2. Передача вращения между двумя валами с моментами инерции  $I_1$  и  $I_2$  осуществляется двумя зубчатыми колесами, имеющими  $z_1$  и  $z_2$  зубцов. На первый вал действует вращающий момент  $M_1$ , на второй вал – тормозящий момент  $M_2$ . Чему равна обобщенная сила? Определите ускорение первого вала.
- 3.\* Цилиндр массой  $m_1$  и радиусом  $R$  обмотан нитью, конец которой намотан на неподвижный блок массой  $m_2$  и радиусом  $r$ . Цилиндр падает без начальной скорости. Напишите выражение для обобщенных сил, лагранжиан системы. Определите ускорение цилиндра и натяжение нити.

### Практическое занятие 10.

Тема: Некоторые задачи классической механики.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Найдите массу Земли, если спутник, движущийся в ее экваториальной плоскости с запада на восток по круговой орбите радиуса  $r$ , появляется над некоторым пунктом на экваторе два раза в сутки.
- 2.\*\* Планета движется вокруг Солнца. В момент  $t$  угол между радиус-вектором  $\vec{r}$  и скоростью  $\vec{v}$  планеты был равен  $\alpha$ . Найдите наибольшее и наименьшее расстояния от планеты до Солнца.

3. Спутник вращается по круговой орбите, все время находясь над одной точкой экватора Земли. Определите высоту орбиты спутника.
4. Определите зависимость между периодами обращения планет вокруг Солнца и большими полуосьми их орбит.

Практическое занятие 11.

*Тема:* Некоторые задачи классической механики.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Потенциальная энергия частицы массы  $m$  зависит от координаты  $x$  как  $U(x) = U_0(1 - \cos(Bx))$ ,  $U_0$  и  $B$  – постоянные. Запишите дифференциальное уравнение движения, найдите период колебаний частицы.
2. Ареометр массой  $m$  выполнен в виде стержня радиусом  $r$  с грузом на конце. Вычислите период малых колебаний ареометра, плавающего на поверхности жидкости плотностью  $\rho$ .
- 3.\* Частота колебаний физического маятника  $\nu_1$ . Когда он находится в равновесии, к нему прикрепляют на расстоянии  $b$  ниже оси тело массой  $m$ . При этом частота уменьшается до  $\nu_2$ . Найдите момент инерции маятника.
- 4.\* Один конец пружины закреплен, а к другому привязана нить, переброшенная через неподвижный блок массой  $m$  и радиусом  $r$ . Конец нити привязан к телу массы  $M$ . Напишите дифференциальное уравнение колебаний системы и определите их период.

Практическое занятие 12.

*Тема:* Основы специальной теории относительности.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Докажите, что события, разделенные пространственно-подобным интервалом, не могут быть причинно связаны.
2. Может ли меняться последовательность событий при переходе от одной системы отсчета к другой, если интервал между событиями: а) времениподобный, б) пространственно-подобный.
3. На сколько укорачивается диаметр Земли в направлении движения вокруг Солнца с точки зрения наблюдателя, неподвижного относительно Солнца? Радиус Земли  $6,4 \cdot 10^3$  км, орбитальная скорость Земли 30 км/с.
4. С точки зрения наблюдателя, находящегося в движущемся поезде, удары молнии в точках  $A$  (впереди поезда) и  $B$  (позади поезда) произошли одновременно. Какая молния ударила раньше с точки зрения наблюдателя стоящего на перроне?
5. Мезон, движущийся со скоростью 0,99 с, пролетел в системе отсчета земного наблюдателя от места своего рождения до распада 4,7 км. Определите собственное время жизни мезона. Какое расстояние пролетел бы мезон, если бы не было эффекта замедления времени?
6. При какой скорости движения кинетическая энергия частицы равна ее энергии покоя?
7. Покоящееся тело массой  $m$  самопроизвольно распадается на две части  $m_1$  и  $m_2$ . Определите энергии частей  $E_1$  и  $E_2$ , предполагая их движущимися.

## СЕМЕСТР 5

Практическое занятие 1-2.

*Тема:* Электрический заряд и электромагнитное поле в вакууме.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Найдите емкость уединенного проводника, имеющего форму шара радиусом  $R$ . Используйте при решении интегральную запись связи  $\vec{E}$  и  $\varphi$ .
2. Определите потенциал и напряженность поля внутри плоского конденсатора. Найдите также емкость такого конденсатора. Разность потенциалов между пластинами  $U$ , площадь пластин  $S$ , расстояние между пластинами  $d$ .
3. Сферический конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U$ . Радиус внутренней обкладки  $R_1$ , внешней –  $R_2$ . Найдите распределение потенциала между обкладками, напряженность поля и емкость конденсатора.



4. Решите предыдущую задачу для цилиндрического конденсатора длиной  $h$ .
5. Точечный заряд  $q$  находится в центре шара радиусом  $R$  из однородного диэлектрика проницаемостью  $\epsilon$ . Постройте график зависимости напряженности поля  $\vec{E}$  от расстояния  $r$  до центра данного шара.

### Практическое занятие 3.

*Тема:* Релятивистская электродинамика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Нерелятивистский точечный заряд  $q$  движется с постоянной скоростью  $\vec{v}$ . Найдите магнитное поле  $\vec{B}$  этого заряда в точке, положение которой относительно заряда определяется радиус-вектором  $\vec{r}$ .
2. В системе отсчета  $K$  имеется магнитное поле индукцией  $\vec{B}$ . Чему равна индукция магнитного поля и напряженность электрического в системе  $K'$ , движущейся со скоростью  $\vec{v}$  относительно  $K$  перпендикулярно направлению вектора  $\vec{B}$ .

### Практическое занятие 4-5.

*Тема:* Электростатика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Тонкое кольцо радиусом  $R$  равномерно заряжено с линейной плотностью  $\tau$ . Определите напряженность и потенциал в любой точке на оси кольца. Найдите максимальное значение напряженности.
2. Найдите потенциал и напряженность поля всюду на оси равномерно заряженного тонкого диска радиусом  $R$ . Поверхностная плотность заряда  $\sigma$ . Напряженность определите, используя соотношение  $\vec{E} = -\nabla\phi$ .
- 3.\* Найдите потенциал и напряженность поля, создаваемого равномерно заряженным шаром радиуса  $R$ , вне этого шара, используя сферические координаты. Объемная плотность заряда шара равна  $\rho$ .
4. Найдите потенциал и напряженность поля равномерно заряженного шара радиусом  $a$  внутри и вне него, используя теорему Гаусса. Объемная плотность заряда равна  $\rho$ .
5. Определите напряженность поля бесконечно протяженной пластины толщиной  $a$  внутри и вне нее. Пластина равномерно заряжена по объему с плотностью  $\rho$ .

### Практическое занятие 6-7.

*Тема:* Электродинамика сплошных сред.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Плоский конденсатор емкостью  $C$  обладает утечкой, так как заполнен средой с удельной электропроводностью  $\gamma$  и диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ . Между пластинами конденсатора поддерживается постоянная разность потенциалов  $U$ . Найдите силу тока, текущего через конденсатор, его полное сопротивление и количество тепла, выделяющегося в конденсаторе за 1 с.
- 2.\* Цилиндрический конденсатор длиной  $h$  и радиусами обкладок  $R_1$  и  $R_2$  заполнен проводящей средой с электропроводностью  $\gamma$ . Между обкладками поддерживается постоянная разность потенциалов  $U$ . Найдите силу тока утечки, сопротивление конденсатора, количество тепла, выделяющегося ежесекундно.
- 3.\*\* Сферический конденсатор емкостью  $C$  заполнен средой с электропроводностью  $\gamma$ . Между обкладками поддерживается разность потенциалов  $U$ . Найдите силу тока через конденсатор и его полное сопротивление.
- 4.\* Через полусферический заземлитель радиуса 0,5 м, большой круг которого совпадает с поверхностью Земли, течет ток утечки силой 10 А. Найдите величину шагового напряжения на расстоянии 2 м от заземлителя. Удельная электропроводность почвы равна  $10^{-2} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ .

#### Практическое занятие 8.

*Тема:* Электродинамика сплошных сред.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Определите индукцию магнитного поля бесконечного линейного тока  $I$  на расстоянии  $a$  от него.
2. По длинному круговому цилиндру радиуса  $R$  течет ток силой  $I$ , равномерно распределенный по сечению. Определите магнитную индукцию вне и внутри цилиндра.
- 3.\* По длинной цилиндрической трубе радиуса  $R_2$  и радиусом внутренней полости  $R_1$ , течет ток  $I$ , равномерно распределенный по кольцевому сечению  $R_1 < R < R_2$ . Определите индукцию магнитного поля в полости, в сечении трубы и вне ее.

#### Практическое занятие 9.

*Тема:* Магнитостатика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Два параллельных бесконечно длинных провода с токами  $I_1$  и  $I_2$  расположены на расстоянии  $a$  друг от друга. Определите силу, с которой взаимодействуют эти два провода, приходящуюся на единицу длины.
2. По дуге окружности радиусом  $R$  и центральным углом  $\alpha$  течет ток силой  $I$ . Определите индукцию магнитного поля в центре окружности.
3. Ток силой  $I$  течет по тонкому кольцу радиусом  $R$ . Найдите индукцию магнитного поля в любой точке на оси кольца.

#### Практическое занятие 10.

*Тема:* Квазистационарное приближение.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

- 1\*. Прямоугольная рамка площадью  $S$  вращается с угловой скоростью  $\omega$  в однородном магнитном поле  $B$  вокруг оси, проходящей перпендикулярно полю. Определите ЭДС индукции и силу тока в рамке, если коэффициент самоиндукции  $L$ , сопротивление рамки: а) равно нулю, б) равно  $R$ . Нарисуйте график зависимости силы тока от времени.
2. Цепь постоянного тока состоит из последовательно включенных  $\mathcal{E}$ ,  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $L$ . Определите силу тока в цепи после того, как сопротивление  $R_2$  замыкается накоротко. Постройте график зависимости тока от времени.
- 3.\* В однородном магнитном поле индукцией  $B$  вращается стержень длиной  $l$  с угловой скоростью  $\omega$ . Ось вращения проходит через один из концов стержня и параллельна полю. Определите разность потенциалов между концами стержня.

#### Практическое занятие 11-12.

*Тема:* Излучение и распространение электромагнитных волн.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Замкнутая цепь состоит из конденсатора  $C$  и индуктивности  $L$ . В момент времени  $t = 0$  конденсатору сообщают заряд  $Q$ . Определите силу тока в цепи при  $t > 0$ , если сопротивление цепи: а)  $R = 0$ , б)  $R \neq 0$ . Нарисуйте график зависимости тока от времени.
2. Колебательный контур имеет емкость  $C$ , индуктивность  $L$  и активное сопротивление  $R$ . Найдите время, через которое амплитуда тока в этом контуре уменьшится в  $e$  раз.
3. Катушку с индуктивностью  $L$  и активным сопротивлением  $R$  подключили в момент времени  $t = 0$  к внешнему напряжению  $U = U_m \cos \omega t$ . Найдите ток в цепи как функцию времени.
- 4.\*\* Точечный заряд движется равномерно и прямолинейно со скоростью  $v$ . найдите вектор плотности тока смещения в точке, находящейся на расстоянии  $a$  от заряда на прямой, совпадающей с его траекторией.
- 5.\* Определите энергию  $dW$ , проходящую за время  $dt$  через единицу площади, перпендикулярную направлению распространения электромагнитной волны.

## СЕМЕСТР 6

Практическое занятие 1-2.

Тема: Основные положения и математический аппарат квантовой теории.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

- 1.\* Докажите, что  $\psi_0 = e^{-(x^2/2)}$  есть собственная функция оператора  $\hat{F} = -\frac{d^2}{dx^2} + x^2$ .  
Найдите собственное значение. То же для функции  $\psi_1 = xe^{-(x^2/2)}$ .
2. Найдите собственные функции  $\psi$  и собственные значения оператора  $\hat{F} = -\frac{d^2}{dx^2} + x^2$ , если  $\psi(0) = \psi(l) = 0$ .
3. Докажите коммутационное соотношение:  $[\hat{A}, \hat{B}\hat{C}] = [\hat{A}, \hat{B}]\hat{C} + \hat{B}[\hat{A}, \hat{C}]$ .
4. Найдите результат действия оператора  $\hat{F} = -\frac{d^2}{dx^2} + x^2$  на функцию  $\psi = \cos x$ .
5. Найдите собственные значения оператора  $\hat{F}$ , принадлежащие собственной функции  $\psi = \sin 2x$ , если  $\hat{F} = -\frac{d^2}{dx^2}$ .

Практическое занятие 3-4.

Тема: Одномерное движение.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Вычислите средние значения кинетической и потенциальной энергии осциллятора в основном состоянии.
2. Определите постоянный множитель  $A$  в функции  $\psi_{n_1, n_2}(x, y) = A \sin \frac{\pi n_1 x}{l_1} \sin \frac{\pi n_2 y}{l_2}$ , описывающей состояние электрона в двумерной бесконечно глубокой потенциальной яме со сторонами  $l_1$  и  $l_2$ .
3. Протон с энергией  $E=1$  МэВ изменил при прохождении потенциального барьера де-Бройлевскую длину волны на 2%. Определите высоту потенциального барьера  $U$ .
4. Частица движется в прямоугольной потенциальной яме ( $0 < x < l$ ) с бесконечно высокими стенками. Вычислите: а) вероятность нахождения частицы в интервале  $\frac{1}{4}l < x < \frac{3}{4}l$  на первом уровне и на втором; б) среднее значение координаты  $x$  частицы; в)\* вероятность пребывания частицы на  $n$ -ом уровне, если она находится в состоянии  $\psi = Ax(l-x)$  (произведите вычисления для первых трех уровней); г)\* среднюю кинетическую энергию в состоянии  $\psi = A(l-x)x$ .

Практическое занятие 5-6.

Тема: Квантовая частица в центрально-симметричном поле.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

- 1.\* Определите среднее значение  $\mathcal{L}_z^2$  в состоянии  $\psi(\varphi) = A \sin^2 \varphi$ .
- 2.\*\* Вычислите среднее значение  $\mathcal{L}^2$  в состоянии  $\psi(\theta, \varphi) = A \sin \theta \cos \varphi$ .
3. Электрон в атоме водорода находится в состоянии  $\psi = A(1 + \beta r)e^{\alpha r}$ . С помощью уравнения Шредингера определите значения постоянных  $\alpha, \beta$  и энергию электрона.
4. Выпишите спектральные обозначения термов, у которых: а)  $S=3/2, L=2, g=0$ ; б)  $S=1/2, J=3/2, g=4/3$ .

Практическое занятие 7-8.

Тема: Квантовая частица в центрально-симметричном поле.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Для электрона в атоме водорода в 1s состоянии вычислите среднее значение расстояния от ядра.
2. Определите среднее значение потенциальной энергии электрона в атоме водорода, среднюю кинетическую энергию и среднеквадратичную скорость электрона в состоянии 1s.
3. Выпишите все волновые функции электрона  $\psi_{n,l,m_l}$ , соответствующие уровню  $n=2$ .

- Какова скорость атомов серебра, с которой они вступают в неоднородное магнитное поле с  $\frac{\partial H}{\partial z} = 6 \cdot 10^7 \text{ А/м}^2$ , если расщепление их пучка на экране  $\delta z = 3 \text{ мм}$ , размер полюсов магнита  $\delta x = 15 \text{ см}$ , расстояние от магнита до экрана  $l = 25 \text{ см}$ .
- Постройте схему возможных переходов между термами  $^2P_{3/2}$  и  $^2S_{1/2}$ .

Практическое занятие 9-10.

Тема: Системы тождественных частиц.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

- Найдите число электронов в атомах, у которых заполнены: а)  $K$  и  $L$  слои,  $3s$ -оболочка и наполовину  $3p$ -оболочка; б)  $K$ ,  $L$ ,  $M$  слои,  $4s$ ,  $4p$ ,  $4d$ -оболочки. Что это за атомы?
- Выпишите электронные конфигурации атомов  $S$  (сера),  $Cl$  (хлор),  $Kr$  (криптон).
- Докажите, что все механические моменты (орбитальный, спиновый, полный) у целиком заполненных электронных слоев атомов равны нулю.
- Определите число электронов в заполненном слое  $N$ , у которых одинаковые значения квантовых чисел: а)  $m_l = -1$ ; б)  $m_l = +1, m_s = -1/2$ .

Практическое занятие 11-12.

Тема: Многоэлектронные атомы и молекулы.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

- Проверьте следующие равенства:
 

а) $\{x, \hat{p}_x\} = -1$ ;	в) $\{\hat{H}, x\} = \hat{p}_x/m$ ;
б) $\{U(x), \hat{p}_x\} = -\frac{\partial U}{\partial x}$ ;	г) $\{H, \hat{p}_x\} = -\frac{\partial U}{\partial x}$ .

 Где  $\{ \}$  – квантовые скобки Пуассона.
- Докажите самосопряжённость операторов  $\hat{p}_x, \hat{p}_x^2, \hat{H}$ . Учтите, что собственные функции  $\psi$  и их производные обращаются в нуль на бесконечности.
- Выпишите магнитный момент атома и его возможные проекции на ось  $z$  в состояниях: а)  $^1F$ , б)  $^2D_{3/2}$ .

## СЕМЕСТР 7

Практическое занятие 1-2.

Тема: Основные положения статистической физики.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

- Определите фазовые траектории: а) частицы массой  $m$ , движущейся по инерции со скоростью  $v$ ; б) свободной частицы при наличии силы трения, пропорциональной скорости.
- \*\* Определите фазовую траекторию частицы – линейного осциллятора без трения и с малым трением. Указание: воспользуйтесь уравнением движения линейного осциллятора:  $\ddot{q} + \frac{\mu}{m} \dot{q} + \omega_0^2 q = 0$ ,  $\mu$  – коэффициент сопротивления среды,  $m$  – масса,  $\omega_0$  – собственная частота осциллятора.
- Найдите число микросостояний  $d\Omega(\varepsilon)$  с энергией  $\varepsilon$  в интервале от  $\varepsilon$  до  $\varepsilon + d\varepsilon$  для частицы газа, энергия которого связана с импульсом соотношением  $\varepsilon = cp$  (где  $c$  – скорость света в вакууме).
- \* Определите и изобразите фазовую траекторию для частицы массой  $m$  с электрическим зарядом  $-q$ , движущейся под действием кулоновской силы к неподвижному заряду  $+q_1$ . Начальное расстояние между зарядами  $r_0$ , начальная скорость  $v_0 = 0$ .
- Найдите фазовые траектории одномерного движения материальных точек в поле силы тяжести с ускорением  $g$  и проиллюстрируйте справедливость теоремы Лиувилля.

Практическое занятие 3-4.

Тема: Статистическая термодинамика.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Два моля идеального газа сначала изохорически охладили, а затем изобарически расширили так, что температура газа стала равна первоначальной. Найдите приращение энтропии газа, если его давление в данном процессе изменилось в 3,3 раза.
- 2.\* Цикл состоит из двух изотерм  $T_1 = 600 \text{ К}$ ,  $T_2 = 300 \text{ К}$  и двух изобар, причем  $p_1 = 4p_2$ . Определите КПД цикла, если рабочее вещество – двухатомный идеальный газ.
3. Нагревается или охлаждается одноатомный газ, расширяющийся по закону  $pV^2 = \text{const}$ ? Найдите его молярную теплоемкость в этом процессе.
- 4.\* Два моля азота, находившиеся в нормальных условиях, сначала изотермически перевели в некоторое состояние, а затем адиабатически – в конечное состояние объемом в 4 раза больше начального. Определите работу, совершенную газом, если в изотермическом процессе ему было сообщено 11,3 кДж тепла.
- 5.\* Определите изменение энтропии одного моля идеального газа в изобарном, изохорном и изотермическом процессах.

Практическое занятие 5-6.

*Тема:* Статистическая термодинамика.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Идеальный газ адиабатически (показатель адиабаты  $\gamma$ ) переводят из состояния  $(p_1, V_1)$  в состояние  $(p_2, V_2)$ . Найдите приращение внутренней энергии газа и его работу.
2. Вычислите работу  $A$  идеального газа при его политропическом ( $pV^n = \text{const}$ ) расширении из состояния  $(p_1, V_1)$  в состояние с объемом  $V_2$ . Отдельно рассмотрите случай  $n=1$ .
3. Воздух в комнате при открытой форточке нагрели от температуры  $T_1$  до температуры  $T_2$ . Определите приращение внутренней энергии воздуха, находящегося в комнате.
4. Моль идеального одноатомного газа совершает цикл, состоящий последовательно из изохоры, изотермы и изобары. Известны объемы газа на концах  $V_1, V_3$ . Найдите КПД цикла.
- 5.\*\* Цикл, совершаемый молекулами одноатомного идеального газа, состоит из изотермы, изобары, изохоры. Изотермический процесс происходит при максимальной температуре цикла, равной  $T=400 \text{ К}$ . В пределах цикла  $V_{\text{max}}/V_{\text{min}} = a = 2$ . Найти работу газа за цикл и КПД цикла.

Практическое занятие 7-9.

*Тема:* Статистическое распределение для системы в термостате. Равновесие фаз и фазовые переходы.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. В сосуде объемом 30 л находится 100 г кислорода под давлением  $3 \cdot 10^5 \text{ Па}$ . Определите наиболее вероятное значение кинетической энергии молекул кислорода.
2. Определите массу воздуха в вертикальном цилиндре с площадью основания  $1 \text{ м}^2$  высотой 1 м и 10 км, считая, что воздух находится при нормальных условиях.
3. Какая часть молекул азота при температуре 300 К имеет скорости, отличающиеся от наиболее вероятной скорости на 10%?
4. Определите внутреннюю энергию, энтропию, энтальпию и термодинамический потенциал для 1 л гелия при температуре 400 К и давлении 276 кПа, считая его идеальным газом.
5. Получите калорическое уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса. Вычислите внутреннюю энергию 2 кмоль кислорода, занимающих объем 10 л при температуре 300 К ( $a = 1,36 \cdot 10^5 \text{ Н} \cdot \text{м}^4/\text{кмоль}^2$ ).

Практическое занятие 10-12.

*Тема:* Элементы теории флуктуаций и неравновесных процессов.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Динамическая вязкость азота при нормальных условиях  $\eta = 17 \text{ мкПа} \cdot \text{с}$ . Найдите среднюю длину свободного пробега молекул.

2. Теплопроводность гелия в 8,7 раза больше, чем у аргона (при нормальных условиях). Найдите отношение эффективных диаметров атомов аргона и гелия.
3. Один конец стержня, заключенного в теплоизолирующую оболочку, поддерживается при температуре  $T_1$ , а второй – при температуре  $T_2$ . Сам стержень состоит из двух частей, длины которых  $l_1$  и  $l_2$ , а теплопроводность  $\chi_1$  и  $\chi_2$ . Найдите температуру на стыке частей.
4. Определите среднее число столкновений  $Z$ , испытываемых отдельной молекулой двухмерного идеального газа с другими молекулами в 1 с.
5. Оцените среднюю длину свободного пробега молекулы кислорода при нормальных условиях, принимая эффективный диаметр молекул  $3 \cdot 10^{10}$  м. Вычислите также среднее число соударений  $Z$  в 1 с одной молекулы с остальными.

## СЕМЕСТР 8

Практическое занятие 1-2.

*Тема:* Теория кристаллической решетки.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Определите параметр  $a$  решетки и расстояние  $d$  между ближайшими соседними атомами кристалла кальция (решетка гранецентрированная кубической сингонии). Плотность кальция  $\rho = 1,55 \cdot 10^3$  кг/м<sup>3</sup>.
2. Напишите индексы направления прямой, проходящей через узлы  $[[100]]$  и  $[[001]]$  кубической примитивной решетки.
3. Найдите плотность кристалла неона (при 20 К), если известно, что решетка гранецентрированная кубической сингонии. Постоянная решетки при той же температуре  $a = 0,452$  нм.
- 4.\* Определите теплоту, необходимую для нагревания кристалла NaCl массой 20 г на 2 К. Рассмотрите два случая: 1) нагревание происходит от температуры  $T_1 = \Theta_D$ ; 2) нагревание происходит от температуры  $T_2 = 2$  К.
- 5.\*\* Используя квантовую теорию теплоемкости Эйнштейна вычислите изменение внутренней энергии одного килоатома кристалла при нагревании его на 2 К от температуры  $1/2 \Theta_E$ .

Практическое занятие 3-4.

*Тема:* Зонная теория кристаллов. Кинетические явления в кристаллах.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Вычислите по теории Дебая нулевую энергию одного килоатома кристалла меди. Характеристическая температура для меди  $\Theta_D = 320$  К.
2. В германии часть атомов замещена атомами сурьмы. Рассматривая дополнительный электрон примесного атома по модели Бора, оцените его энергию связи и радиус орбиты. Диэлектрическая проницаемость германия  $\epsilon = 16$ .
3. Кристалл состоит из  $N$  одинаковых атомов. Его дебаевская температура равна  $\Theta$ . Найдите число фононов в интервале частот  $(\omega, \omega + d\omega)$  при температуре  $T$ .
4. Некоторый примесный полупроводник имеет решетку типа алмаза и обладает только дырочной проводимостью. Определите концентрацию дырок и их подвижность, если постоянная Холла  $R_H = 3,8 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>/Кл, а удельная электропроводность  $\sigma = 110$  См/м.
5. Собственный полупроводник (германий) имеет при некоторой температуре удельное сопротивление 0,48 Ом·м. Определите концентрацию носителей заряда, если подвижность электронов равна 0,36 м<sup>2</sup>/В·с, а дырок – 0,16 м<sup>2</sup>/В·с.

Практическое занятие 5.

*Тема:* Статистика носителей зарядов. Электроны в металлах.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Удельная проводимость металла  $\sigma = 10$  МСм/м. Вычислите среднюю длину свободного пробега  $l$  электронов в металле, если концентрация свободных электронов  $n = 10^{28}$  м<sup>-3</sup>, а средняя скорость хаотического движения электронов  $u = 1$  Мм/с.

- Исходя из модели свободных электронов, определите число соударений  $z$ , которые испытывает электрон в единицу времени, находясь в металле, если концентрация электронов  $n = 10^{29} \text{ м}^{-3}$ , удельная проводимость  $\sigma = 10 \text{ МСм/м}$ .
- Исходя из классической теории электропроводности металлов, определите среднюю кинетическую энергию электронов в металле, если отношение коэффициента теплопроводности к удельной проводимости  $\lambda/\sigma = 6,7 \cdot 10^{-6} \text{ В}^2/\text{К}$ .
- \* Определите число свободных электронов, которые приходятся на один атом натрия при абсолютном нуле. Уровень Ферми для натрия  $E_f = 3,12 \text{ эВ}$ . Плотность натрия  $\rho = 970 \text{ кг/м}^3$ .
- \*\* Определите вероятность того, что электрон в металле займет энергетическое состояние, находящееся в интервале  $\Delta E = 0,05 \text{ эВ}$  ниже уровня Ферми и выше уровня Ферми в двух случаях: 1) температура металла  $T_1 = 290 \text{ К}$ ; 2) температура металла  $T_2 = 58 \text{ К}$ .

#### Практическое занятие 6-7.

*Тема:* Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

- В атоме йода, находящемся на расстоянии  $r = 1 \text{ нм}$  от  $\alpha$ -частицы, индуцирован электрический момент  $p = 1,5 \cdot 10^{-31} \text{ Кл} \cdot \text{м}$ . Определите поляризуемость  $\alpha$  атома йода.
- Определите поляризованность кристалла с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$  во внешнем поле напряженностью  $1 \text{ МВ/м}$ .
- Атом водорода находится в однородном электрическом поле напряженностью  $100 \text{ кВ/м}$ . Определите электрический момент диполя и плечо индуцированного диполя. Радиус электронной орбиты  $53 \text{ пм}$ .
- Вычислите ориентационную поляризуемость молекул воды, находящихся при температуре  $27^\circ\text{C}$ , если электрический момент молекул  $1,87 \cdot 10^{-31} \text{ Кл} \cdot \text{м}$ .
- \*\* Внутри шара из одного изотропного диэлектрика с проницаемостью  $\epsilon = 5$  создано однородное электрическое поле  $E = 100 \text{ В/м}$ . Радиус шара  $R = 3,0 \text{ см}$ . Найдите максимальную поверхностную плотность связанных зарядов и полный связанный заряд одного знака.

#### Практическое занятие 8.

*Тема:* Свойства атомных ядер и ядерных сил.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

- Определите наименьшую энергию, необходимую для разделения ядра  $^{12}_6\text{C}$  на три одинаковые части.
- Какую наименьшую энергию нужно затратить, чтобы разделить на отдельные нуклоны изобарные ядра  $^7_3\text{Li}$  и  $^7_4\text{Be}$ ? Почему для ядра бериллия эта энергия меньше, чем для ядра лития?
- Атомное ядро, поглотившее  $\gamma$ -квант ( $\lambda = 4,7 \cdot 10^{-13} \text{ м}$ ), пришло в возбужденное состояние и распалось на отдельные нуклоны, разлетевшиеся в разные стороны. Суммарная кинетическая энергия нуклонов  $0,40 \text{ МэВ}$ . Определите энергию связи ядра.
- Пользуясь выражением для энергии связи через дефект масс, найдите: а) энергию связи ядра, б) удельную энергию связи, в) полную энергию ядра, г) массу ядра, д) массу нейтрального атома. Найдите также указанные величины, используя формулу Вайцзеккера. Для решения задачи составьте программу и проведите вычисления на компьютере. Номер элемента называет преподаватель.

#### Практическое занятие 9.

*Тема:* Радиоактивность и ядерные реакции.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

- В урановой руде отношение числа  $^{238}_{92}\text{U}$  к числу атомов  $^{206}_{82}\text{Pb}$  равно  $2,785$ . Оцените возраст руды, предполагая, что весь свинец имеет радиоактивное происхождение (то есть является конечным продуктом распада уранового ряда).

2. Определите среднее время жизни и период полураспада изотопа  $^{82}_{35}\text{Br}$ , если его  $\beta^-$ -радиоактивность за 5 часов убывает на 9,7%. Установите конечный продукт распада и запишите реакцию.
3. Количество изотопа  $^{226}_{88}\text{Ra}$  равно  $10^{-6}$  моль находится в равновесии с его продуктами распада – изотопами  $^{226}_{88}\text{Ra}$  и  $^{218}_{84}\text{Po}$ . Найдите, сколько атомов каждого изотопа имеется в этой смеси.
4. Радиоизотопом  $\text{RaA}$  распадается с периодом полураспада  $T_A = 3$  мин. Образующий изотоп  $\text{RaB}$  имеет период полураспада  $T_B = 27$  мин. Предполагая, что в начальный момент имеется только  $\text{RaA}$ : а) постройте график зависимости количества  $\text{RaB}$  от времени; б) постройте график зависимости активности смеси от времени; в) определите, через какой промежуток времени количество радиоизотопа  $\text{RaB}$  достигнет максимума.
5. В кровь человека ввели небольшое количество раствора, содержащего  $^{24}\text{Na}$  с активностью  $2,0 \cdot 10^3$  Бк. Активность  $1 \text{ см}^3$  крови через  $t = 5,0$  ч оказалась равной  $0,267$  Бк/см<sup>3</sup>. Период полураспада изотопа  $^{24}\text{Na}$  равен 15 ч. Найдите объем крови человека.

#### Практическое занятие 10.

Тема: Радиоактивность и ядерные реакции.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Определите число и процент распавшихся атомов из  $N = 10^6$  за время одни сутки для радиоактивных элементов: полоний, радон, радий.
2. При  $\beta^-$ -распаде ядра бора  $^{12}_5\text{B}$  испускается электрон с энергией 36,7 кэВ. Найдите импульс и энергию ядра отдачи. Энергией и импульсом антинейтрино можно пренебречь.
3. Определите возраст древних деревянных предметов, если удельная активность изотопа  $^{14}\text{C}$  у них составляет  $3/5$  удельной активности этого же изотопа в только что срубленных деревьях. Период полураспада  $^{14}\text{C}$  равен 5570 лет.
4. Найдите энергетический выход реакции  $^{14}_7\text{Na} (\alpha, p) ^{17}_8\text{O}$ , оцените скорость  $\alpha$ -частицы, обладающей такой энергией.
5. Какую массу воды можно нагреть от  $0^\circ\text{C}$  до кипения, если использовать все тепло, выделяющееся при реакции  $^7_3\text{Li} (\alpha, p) ^4_2\text{He}$ , при полном разложении 1 г лития?

#### Практическое занятие 11.

Тема: Ядерные реакции

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Определите постоянную распада  $^{226}_{88}\text{Ra}$ . Какая доля от первоначального числа атомов распадется за 3100 лет? Период полураспада радия 1600 лет.
2. Флюоресцирующий экран площадью  $0,03 \text{ см}^2$  находится на расстоянии 1 см от пылинки  $^{226}_{88}\text{Ra}$  массой 18 пг. Сколько вспышек за одну минуту получится на экране? Период полураспада радия 1600 лет. Напишите уравнение реакции распада.
3. В начальный момент времени счетчик дает 175 отсчетов за 3 с. Какое число отсчетов за 1 с даст счетчик через половину периода полураспада данного препарата?
4. При изучении  $\beta$ -распада радиоизотопа магния в момент  $t=0$  был включен счетчик. К моменту  $t_1=2$  с он зарегистрировал  $N_1$   $\beta$ -частиц, а с момента  $t_1$  до момента  $t_2=6$  с – в 2,66 раза меньше. Найдите среднее время жизни данных ядер.
5. В урановой руде отношение числа ядер  $^{238}_{92}\text{U}$  к числу ядер  $^{206}_{82}\text{Pb}$  равно 2,8. Оцените возраст руды, считая, что весь свинец является конечным продуктом распада уранового ряда. Период полураспада ядер урана  $4,5 \cdot 10^9$  лет.
6. Найдите максимальную кинетическую энергию  $\beta$ -частиц, испускаемых ядрами  $^{10}_4\text{Be}$  и соответствующую энергию отдачи дочерних ядер, которые образуются непосредственно в основном состоянии.



### Практическое занятие 12.

Тема: Ядерные реакции

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Найдите энергию, выделяющуюся при реакции слияния ядер лития и дейтерия, в результате чего получается ядро бериллия.
2. Найдите наименьшее значение энергии  $\gamma$ -кванта для осуществления распада ядра дейтерия на ядро водорода и нейтрон.
3. Какое количество энергии в киловатт-часах можно получить от деления 1 г  $^{235}_{92}\text{U}$ , если при каждом делении выделяется энергия около 200 МэВ?
4. При бомбардировке изотопа лития протонами образуются две  $\alpha$ -частицы. Энергия каждой  $\alpha$ -частицы в момент образования 9,15 МэВ. Чему равна энергия бомбардирующих протонов?
5. Найдите энергию, поглощаемую при ядерной реакции:  $^9_4\text{Be} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{13}_6\text{C} \rightarrow 3^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$ .
6. Определите энергию, выделяющуюся при следующем превращении:  
 $^{10}_5\text{B} + ^2_1\text{H} \rightarrow ^{12}_6\text{C} \rightarrow 3^4_2\text{He}$ .

### Практическое занятие 13.

Тема: Ядерные реакции

Перечень заданий:

1. Найдите энергию, выделяющуюся при следующей реакции:  $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$ .
2. Какой минимальной кинетической энергией должен обладать нейтрон, чтобы вызвать следующую реакцию:  $^{28}_{14}\text{Si} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{28}_{13}\text{Al} + ^1_1\text{H}$ .
3. Определите энергию, выделяющуюся при образовании из протонов и нейтронов гелия массой 1 г.
4. Определите энергию реакции слияния ядра  $^7_3\text{Li}$  с протоном с последующим получением двух ядер гелия, если известно, что энергии связи на один нуклон в ядрах лития и гелия равны соответственно 5,60 и 7,06 МэВ.
5. Какая энергия выделится, если при реакции  $^{27}_{13}\text{Al} + ^4_2\text{He} \rightarrow ^{30}_{14}\text{Si} + ^1_1\text{H}$  подвергнуть превращению все ядра, находящиеся в 1 г алюминия?

### Практическое занятие 14.

Тема: Радиоактивность

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Сколько протонов, нейтронов и электронов содержится в атомах изотопов углерода:  $^{11}_6\text{C}$ ,  $^{14}_6\text{C}$ ?
2. Найдите энергию связи ядер  $^3_1\text{H}$  и  $^3_2\text{He}$ . Какое из этих ядер наиболее устойчиво?
3. Найдите число протонов, нейтронов, электронов в атомах изотопов магния.
4. Вычислите в атомных единицах массы: а) массу атома  $^8_3\text{Li}$ , энергия связи ядра которого 41,3 МэВ; б) массу ядра  $^{10}_6\text{C}$ , у которого энергия связи на один нуклон равна 6,0 МэВ.
5. Найдите с помощью табличных значений масс атомов: 1) среднюю энергию связи на один нуклон в ядре  $^{16}_8\text{O}$ , 2) энергию связи ядра  $^{11}_5\text{B}$ .
6. Активность некоторого препарата уменьшается в 2,5 раза за 7 суток. Найдите период полураспада. Через какой промежуток времени активность препарата уменьшится в 5 раз?
7. Найдите постоянную распада радона, если известно, что число атомов уменьшается за сутки на 18,3%.
8. Некоторый радиоактивный препарат имеет постоянную распада  $1,44 \cdot 10^{-3}$  часа. Через сколько времени распадается 75% первоначального количества атомов?

### Практическое занятие 15.

Тема: Радиоактивность

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. В ампулу помещен радон, активность которого 400 мкюри. Через сколько времени после наполнения ампулы радон будет давать  $2,3 \cdot 10^9$  распадов в секунду?
2. Какой изотоп образуется из  $\alpha$ -активного  $^{226}_{88}\text{Ra}$  в результате пяти  $\alpha$ -распадов и четырех  $\beta$ -распадов?
3. Сколько  $\alpha$ -частиц выбрасывает  $^{232}_{90}\text{Th}$  массой 2 г за 1 с? Период полураспада тория  $1,39 \cdot 10^{11}$  лет.
4. Сколько ядер распадается за 1 с в куске  $^{238}_{92}\text{U}$  массой 1 кг? Какова активность этого урана? Период полураспада  $4,5 \cdot 10^9$  лет.
5. Радий массой 1 г испускает за 1 с  $3,7 \cdot 10^{10}$   $\alpha$ -частиц, обладающих скоростью 15 Мм/с. Найдите полную энергию, выделяющуюся при распаде за 1 ч.

Практическое занятие 16-18.

Тема: Элементарные частицы.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Позитрон и электрон аннигилируют, образуя два фотона. Найдите энергию и длину волны фотонов, считая, что начальная энергия частицы и античастицы ничтожно мала.
2. Неподвижный  $K^0$ -мезон распадается на два заряженных  $\pi$ -мезона. Масса каждого  $K^0$ -мезона  $m_0 = 965 m_e$ . Масса каждого  $\pi$ -мезона:  $m_\pi = 1,77 m_{0\pi}$  ( $m_{0\pi}$  — масса покоя  $\pi$ -мезона). Найдите по этим данным массу покоя  $\pi$ -мезонов и их скорость.
3. Электрон и позитрон образованные фотоном с энергией 5,7 МэВ, дают в камере Вильсона, помещенной в магнитное поле, траектории с радиусом кривизны 3 см. Найдите магнитную индукцию поля.
- 4.\* Зная, что эффективный радиус действия слабых сил порядка  $10^{-18}$  м, оцените массы промежуточных бозонов  $W^\pm, Z^0$ .
- 5.\*\* Запишите реакцию распада  $\pi^+$  мезона, учитывая, что кинетические энергии мюона и нейтрино появляются в результате дефекта масс. Найдите импульс и энергию мюона в классическом и релятивистском приближениях. Массу покоя нейтрино примите равной нулю.
- 6.\* Мезон космических лучей имеет энергию 3 ГэВ. Энергия покоя мезона 100 МэВ. Какое расстояние в атмосфере сможет пролететь мезон за время его жизни по лабораторным часам? Собственное время жизни мезона 2 мкс.
7. Свободный нейтрон распадается. Определите сумму кинетических энергий всех частиц, возникающих в процессе превращения нейтрона. Считать нейтрон покоящимся, а массу антинейтрино пренебрежимо малой.
8. Отрицательные  $\pi$ -мезоны с кинетической энергией 100 МэВ пролетают от места рождения до распада 11 м. Найдите собственное время жизни этих мезонов.

### 3.5. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрены

### 3.6. Контроль самостоятельной работы

#### СЕМЕСТР 4

Контроль самостоятельной работы 1.

Тема: Динамика

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Частица движется вдоль оси  $x$  по закону  $x = At^2 - Bt^3$ , где  $A$  и  $B > 0$ . В начальный момент времени сила, действующая на частицу, равна  $F_0$ . Найдите проекции  $F_x$  силы в точках поворота и в момент, когда частица опять окажется в начальной точке.
2. Телу массой  $m$ , лежащему на столе, сообщают скорость  $v_0$ . При движении на него действует сила торможения  $F = kt$ . В какой момент времени тело остановится?

- 3.\* Профиль велосипедного трека на вираже представляет собой наклонную плоскость. С какими наименьшей и наибольшей скоростями можно ехать по виражу радиусом  $R$  и углом наклона  $\alpha$ , если коэффициент трения  $\mu$ ?

Контроль самостоятельной работы 2.

Тема: Основы аналитической механики

Перечень заданий:

1. Составьте, пользуясь методом Лагранжа, дифференциальное уравнение колебаний физического маятника. Масса маятника  $m$ , момент инерции  $I$ , расстояние от центра масс до оси подвеса  $l$ .
- 2.\* Через два неподвижных блока переброшена нить, соединяющая грузы  $m_1$  и  $m_3$  и поддерживающая подвижный блок с грузом  $m_2$ . Груз  $m_1$  скользит по плоскости с углом наклона  $\alpha$  и коэффициентом трения  $\mu$ . Напишите выражения для обобщенных сил. Определите ускорение системы и натяжение нити.
3. Составьте уравнение Лагранжа для свободной материальной точки массой  $m$ , находящейся в однородном поле тяжести.

Контроль самостоятельной работы 3.

Тема: Некоторые задачи классической механики.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Вокруг звезды с угловой скоростью  $\Omega$  вращается планета по круговой орбите радиуса  $R$ . Вокруг планеты с угловой скоростью  $\omega$  вращается спутник по круговой орбите радиуса  $r$ . Напишите уравнения движения спутника в полярной и декартовой системах координат.
2. Оцените скорость кометы, приблизившейся к звезде массой  $m$  на расстояние  $r$ .
- 3.\*\* Трифилярный подвес состоит из диска радиуса  $R$  и массы  $m$ , симметрично подвешенного на трех нитях длиной  $l$ , которые прикреплены на расстоянии  $r$  от центра диска. Определите собственную частоту малых колебаний диска.
4. Напишите систему дифференциальных уравнений колебаний двойного математического маятника, состоящего из двух невесомых стержней с длинами  $l_1, l_2$  и двух материальных точек массами  $m_1, m_2$ .

## СЕМЕСТР 5

Контроль самостоятельной работы 1.

Тема: Электростатика

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Найдите напряженность поля бесконечно длинного равномерно заряженного цилиндра радиусом  $a$  вне и внутри цилиндра. Объемная плотность заряда  $\rho$ .
2. Определите напряженность поля бесконечно протяженной пластины толщиной  $a$  внутри и вне нее. Пластина равномерно заряжена по объему с плотностью  $\rho$ .
- 3.\* Сферический конденсатор заряжен до разности потенциалов  $U$ . Радиус внутренней обкладки  $R_1$ , внешней –  $R_2$ . Найдите распределение потенциала между обкладками, напряженность поля и емкость конденсатора.

Контроль самостоятельной работы 2.

Тема: Квазистационарное приближение.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Найти собственные частоты двух индуктивно связанных контуров с коэффициентами самоиндукции  $L_1$  и  $L_2$ , коэффициентом взаимной индукции  $L$ , емкостями  $C_1$  и  $C_2$ , и равным нулю активным сопротивлением.
2. Плоский конденсатор с круглыми пластинами радиуса  $a$  и расстоянием между ними подключен к источнику переменного напряжения  $U = U_0 \sin \omega t$ . Найдите магнитное поле внутри конденсатора при условии  $a \ll d, a \ll c/\omega$ .

- 3.\* Сверхпроводящая пластина толщины  $d$  помещена в однородное магнитное поле. Найти распределение магнитного поля и сверхпроводящего тока внутри пластины, если на поверхности пластины напряженность магнитного поля равна  $H_0$ .

Контроль самостоятельной работы 3.

Тема: Электромагнитное поле

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Заряженный и отключенный от источника плоский конденсатор медленно разряжается объемными токами, проходящими через диэлектрик. Найдите напряженность магнитного поля внутри конденсатора.
2. Плоский воздушный конденсатор имеет круглые пластины радиусом  $a$ . На него подано переменное напряжение  $u = U \sin \omega t$ . Определите отношение амплитудных значений магнитной и электрической энергии внутри конденсатора.
3. Внутри длинного соленоида радиусом  $R = 10$  см магнитная индукция изменяется со временем по закону  $B = at$ , где  $a = 10^{-3}$  Тл/с. Найдите напряженность вихревого электрического поля на расстояниях 8 и 20 см от оси соленоида.

## СЕМЕСТР 6

Контроль самостоятельной работы 1.

Тема: Основные положения и математический аппарат квантовой теории.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Электрон движется со скоростью 200 Мм/с. Определите длину волны де-Бройля, учитывая релятивистские эффекты.
2. Длина волны фотона равна комптоновской длине волны электрона. Определите энергию и импульс фотона.
3. Фотон с энергией 16,5 эВ выбил электрон из невозбужденного атома водорода. Какую скорость будет иметь электрон вдали от ядра?

Контроль самостоятельной работы 2.

Тема: Движение частицы в центрально-симметричном поле.

Перечень заданий: решение физических задач по теме.

1. Выпишите все волновые функции электрона  $\psi_{n,l,m_l}$ , соответствующие уровню  $n = 2$ .
- 2.\* Определите среднее значение потенциальной энергии электрона в атоме водорода, среднюю кинетическую энергию и среднеквадратичную скорость электрона в состоянии  $1s$ .
3. Подготовка к контрольной работе.

Контроль самостоятельной работы 3.

Тема: Многоэлектронные атомы и молекулы.

Перечень заданий: Контрольная работа «Квантовая механика».

1. Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на свободном электроны под углом  $60^\circ$ . Определить энергию рассеянного фотона и энергию электрона отдачи.
2. Пользуясь теорией атома Бора, найдите на первой боровской орбите напряженность электрического поля ядра и кулоновскую силу, действующую на электрон.
3. Найти результат действия оператора  $\frac{d^2}{dx^2} x^2$  на функцию  $\sin x$ .
4. Частица движется в прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками ( $0 < x < l$ ). Найдите вероятность нахождения частицы в интервале  $l/2 < x < 3l/4$  на первом уровне.

## СЕМЕСТР 7

Контроль самостоятельной работы 1.

Тема: Статические распределения.

Перечень заданий:

Контрольная работа 1: Статистическая физика и термодинамика.

1. Цикл двухатомного газа состоит из двух изотерм  $T_1=400$  К,  $T_2=200$  К и двух изобар, причем  $p_1 = 3p_2$ . Определить КПД цикла.
2. Два одинаковых сосуда, содержащие одинаковое число молекул азота, соединены краном. В первом сосуде среднеквадратичная скорость  $v_{\text{скв1}} = 400$  м/с, во втором  $v_{\text{скв2}} = 500$  м/с. Чему будет равна средняя квадратичная скорость молекул после открытия крана и установления равновесия?
3. Определить температуру газа, при которой средняя квадратичная скорость молекул водорода больше их наиболее вероятной скорости на  $\Delta v = 400$  м/с. Найти также среднюю скорость молекул при этой температуре.

Контроль самостоятельной работы 2.

Тема: Равновесие фаз и фазовые переходы.

Перечень заданий:

1. Найти характеристическую температуру для колебательного движения молекулы кислорода, если собственная частота колебаний молекулы равна  $0,72 \cdot 10^{14}$  Гц.
2. В вертикальном сосуде сечением  $S$  под поршнем массой  $m$  находится воздух. На поршне лежит груз. Когда груз с поршня убрали, объем, занимаемый воздухом в сосуде, вдвое возрос, а температура этого воздуха вдвое уменьшилась. Определить массу груза, если атмосферное давление равно  $p_0$ .
3. Подготовка к контрольной работе.

Контроль самостоятельной работы 3.

Тема: Элементы теории флуктуаций и неравновесных процессов.

Перечень заданий:

1. Тест.
  1. Фазовое пространство это:
    - а) трехмерное пространство, в котором движется система;
    - б) четырехмерное пространство-время, в котором движется система;
    - в) совокупность координат и импульсов частицы;
    - г) пространство, занимаемое фазой колебаний.
  2. Как может изменяться энтропия в замкнутых системах и как в открытых?
    - а) энтропия во всех системах может только возрастать;
    - б) в открытых системах энтропия может изменяться как угодно, а в замкнутых только возрастать или оставаться неизменной;
    - в) в открытых системах энтропия может изменяться как угодно, а в замкнутых остается неизменной;
    - г) в замкнутых системах энтропия возрастает, а в открытых убывает.
  3. Предметом исследования в статистической физике являются:
    - а) взаимодействия частиц (атомов, молекул или их комплексов), из которых состоит любая система;
    - б) методы квантовомеханического описания свойств систем, состоящих из большого числа частиц;
    - в) особые закономерности, описывающие свойства и поведение систем с большим числом частиц;
    - г) статистическое описание молекул.
  4. В рамках термодинамического метода устанавливаются:
    - а) феноменологические закономерности поведения систем с большим числом частиц;

- б) траектории движения отдельных частиц в системе;
  - в) закономерности эволюции микросостояний системы;
  - г) фазовые траектории системы частиц.
5. Основной постулат статистической физики – это:
- а) утверждение о равенстве вероятностей реализации различных микросостояний, соответствующих данному макросостоянию изолированной системы;
  - б) утверждение о необходимости усреднения динамических функций для макросистем с использованием статистического распределения;
  - в) вывод о направлении теплообмена между двумя телами с разной температурой;
  - г) закон возрастания энтропии.
2. Подготовка к контрольной работе.

## СЕМЕСТР 8

Контроль самостоятельной работы 1.

*Тема:* Статистика носителей заряда. Электроны в металлах.

*Перечень заданий:*

- 1.\* Зная распределение  $dn(E)$  электронов в металле по энергиям, установите распределение  $dn(p)$  электронов по импульсам. Найдите частный случай распределения при  $T=0$ .
2. Металл находится при температуре  $T=0$ . Определите, во сколько раз число электронов со скоростями от  $1/2v_{max}$  до  $v_{max}$  больше числа электронов со скоростями от 0 до  $1/2 v_{max}$ .
3. Зная распределение  $dn(v)$  в металле по скоростям, выразите  $1/v$  через максимальную скорость  $v_{max}$  электронов в металле. Металл находится при абсолютном нуле.

Контроль самостоятельной работы 2.

*Тема:* Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение.

*Перечень заданий:* решение физических задач по теме.

1. Определите намагниченность тела при насыщении, если магнитный момент каждого атома равен магнетону Бора и концентрация атомов  $n = 6 \cdot 10^{28} \text{ м}^{-3}$ .
2. Прямоугольный ферромагнитный брусок объемом  $10 \text{ см}^3$  приобрел в магнитном поле напряженностью  $H = 800 \text{ А/м}$  магнитный момент  $0,8 \text{ А/м}^2$ . Определите магнитную проницаемость ферромагнетика.
3. Тонкая пластина полупроводника шириной 1 см и длиной 10 см помещена в однородное магнитное поле индукцией 0,2 Тл, перпендикулярное плоскостям пластины. К концам пластины приложено постоянное напряжение 300 В. Определите холловскую разность потенциалов на гранях пластины, если постоянная Холла  $0,1 \text{ м}^3/\text{Кл}$ , удельное сопротивление  $0,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ .
4. Найдите минимальную энергию образования пары электрон-дырка в беспримесном проводнике, электропроводность которого возрастает в 5,0 раз при увеличении температуры от  $T_1=300 \text{ К}$  до  $T_2=400 \text{ К}$ .

### 3.7. Самостоятельная работа студентов

Рекомендуемые формы самостоятельной работы студентов: 1) оформление конспекта; 2) решение физических задач; 3) подготовка к контрольной работе (поиск информации в конспекте и других различных источниках, критический анализ и синтез, выучивание).

## 4. Фонд оценочных средств

ФОС включает оценочные средства текущего, промежуточного и поститогового контроля (Приложение 1).

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **5.1. Основная литература**

1. Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Квантовая электродинамика : учебник для вузов / С. Н. Вергелес. — 4-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 262 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01663-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513140> (дата обращения: 07.03.2025).
2. Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Общая теория относительности : учебник для вузов / С. Н. Вергелес. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 190 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-03243-7. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/513813> (дата обращения: 07.03.2025).
3. Гальцов, Д. В. Теоретическая физика для студентов-математиков : учебное пособие / Д. В. Гальцов. — Москва : Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, 2003. — 320 с. — ISBN 5-211-04511-4. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/13066.html> (дата обращения: 08.03.2025). — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
4. Технология и содержание обучения: физические дисциплины. Технология. Стандарты. Программы. Теория. Эксперимент. Задачи. Контрольно-измерительные материалы / Под ред. В.В. Майера. — 213 с. — URL: <https://lib.rucont.ru/efd/715993> (дата обращения: 28.03.2025). — Текст : электронный.

### **5.2. Дополнительная литература**

1. Журавлев, Е. А. Теоретическая механика. Курс лекций : учебное пособие для вузов / Е. А. Журавлев. — Москва : Издательство Юрайт, 2022. — 140 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-10079-2. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/492780> (дата обращения: 07.03.2025).
2. Теоретическая механика. Краткий курс : учебник для вузов / В. Д. Бертяев, Л. А. Булатов, А. Г. Митяев, В. Б. Борисевич. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2023. — 168 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13208-3. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/517437> (дата обращения: 07.03.2025).

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **6.1. Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Физика от А до Я для школьников и студентов» URL: <http://globalphysics.ru/>
2. Вся физика URL: <http://www.all-fizika.com/>
3. Журналы:  
<http://www.kvant.info/> — Квант  
<https://www.ufn.ru/> — Успехи физических наук  
[https://www.elibrary.ru/title\\_about.asp?id=9220](https://www.elibrary.ru/title_about.asp?id=9220) — Физическое образование в вузах  
<https://iopscience.iop.org/journal/0031-9120> — Physics Education  
<https://iopscience.iop.org/journal/0143-0807> — European Journal of Physics

<https://aapt.scitation.org/journal/ajp> – American Journal of Physics  
<https://aapt.scitation.org/journal/pte> – The Physics Teacher



## **6.2. Перечень необходимых профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Электронная библиотечная система «IPR SMART». Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

Электронная библиотечная система «Юрайт». Режим доступа: <https://urait.ru>

Электронно-библиотечная система «Лань» (раздел «Сетевая электронная библиотека педагогических вузов»). Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

Электронно-библиотечная система «Руконт». Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/search>

Межвузовская электронная библиотека. Режим доступа: <https://icdlib.nspu.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Национальная электронная детская библиотека. Режим доступа: <https://arch.rgdb.ru/xmlui/>

Национальная электронная библиотека. Режим доступа: <https://rusneb.ru>

Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. Режим доступа: <https://www.prilib.ru>

Polpred.com Обзор СМИ. Режим доступа: <https://polpred.com>

## **7. Методические указания и учебно-методическое обеспечение для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина реализуется в соответствии с указаниями «Методические рекомендации по организации образовательного процесса при освоении дисциплины», размещенными в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](http://eios.ggpi.org)).

Методические рекомендации для работы с инвалидами и лицами с ОВЗ размещены в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](http://eios.ggpi.org)).

## **8. Материально-техническая база, программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Учебный корпус 1, аудитории 106, 201, 208, 209, 211.

Полный перечень материально-технической базы и программного обеспечения размещены в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](http://eios.ggpi.org)).

## **9. Рейтинг-план оценки успеваемости студентов**

### **4 СЕМЕСТР**

В течение семестра проводится рейтинг для осуществления текущего контроля за освоением учебного материала студентами. Оценивание результатов всех видов деятельности производится по пятибалльной шкале.

*Оценки по теории.* В течение семестра проводятся *контрольные работы по теории*. Также систематически осуществляются *проверка знаний формул и собеседования по пройденному материалу*.

*Оценки по практике.* В течение семестра проводятся *контрольные работы по задачам*.

На каждом практическом занятии (включая КСР) организуется самостоятельная работа (20 минут), в ходе которой студенты решают задачи по изученному материалу. При этом разрешается пользоваться собственной тетрадью с конспектом. Результат оценивается по пятибалльной шкале и проставляется в общую сводную ведомость. Для каждого студента определяется суммарный балл, составляется рейтинг. Студенты, пропустившие занятия и/или не справившиеся с письменными работами, получают дополнительное задание.

## 5 СЕМЕСТР

В течение семестра проводится рейтинг по 30 позициям для осуществления текущего контроля за освоением учебного материала студентами. За факт посещения занятий баллы не ставятся. Оценивание результатов всех видов деятельности производится по пятибалльной шкале.

*Оценки по теории.*

Трижды за семестр за счет времени, выделенного для контроля самостоятельной работы студента, проводятся *контрольные работы по теории в форме теста*. Также систематически осуществляются *проверка знаний формул и собеседования по пройденному материалу*. Оцениваются знания студентами определений, законов, экспериментальных фактов, теоретических моделей, умения выводить следствия, понимание сущности физических явлений.

*Оценки по практике.*

- 1) На каждом практическом занятии проводится кратковременная *контрольная* или самостоятельная *работа по решению физической задачи*. Оцениваются умения решать, объяснять и оформлять решения типовых задач. Особое внимание обращается на правильность и качество выполнения физических рисунков.
- 2) Выступления на практическом занятии оцениваются двумя оценками: первая – за содержание и оформление презентации, вторая – за форму представления информации и ответы на заданные вопросы. Задания на практические занятия распределяются так, чтобы в течение семестра все студенты выступили одинаковое число раз.

## 6-8 СЕМЕСТРЫ

*Оценки по теории.*

На занятиях лекционного типа осуществляется контроль посещаемости занятия. За каждое посещенное занятие ставится 5 баллов. Проводятся две контрольные по *тестам*. Каждый тест оценивается максимум в 5 баллов.

*Оценки по практике.*

1. На занятиях практического типа осуществляется контроль посещаемости занятия. За каждое посещенное занятие и работу на нем ставится 5 баллов.
2. Планируется 2 контрольных мероприятия: *контрольные работы по задачам* (решение 5-ти задач). Каждая решенная задача оценивается максимум в 5 баллов.

Студент может претендовать на «автомат» за экзамен, если количество набранных баллов больше 50%. В противном случае он сдает экзамен по вопросам, приведенным в соответствующем ФОС.

**Лист регистрации изменений и дополнений к РПД**  
 (фиксируются изменения и дополнения перед началом учебного года,  
 при необходимости внесения изменений на следующий год –  
 оформляется новый лист изменений)

Номер изменения	Содержание изменений	Номер и дата распоряди- тельного документа о внесении изменений
1		
2		
3		
4		
5		
6		

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

### 1. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и поститогового контроля по дисциплине

**1.1.** Настоящий Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине «Теоретическая физика» является неотъемлемым приложением к рабочей программе дисциплины «Теоретическая физика» (РПД). На данный ФОС распространяются все реквизиты утверждения, представленные в РПД по данной дисциплине.

**1.2.** Оценивание всех видов контроля (текущего, промежуточного, поститогового) осуществляется по 5-ти балльной шкале.

**1.3.** Результаты оценивания текущего контроля учитываются в рейтинге.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ПК-1
Формулировка компетенции	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач
Индикатор достижения компетенции	ИПК-1.1. Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета). ИПК-1.2. Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО. ИПК-1.3. Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные.

### 3. Содержание оценочных средств текущего контроля и критерии их оценивания

**3.1.** Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в следующих формах: тест, контрольная работа по задачам.

**3.2.** Формы текущего контроля и критерии их оценивания.

#### 4 СЕМЕСТР

**Форма контроля 1:** *собеседование по пройденному материалу*

*Типовые вопросы для собеседования по пройденному материалу*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время ответа на поставленный вопрос не более 2-3 минут.

Критерии оценивания: исчерпывающий ответ – 5 баллов; ответ с неточностями – 4 балла; удовлетворительный ответ – 3 балла; неверный ответ – 2 балла; отсутствие ответа – 1 балл.

1. Сформулируйте принцип виртуальных перемещений.
2. Запишите уравнение Лагранжа второго рода.
3. Что называется тензором инерции?
4. Сформулируйте принцип Даламбера-Лагранжа.

5. Как звучит теорема об изменении момента импульса?  
6. Сформулируйте теорему Гюйгенса-Штейнера.

**Форма контроля 2: проверка знания формул**

*Типовые задания для проверки знания формул*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания 3 минуты.

Критерии оценивания: правильная формула – 1 балл; неверная формула – 0 баллов; итоговая оценка определяется суммой набранных баллов.

Запишите следующие формулы:

- 1) общее уравнение механики;
- 2) уравнение Лагранжа второго рода;
- 3) теорема Кенига;
- 4) теорема сложения скоростей;
- 5) определение углового ускорения.

**Форма контроля 3: контрольная работа по теории**

*Типовая контрольная работа по теории*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания 30 минут.

Критерии оценивания: исчерпывающий ответ – 5 баллов; ответ с неточностями – 4 балла; удовлетворительный ответ – 3 балла; неверный ответ – 2 балла; отсутствие ответа – 1 балл.

**Типовые вопросы контрольной работы 1**

1. Дайте определения основным понятиям кинематики точки и абсолютно твердого тела.
2. Выведите формулы по теме «Кинематика точки».
3. Выведите формулы по теме «Кинематика твердого тела».

**Форма контроля 4: контрольная работа по задачам**

*Типовая контрольная работа по задачам*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания 30 минут.

Критерии оценивания: исчерпывающий ответ – 5 баллов; ответ с неточностями – 4 балла; удовлетворительный ответ – 3 балла; неверный ответ – 2 балла; отсутствие ответа –

**Типовая контрольная работа по задачам: «Динамика системы материальных точек»**

**Задача 1.** Две гири с массами 2 кг и 1 кг соединены нитью, перекинутой через блок массой 0,6 кг и радиусом 12 см. Найдите ускорение, с которым движутся гири, и силу натяжения нити. Трением в блоке можно пренебречь.

**Задача 2.** Подвижный блок висит на нити, один конец которой закреплен, а другой перекинут через неподвижный блок и привязан к грузу 100 г. Определите ускорение груза и силу натяжения нити, если к подвижному блоку подвесить груз 300 г. Оба блока имеют массу 0,4 кг и радиус 10 см.

## 5 СЕМЕСТР

### Форма контроля 1: собеседование по пройденному материалу

Типовые вопросы для собеседования по пройденному материалу

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время ответа на поставленный вопрос не более 2-3 минут.

Критерии оценивания: исчерпывающий ответ – 5 баллов; ответ с неточностями – 4 балла; удовлетворительный ответ – 3 балла; неверный ответ – 2 балла; отсутствие ответа – 1 балл.

- 1) Связь напряженности и потенциала электростатического поля.
- 2) Поток вектора напряженности.
- 3) Теорема Гаусса.
- 4) Энергия взаимодействия электрических зарядов.
- 5) Работа электростатического поля.

### Форма контроля 2: проверка знания формул

Типовые задания для проверки знания формул

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания 3 минуты.

Критерии оценивания: правильная формула – 1 балл; неверная формула – 0 баллов; итоговая оценка определяется суммой набранных баллов.

Запишите следующие формулы:

- 1) закон Кулона;
- 2) напряженность электрического поля;
- 3) работа поля точечного заряда;
- 4) условие потенциальности поля;
- 5) потенциал электростатического поля;
- 6) связь потенциала и напряженности;
- 7) теорема Гаусса для напряженности;
- 8) уравнения Пуассона и Лапласа.

### Форма контроля 3: тест

Типовой тест

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания 90 минут.

Критерии оценивания. Зачет ставится, если даны не менее 50% верных ответов, удовлетворительно – не менее 60%, хорошо – не менее 80% и отлично – если даны не менее 90% правильных ответов.

### 1. Электростатическое поле

1. Закон Кулона выражается формулой:

$$1) \vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^3} \vec{r}; \quad 2) \vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \vec{r}; \quad 3) \vec{F} = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^3} \vec{r}; \quad 4) \vec{F} = k \frac{q_1 q_2}{r^2}.$$

2. Коэффициент  $k$  в законе Кулона равен:

$$1) k = \frac{4\pi}{\epsilon_0}; \quad 2) k = \frac{1}{4\pi\epsilon}; \quad 3) k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}; \quad 4) k = \frac{\epsilon_0}{4\pi}.$$

3. Напряженность электростатического поля точечного заряда в вакууме:

1)  $\vec{E} = k \frac{|q|}{r^3} \vec{r}$ ;    2)  $\vec{E} = k \frac{q}{r^3} \vec{r}$ ;    3)  $\vec{E} = k \frac{|q|}{r^2}$ ;    4)  $\vec{E} = \frac{q}{kq}$ .

4. Теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме:

1)  $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \varepsilon_0 \sum_{i=1}^n q_i$ ;    2)  $\int_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$ ;

3)  $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$ ;    4)  $\oint_S E dS = \frac{1}{\varepsilon_0} \sum_{i=1}^n q_i$ .

5. Если заряд распределен в объеме  $V$  с плотностью  $\rho = dq/dV$ , то теорема Гаусса для электростатического поля в вакууме имеет вид:

1)  $\oint_{S(V)} \vec{E} d\vec{S} = \varepsilon_0 \int_V \rho dV$ ;    2)  $\oint_{S(V)} \vec{E} d\vec{S} = \frac{1}{\varepsilon_0} \int_V \rho dV$ ;

3)  $\oint_V (S) \vec{E} d\vec{S} = \varepsilon_0 \int_V \rho dV$ ;    4)  $\oint_S \vec{E} d\vec{S} = \varepsilon_0 \int_S \rho dV$ .

6. Точечный положительный заряд  $Q$  находится в центре квадрата со стороной  $l$ . Чему равен циркуляция вектора напряженности электрического поля  $\vec{E}$  по контуру  $l$  при обходе его против часовой стрелки?

1) 0;    2)  $4lE$ ;    3)  $-4lE$ ;    4)  $QE$ .

7. Металлическая сфера радиуса  $R$  имеет заряд  $+q$ . Определите напряженность поля сферы  $E_r$  в любой точке, отстоящей от центра сферы на расстоянии  $r < R$ .

1) 0;    2)  $k \frac{q}{r}$ ;    3)  $k \frac{q}{R}$ ;    4)  $k \frac{q}{r^2}$ ;    5)  $k \frac{q}{R^2}$ .

8. Дивергенция вектора напряженности электростатического поля  $\vec{E}$  равна:

1)  $\Gamma = \oint_L \vec{E} d\vec{l}$ ;    2)  $\text{div } \vec{E} = \frac{\varepsilon_0}{\rho}$ ;    3)  $\nabla \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ ;    4)  $\oint_{L(S)} \vec{E} d\vec{l} = \int_S \text{rot } \vec{E} d\vec{S} = 0$ .

9. Точечный заряд  $-q$  создает поле, напряженность которого в точке  $A$  на расстоянии  $r$  от него равна  $E$ . Если посередине между  $-q$  и точкой  $A$  поместить заряд  $+q$ , то напряженность результирующего поля в точке  $A$  равна:

1) 0;    2)  $E$ ;    3)  $E\sqrt{2}$ ;    4)  $2E$ ;    5)  $3E$ ;    6)  $4E$ .

10. Если в однородном электрическом поле напряженностью  $\vec{E} = \text{const}$  выделили сферическую поверхность радиусом  $R$ , то поток вектора напряженности электрического поля  $\Phi_E$  через эту поверхность равен:

1)  $E \cdot 4\pi R^2$ ;    2)  $E \cdot 2\pi R^2$ ;    3)  $E \cdot \pi R^2$ ;    4) 0.

11. Если точечный заряд  $Q$  находится в центре воображаемой сферы радиуса  $R$ , то поток  $\Phi_E$  вектора напряженности  $\vec{E}$  электрического поля через эту сферу равен:

1) 0;    2)  $E \cdot \pi R^2$ ;    3)  $E \cdot 2\pi R^2$ ;    4)  $E \cdot 4\pi R^2$ .

12. Работа поля точечного заряда  $Q$  по перемещению заряда  $q$  из точки 1 в точку 2 равна:

1)  $A = Qq \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ ;    2)  $A = kQq \left( \frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right)$ ;

3)  $A = kQq \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ ;    4)  $A = k \frac{Q}{q} \left( \frac{1}{r_1} - \frac{1}{r_2} \right)$ .

13. Терема Стокса для вектора  $\vec{E}$  электростатического поля имеет вид:

1)  $\Gamma = \oint_L \vec{E} d\vec{l}$ ;    2)  $\text{div } \vec{E} = \frac{\varepsilon_0}{\rho}$ ;    3)  $\nabla \vec{E} = \frac{\rho}{\varepsilon_0}$ ;    4)  $\oint_{L(S)} \vec{E} d\vec{l} = \int_S \text{rot } \vec{E} d\vec{S} = 0$ .

14. Напряженность электростатического поля  $\vec{E}$  и потенциал  $\varphi$  связаны соотношением:

1)  $\vec{E} = -\text{grad } \varphi$ ;    2)  $\vec{E} = -\nabla \varphi$ ;    3)  $\vec{E} = -\frac{\partial \varphi}{\partial n} \vec{n}$ ;

$$4) \left( \vec{i} \frac{\partial \varphi}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial \varphi}{\partial y} + \vec{k} \frac{\partial \varphi}{\partial z} \right) = -\vec{E}.$$

## 2. Проводники и диэлектрики

15. Системе из двух последовательно соединенных конденсаторов, емкости которых  $C_1 = C$  и  $C_2 = 2C$ , сообщен некоторый заряд  $Q$ . Конденсаторы зарядились так, что соотношение напряжений  $U_1/U_2$  на них равно:
- 1) 4;      2) 2;      3) 1;      4) 0,5.
16. Два конденсатора емкостями  $C_1 = C$  и  $C_2 = 3C$  соединили параллельно. Найдите емкость получившейся батареи конденсаторов.
- 1)  $0,25C$ ;      2)  $0,5C$ ;      3)  $0,75C$ ;      4)  $2C$ ;      5)  $4C$ .
17. Два конденсатора емкостями  $C_1 = C$  и  $C_2 = 3C$  соединили последовательно. Найдите емкость этой системы конденсаторов.
- 1)  $0,25C$ ;      2)  $0,5C$ ;      3)  $0,75C$ ;      4)  $2C$ ;      5)  $4C$ .
18. Заряд конденсатора  $C_1$  равен  $q_1 = 0,5$  мкКл, а заряд конденсатора  $C_2 = 2C_1$  равен  $q_2 = 2$  мкКл. Определите отношение напряжений  $U_2/U_1$  на этих конденсаторах.
- 1) 8;      2) 4;      3) 2;      4) 0,5;      5) 0,25;      6) 0,125.
19. Если диаметр проводящего шара  $D_1$  в 4 раза меньше диаметра другого шара  $D_2$ , то отношение электроемкостей  $C_2/C_1$  этих уединенных шаров равно:
- 1) 2;      2) 4;      3) 8;      4) 16.
20. Два металлических шарика  $q_1 = -2q$  и  $q_2 = +6q$  отстоят на некотором расстоянии  $r$  друг от друга. Шарики приводят в соприкосновение друг с другом без потерь заряда системы, после чего разводят на прежнее расстояние. При этом сила взаимодействия шариков:
- 1) не изменится;      2) уменьшится в 2 раза;      3) увеличится в 2 раза;  
 4) уменьшится в 3 раза;      5) увеличится в 3 раза;      6) уменьшится в 4 раза;  
 7) увеличится в 4 раза.

## 3. Энергия электростатического поля

21. Два точечных заряда  $q_1 > 0$  и  $q_2 > 0$  из бесконечности сводят друг к другу до расстояния  $r \neq 0$ . При этом силы электрического поля совершают работу, которая равна:
- 1)  $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ;      2)  $-k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ;      3)  $k \frac{q_1 q_2}{r}$ ;      4)  $-k \frac{q_1 q_2}{r}$ .
22. Потенциальная энергия  $W$  системы двух точечных зарядов  $q_1 > 0$  и  $q_2 > 0$  при расстоянии  $r \neq 0$  между ними равна:
- 1)  $k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ;      2)  $-k \frac{q_1 q_2}{r^2}$ ;      3)  $k \frac{q_1 q_2}{r}$ ;      4)  $-k \frac{q_1 q_2}{r}$ .
23. Если металлическая сфера радиуса  $R$  имеет заряд  $+q$ , то в любой точке, отстоящей от центра сферы на расстоянии  $r > R$ , потенциал поля сферы  $\varphi_r$  равен:
- 1) 0;      2)  $k \frac{q}{r}$ ;      3)  $k \frac{q}{R}$ ;      4)  $k \frac{q}{r^2}$ ;      5)  $k \frac{q}{R^2}$ .
24. Точечный заряд  $-5$  нКл приблизили внешней силой к неподвижному точечному заряду  $-10$  нКл на некоторое расстояние  $r$ , совершив работу  $A = 0,1$  мДж. При этом электрическое поле совершило работу, равную:
- 1) 0,1 мДж;      2) 2 мДж;      3)  $-0,1$  мДж;      4)  $-0,2$  мДж.
25. Потенциал поля точечного заряда  $+q$  в точке  $A$  равен  $\varphi$ . Если посередине между  $+q$  и  $A$  поместить заряд  $-q$ , то потенциал поля этих двух зарядов в точке  $A$  равен:
- 1) 0;      2)  $+\varphi$ ;      3)  $-\varphi$ ;      4)  $+2\varphi$ ;      5)  $-2\varphi$ ;      6)  $+3\varphi$ ;      7)  $-3\varphi$ .



#### **Форма контроля 4: контрольная работа по задачам**

##### *Типовая контрольная работа по задачам*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания 45 минут.

Критерии оценивания.

1. Условие задачи аккуратно и разборчиво записано словами.
2. Данные задачи кратко выписаны столбиком переведены в систему СИ.
3. Корректно и аккуратно изображено относящееся к задаче физическое явление.
4. Пояснены все относящиеся к задаче формулы.
5. Правильно сделан вывод расчетной формулы.
6. Безошибочно получено числовое значение искомой величины.
7. Правильно записан и проанализирован полученный ответ.

Неправильно решенная задача получает 2 балла; правильно решенная задача оценивается 3 баллами, к которым добавляется по одному баллу за каждый выполненный пункт критериев оценивания. Все баллы суммируются; зачет по задаче ставится, если набраны не менее 5 баллов, удовлетворительно – не менее 6, хорошо – не менее 8 и отлично – если получены не менее 9 баллов.

##### **Типовая контрольная работа по задачам по электростатике**

*Задача 1.* Тонкое кольцо радиусом  $R$  равномерно заряжено с линейной плотностью  $\tau$ . Определите напряженность и потенциал в любой точке на оси кольца. Найдите максимальное значение напряженности.

*Задача 2.* Определите потенциал и напряженность поля внутри плоского конденсатора. Найдите также емкость такого конденсатора. Разность потенциалов между пластинами  $U$ , площадь пластин  $S$ , расстояние между пластинами  $d$ .

## **6 СЕМЕСТР**

#### **Форма контроля 1: тест**

##### *Типовой тест.*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения заданий: 15 минут

Критерии оценивания: правильные ответы на 6-7 вопросов – оценка 5, правильные ответы на 5 вопросов – оценка 4, правильные ответы на 4 вопроса – оценка 3, правильные ответы на 3 вопроса – оценка 2, правильные ответы менее чем на 3 вопроса – оценка 1.

1. Спектр собственных значений энергии квантового гармонического осциллятора является...
  - 1) смешанным;
  - 2) дискретным;
  - 3) сплошным;
  - 4) не может быть определен.
2. Расщепление энергетических уровней в магнитном поле называется эффектом...
  - 1) Джонсона;
  - 2) Штарка;
  - 3) Зеемана;
  - 4) Тартаковского.
3. Число различных состояний с каким-либо одним значением энергии называется...
  - 1) спектром собственных значений;
  - 2) кратностью вырождения соответствующего энергетического уровня;

- 3) расщеплением энергетических уровней;
  - 4) кратностью расщепления соответствующего энергетического уровня.
4. Согласно гипотезе де Бройля...
- 1) движение микрочастицы не может характеризоваться одновременно точными значениями координаты и импульса;
  - 2) все частицы обладают как корпускулярными, так и волновыми свойствами;
  - 3) атомы излучают свет не непрерывно, а прерывисто, порциями;
  - 4) частотный состав излучаемого или поглощаемого частицами света присущ только частицам конкретного вещества.
5. Какое из приведенных ниже утверждений соответствует физическому смыслу принципа неопределенности Гейзенберга?
- 1) При одновременном измерении координаты и импульса любого материального объекта возникают трудности использования разных приборов;
  - 2) Из законов природы следует, что микрочастицы в отличие от макрообъектов не имеют ни определенных координат в пространстве, ни определенного импульса;
  - 3) Результаты любых физических измерений неопределенны, так как приборы не обеспечивают абсолютно точных результатов;
  - 4) При повышении точности определения импульса микрообъекта уменьшается точность определения его координаты в пространстве.
6. Электрон и протон обладают одинаковой длиной волны де Бройля, поэтому импульс...
- 1) больше у электрона;
  - 2) больше у протона;
  - 3) одинаков;
  - 4) не может быть измерен.
7. Состояние электронов в атоме в основном определяется двумя квантовыми числами  $n$  и  $\ell$ . При этом главное квантовое число выражают в цифрах, а орбитальное – в буквах. Буквенное выражение орбитального квантового числа  $\ell = 2$ :
- 1) s;
  - 2) p;
  - 3) f;
  - 4) d.

## **Форма контроля 2: контрольная работа по задачам**

*Типовая контрольная работа по задачам.*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения заданий: 90 минут

Критерии оценивания: каждая задача оценивается по 5 бальной системе. Если она решена полностью правильно с рисунками и пояснениями оценка 5, если нет рисунков или пояснений, но задача решена правильно – оценка 4, если решение верное, но расчеты с ошибками – оценка 3, если задача решена неправильно – оценка 2, если выписаны только исходные формулы – оценка 1.

*Типовая контрольная работа 1 «Квантовая механика».*

1. Фотон с энергией 1 МэВ рассеялся на свободном электроне под углом  $60^\circ$ . Определить энергию рассеянного фотона и энергию электрона отдачи.
2. Пользуясь теорией атома Бора, найдите на первой боровской орбите напряженность электрического поля ядра и кулоновскую силу, действующую на электрон.
3. Найти результат действия оператора  $\frac{d^2}{dx^2} x^2$  на функцию  $\sin x$ .

4. Найти собственные значения оператора  $\hat{F} = \frac{d^2}{dx^2}$ , принадлежавшие собственной функции  $\psi = \cos 2x$ .
5. Частица движется в прямоугольной потенциальной яме с бесконечно высокими стенками ( $0 < x < l$ ). Найдите вероятность нахождения частицы в интервале ( $l/2 < x < 3l/4$ ) на первом уровне.

## 7 СЕМЕСТР

### Форма контроля 1: тест

*Типовой тест.*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения заданий: 20 минут

Критерии оценивания: правильные ответы на 5 вопросов – оценка 5, правильные ответы на 4 вопроса – оценка 4, правильные ответы на 3 вопроса – оценка 3, правильные ответы на 2 вопроса – оценка 2, правильные ответы на 1 вопрос – оценка 1.

*Типовой тест*

1. Фазовое пространство это:
  - а) трехмерное пространство, в котором движется система;
  - б) четырехмерное пространство-время, в котором движется система;
  - в) совокупность координат и импульсов частицы;
  - г) пространство, занимаемое фазой колебаний.
2. Как может изменяться энтропия в замкнутых системах и как в открытых?
  - а) энтропия во всех системах может только возрастать;
  - б) в открытых системах энтропия может изменяться как угодно, а в замкнутых только возрастать или оставаться неизменной;
  - в) в открытых системах энтропия может изменяться как угодно, а в замкнутых остается неизменной;
  - г) в замкнутых системах энтропия возрастает, а в открытых убывает.
3. Предметом исследования в статистической физике являются:
  - а) взаимодействия частиц (атомов, молекул или их комплексов), из которых состоит любая система;
  - б) методы квантовомеханического описания свойств систем, состоящих из большого числа частиц;
  - в) особые закономерности, описывающие свойства и поведение систем с большим числом частиц;
  - г) статистическое описание молекул.
4. В рамках термодинамического метода устанавливаются:
  - а) феноменологические закономерности поведения систем с большим числом частиц;
  - б) траектории движения отдельных частиц в системе;
  - в) закономерности эволюции микросостояний системы;
  - г) фазовые траектории системы частиц.
5. Основной постулат статистической физики – это:
  - а) утверждение о равенстве вероятностей реализации различных микросостояний, соответствующих данному макросостоянию изолированной системы;
  - б) утверждение о необходимости усреднения динамических функций для макросистем с использованием статистического распределения;
  - в) вывод о направлении теплообмена между двумя телами с разной температурой;
  - г) закон возрастания энтропии.

## **Форма контроля 2: контрольная работа по задачам.**

### *Типовая контрольная работа по задачам.*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения заданий: 90 минут.

Критерии оценивания: каждая задача оценивается по 5 бальной системе. Если она решена полностью правильно с рисунками и пояснениями оценка 5, если нет рисунков или пояснений, но задача решена правильно – оценка 4, если решение верное, но расчеты с ошибками – оценка 3, если задача решена неправильно – оценка 2, если выписаны только исходные формулы – оценка 1.

### *Типовая контрольная работа 1*

1. Цикл двухатомного газа состоит из двух изотерм  $T_1=400$  К,  $T_2=200$  К и двух изобар, причем  $p_1 = 3p_2$ . Определить КПД цикла.
2. Два одинаковых сосуда, содержащие одинаковое число молекул азота, соединены краном. В первом сосуде среднеквадратичная скорость  $v_{скв1} = 400$  м/с, во втором  $v_{скв2} = 500$  м/с. Чему будет равна средняя квадратичная скорость молекул после открытия крана и установления равновесия?
3. Определить температуру газа, при которой средняя квадратичная скорость молекул водорода больше их наиболее вероятной скорости на  $\Delta v = 400$  м/с. Найти также среднюю скорость молекул при этой температуре.
4. Найти характеристическую температуру для колебательного движения молекулы кислорода, если собственная частота колебаний молекулы равна  $0,72 \cdot 10^{14}$  Гц.
5. В вертикальном сосуде сечением  $S$  под поршнем массой  $m$  находится воздух. На поршне лежит груз. Когда груз с поршня убрали, объем, занимаемый воздухом в сосуде, вдвое возрос, а температура этого воздуха вдвое уменьшилась. Определить массу груза, если атмосферное давление равно  $p_0$ .

## **8 СЕМЕСТР**

### **Форма контроля 1: тест**

#### *Типовой тест.*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения заданий: 20 минут

Критерии оценивания: правильные ответы на 5 вопросов – оценка 5, правильные ответы на 4 вопроса – оценка 4, правильные ответы на 3 вопроса – оценка 3, правильные ответы на 2 вопроса – оценка 2, правильные ответы на 1 вопрос – оценка 1.

#### *Типовой тест «Физика твердого тела».*

1. Кристаллами называются
  - а) твердые тела, обладающие трехмерной периодической структурой;
  - б) твердые тела, не обладающие трехмерной периодической структурой;
  - в) твердые тела с ближним порядком расположения атомов;
  - г) твердые прозрачные тела, которые преломляют свет, меняя его направление.
2. Приближение при котором пренебрегают кинетической и потенциальной энергией ионов называется
  - а) изотермическое приближение;
  - б) изобарическое приближение;
  - в) адиабатическое приближение;
  - г) изохорическое приближение.
3. Запишите формулу Брэгга-Вульфа

- а)  $2d \sin \theta = n\lambda$ ;
  - б)  $2d \sin \theta = (n + \frac{1}{2})\lambda$ ;
  - в)  $2d \cos \theta = n\lambda$ ;
  - г)  $d(\vec{n} - \vec{n}') = n\lambda$ .
4. Квант энергии тепловых колебаний решетки называется
- а) фотоном;
  - б) фермионом;
  - в) фононом;
  - г) бозоном;
  - д) протоном.
5. Величина, характеризующая изменение внутренней энергии тела с температурой называется:
- а) теплопроводность;
  - б) диффузия;
  - в) дифракция;
  - г) теплоемкость.

## **Форма контроля 2: контрольная работа по задачам**

*Типовая контрольная работа по задачам.*

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения заданий: 90 минут

Критерии оценивания: каждая задача оценивается по 5 бальной системе. Если она решена полностью правильно с рисунками и пояснениями оценка 5, если нет рисунков или пояснений, но задача решена правильно – оценка 4, если решение верное, но расчеты с ошибками – оценка 3, если задача решена неправильно – оценка 2, если выписаны только исходные формулы – оценка 1.

*Типовая контрольная работа 1 «Физика твердого тела».*

1. Найти изменение энтропии при превращении 10 г льда при  $-20^\circ\text{C}$  в пар при  $100^\circ\text{C}$ .
2. Пользуясь законом Дюлонга-Пти, найти, во сколько раз удельная теплоемкость алюминия отличается от удельной теплоемкости железа.
3. Определите параметр решетки и расстояние между ближайшими соседними атомами кристалла кальция с гранецентрированной решеткой кубической сингонии. Плотность кальция  $1,55 \text{ г/см}^3$ .
4. Собственный полупроводник имеет удельное сопротивление  $0,5 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ . Определить концентрацию носителей заряда, подвижность электронов равна  $0,35 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ , а дырок –  $0,15 \text{ м}^2/(\text{В}\cdot\text{с})$ .
5. Определить дипольный момент единицы объема кристалла с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon = 3$  во внешнем поле напряженностью  $1 \text{ МВ/м}$ .

*Типовая контрольная работа 2 «Физика атомного ядра и элементарных частиц».*

1. Определите среднее время жизни и период полураспада радиоактивного изотопа, если его активность за 4 часа убывает на 10%.
2. Считая, что в одном акте деления ядра  $^{235}\text{U}$  выделяется энергия 200 МэВ, определить энергию, выделяющуюся при сгорании 1 кг  $^{235}\text{U}$  и массу каменного угля с теплотворной способностью 30 кДж/г, выделяющую при сгорании такое же количество энергии.
3. Найти средний путь, пролетаемый  $\pi$ -мезонами с кинетической энергией в 1,5 раза превышающую их энергию покоя. Собственное время жизни мезонов 25,5 нс.
4. Определите наименьшую энергию, необходимую для деления ядра  $^{12}_6\text{C}$  на три одинаковые части.

5. Позитрон и электрон аннигилируют, образуя два фотона. Найти энергию и длину волны фотонов, считая что начальная энергия частицы и античастицы ничтожно мала.

### **3.3. Методические указания по проведению процедуры текущего контроля**

1. Текущий контроль проводится на протяжении всего семестра.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов текущего контроля проводятся преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия.
4. Результаты текущего контроля учитываются в рейтинге по дисциплине.
5. Все материалы, полученные от обучающихся в ходе текущего контроля (контрольная работа, диктант, тест, организация дискуссии, круглого стола, доклад, реферат, отчет по лабораторной работе, отчет по педагогической практике и т.п.), должны храниться в течение текущего семестра на кафедрах.
6. Считать, что положительные результаты текущего контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

## **4. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации и критерии их оценивания**

**4.1.** Промежуточная аттестация проводится в виде: зачета (6, 7 семестры) и экзамена (4, 5, 8 семестры).

**4.2.** Содержание оценочного средства соответствует содержанию дисциплины, которое представлено в рабочей программе дисциплины. Форма оценочного средства представляет собой набор из экзаменационных билетов, число которых равно числу тем лекционных занятий. Каждый билет содержит два теоретических вопроса и задачу.

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.

Время выполнения задания: 1 час – письменное оформление ответа, 10 минут – устная беседа.

*Типовое содержание экзаменационных билетов*

### **4 СЕМЕСТР**

#### **КЛАССИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА**

##### **Экзаменационный билет № 1**

##### **КИНЕМАТИКА ТОЧКИ И ТВЕРДОГО ТЕЛА**

1. *Знать физическую теорию.* 1. Основные понятия кинематики. Движение точки по окружности. Угловое перемещение, скорость и ускорение. Криволинейное движение. Законы сложения скоростей и ускорений. Поступательное и вращательное движение абсолютно твердого тела. Плоское движение твердого тела. Качение. Центроида. Движение тела вокруг неподвижной точки. Мгновенные оси вращения. Аксиоид.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Объясните: 1) камень бросили под углом к горизонту, как изменяется его тангенциальное и нормальное ускорения? 2) куда направлена угловая скорость точки на конце минутной стрелки часов? 3) конус катится по поверхности другого конуса без скольжения; куда направлены переносная, относительная и абсолютная скорости?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Колесо радиусом 12 см раскручивается с угловым ускорением  $1,8 \text{ рад/с}^2$ . Найдите для точек на ободе колеса в момент  $t = 1,2 \text{ с}$  линейную и угловую скорости; тангенциальное, нормальное, и полное ускорения; угол, между полным ускорением с радиусом колеса.

## Экзаменационный билет № 2

### ДИНАМИКА СИСТЕМЫ МАТЕРИАЛЬНЫХ ТОЧЕК И ТВЕРДОГО ТЕЛА

1. *Знать физическую теорию.* 1. Основные законы динамики. Теоремы об изменении импульса и момента импульса. Теорема Гюйгенса-Штейнера. Тензор инерции. Законы сохранения энергии, импульса и момента импульса.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Объясните: Гироскоп подвешен на нити за точку, не совпадающую с центром масс. Объясните, почему происходит прецессия вращающегося гироскопа. Куда направлены моменты силы и импульса? В каком направлении прецессирует гироскоп?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Два тела массами 0,80 и 1,0 кг соединены нитью, перекинутой через блок массой 0,50 кг и радиусом 10 см. Найдите ускорения тел, угловое ускорение блока, силу натяжения нити.

## Экзаменационный билет № 3

### АНАЛИТИЧЕСКАЯ СТАТИКА И ДИНАМИКА

1. *Знать физическую теорию.* Механические связи. Принцип виртуальных перемещений. Виртуальная работа. Обобщенные координаты и силы. Принцип Даламбера-Лагранжа. Уравнения Лагранжа и Гамильтона. Принцип экстремального действия.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Объясните: 1) когда система находится в равновесии? 2) как объяснить выигрыш в силе, даваемый подвижным блоком, исходя из принципа виртуальных перемещений? 3) как выглядит функция Лагранжа для цилиндра, скатывающегося по наклонной плоскости?
3. *Владеть методами решения физических задач.* На цилиндрический каток массой  $M$  и радиусом  $R$  намотана нить, конец которой привязан к грузу массой  $m$  и перекинут через неподвижный блок. Определите ускорение катка и натяжение нити.

## Экзаменационный билет № 4

### ДВИЖЕНИЕ ТОЧКИ В ЦЕНТРАЛЬНО-СИММЕТРИЧНОМ ПОЛЕ

1. *Знать физическую теорию.* Движение частицы в центральном поле притяжения и отталкивания. Уравнение Бине. Законы Кеплера. Задача двух тел, ее сведение к одночастичной задаче. Приведенная масса. Эффективная потенциальная энергия. Законы Кеплера, их обоснование. Круговая и параболическая скорости.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Объясните: 1) как изменяется траектория частицы, движущейся в центральном поле притяжения, при увеличении ее скорости в ближайшей к центру  $O$  точке? 2) почему параболическая скорость в корень из 2 раз больше круговой; 3) как и почему изменяются скорость и период обращения планеты при увеличении радиуса ее орбиты?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Планета движется вокруг Солнца. В момент  $t$  угол между радиус-вектором  $\vec{r}$  и скоростью  $\vec{v}$  планеты был равен  $\alpha$ . Найдите наибольшее и наименьшее расстояния от планеты до Солнца.

## Экзаменационный билет № 5

### КОЛЕБАНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

1. *Знать физическую теорию.* Виды колебательных систем. Дифференциальные уравнения свободных и вынужденных колебаний, их решения. Декремент затухания. Автоколебания. Двойной маятник. Фазовый портрет колебаний, аттрактор. Нелинейные колебания.
2. *Уметь объяснять физические явления.* Объясните: 1) почему фазовая кривая вынужденных колебаний независимо от начальных условий стремится к одному и тому же аттрактору? 2) от чего зависит период колебаний ареометра, плавающего у поверхности воды? 3) чему равна полная механическая энергия пружинного маятника?
3. *Владеть методами решения физических задач.* Один конец пружины закреплен, а к другому привязана нить, переброшенная через неподвижный блок массой  $m$  и радиусом

*r*. Конец нити привязан к телу массы *M*. Напишите дифференциальное уравнение колебаний системы и определите их период.

## 5 СЕМЕСТР

### КЛАССИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОДИНАМИКА

Время выполнения задания: 2 часа – письменное оформление ответа, 15 минут – устная беседа.

#### Экзаменационный билет № 1

##### ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОЕ ПОЛЕ

1. *Знать физическую теорию.* Основные понятия электростатики. Закон Кулона. Напряженность электростатического поля. Принцип суперпозиции. Потенциальность электростатического поля. Электростатический потенциал. Поток и дивергенция электрического поля.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Сделайте вывод формулы для работы электростатического поля по перемещению заряда. Докажите теорему о циркуляции вектора  $\vec{E}$  и получите условие потенциальности поля. Примените теорему Стокса, чтобы получить условие потенциальности в дифференциальной форме.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Одноименно заряженные одинаковые шарики с зарядами  $q$  и  $4q$  находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. На какое расстояние  $x$  их нужно развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

#### Экзаменационный билет № 2

##### ПРОВОДНИКИ И ДИЭЛЕКТРИКИ

1. *Знать физическую теорию.* Связь напряженности и потенциала электрического поля. Проводники в электростатическом поле. Электрическая емкость проводника. Электрический диполь. Диполь в однородном и неоднородном электрическом поле. Диэлектрики в электростатическом поле. Вектор поляризации.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Выведите формулу для напряженности электрического поля заряженной плоскости. Сделайте вывод формулы для потенциала поля, создаваемого диполем. Выведите формулу для диэлектрической проницаемости вещества.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Емкость плоского конденсатора 1500 пФ, расстояние между пластинами 5 мм. Какой будет емкость, если на одну из пластин положить лист эбонита толщиной 2 мм, диэлектрическая проницаемость которого 2,8?

#### Экзаменационный билет № 3

##### ЭНЕРГИЯ ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОЛЯ

1. *Знать физическую теорию.* Энергия взаимодействия зарядов. Энергия электростатического поля. Энергия заряженного проводника. Сложный конденсатор.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Сделайте вывод формулы для объемной плотности энергии электростатического поля. Выведите формулу для энергии заряженного конденсатора.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Разность потенциалов между облаком и Землей в момент удара молнии достигает 10 МВ, а протекающий разряд 30 Кл. Найдите энергию разряда и напряженность электрического поля, если облако находится на высоте 4 км.

#### Экзаменационный билет № 4

##### ПОСТОЯННЫЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ ТОК

1. *Знать физическую теорию.* Условия существования электрического тока. Электродвижущая сила. Сила и плотность тока. Закон сохранения электрического заряда. Электри-



ческий ток в проводниках. Законы Ома. Разветвленные цепи. Правила Кирхгофа. Закон Джоуля-Ленца.

2. *Уметь выводить физические формулы.* Сделайте вывод закона Ома для участка цепи и полной цепи. Выведите закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Лампочки, сопротивления которых 3 и 12 Ом, поочередно подключенные к некоторому источнику тока, потребляют одинаковую мощность. Найдите внутреннее сопротивление источника и КПД цепи в каждом случае.

#### **Экзаменационный билет № 5**

##### **ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВАКУУМЕ**

1. *Знать физическую теорию.* Магнитное взаимодействие. Закон Ампера. Напряженность магнитного поля. Закон Био-Савара-Лапласа. Поле линейных, объемных и поверхностных токов. Закон полного тока. Первое уравнение Максвелла. Вихревой характер магнитного поля. Векторный потенциал.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Выведите формулу для напряженности магнитного поля бесконечного проводника с током. Докажите теорему о циркуляции вектора напряженности магнитного поля.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* В двух бесконечно длинных параллельных проводниках токи направлены одинаково и их силы равны 25 А. Вычислите индукцию магнитного поля в точке, которая расположена на расстоянии 40 см от одного проводника и 30 см от другого, если расстояние между ними 50 см.

#### **Экзаменационный билет № 6**

##### **ДЕЙСТВИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ЗАРЯДЫ И ТОКИ**

1. *Знать физическую теорию.* Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца. Сила Ампера. Движение заряженных частиц в электрическом и магнитном полях. Эффект Холла.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Сделайте вывод формулы для электродвижущей силы эффекта Холла. ЭДС индукции возникает в результате работы сторонней силы, которой является сила Лоренца. Но сила Лоренца перпендикулярна скорости движения электронов, поэтому работы не совершает. Разрешите это противоречие.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Электрон, прошедший ускоряющую разность потенциалов 500 В попадает в однородное магнитное поле индукцией 20 мТл под углом  $30^\circ$  к силовым линиям поля. Определите радиус и шаг винтовой линии, по которой будет двигаться электрон.

#### **Экзаменационный билет № 7**

##### **ПОСТОЯННОЕ МАГНИТНОЕ ПОЛЕ В ВЕЩЕСТВЕ**

1. *Знать физическую теорию.* Элементарный контур с током. Магнитный момент. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле. Магнетики в магнитном поле. Намагничивание магнетиков. Токи намагничивания. Вектор магнитной индукции. Поток магнитного поля.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Докажите теорему о циркуляции вектора магнитной индукции. Докажите теорему Гаусса для вектора магнитной индукции.
3. Определите индукцию магнитного поля длинного соленоида без сердечника. Сила тока в соленоиде  $I$ , плотность намотки витков  $n$ .

#### **Экзаменационный билет № 8**

##### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ**

1. *Знать физическую теорию.* Связь электрического и магнитного полей. Закон Фарадея электромагнитной индукции. Второе уравнение Максвелла. Электромагнитная индукция и сила Лоренца. Взаимная индукция. Самоиндукция. Энергия взаимодействия токов. Энергия магнитного поля.

2. *Уметь выводить физические формулы.* Сделайте вывод формулы для ЭДС индукции. Получите выражение для энергии магнитного поля проводника с током.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Какой величины ЭДС самоиндукции возбуждается в обмотке электромагнита с индуктивностью 0,4 Гн при равномерном изменении силы тока в ней на 5 А за 0,02 с?

#### **Экзаменационный билет № 9**

##### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ КОЛЕБАНИЯ**

1. *Знать физическую теорию.* Условие квазистационарности тока. Колебательный контур. Свободные электрические колебания. Вынужденные электрические колебания. Переменный электрический ток. Импеданс цепи. Мощность тока.
2. *Знать физическую теорию.* Сделайте вывод уравнения колебательного контура, состоящего из последовательно соединенных резистора, катушки и конденсатора. Нарисуйте графики зависимости заряда, силы тока и напряжения на элементах реального контура. Получите условие резонанса в колебательном контуре.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Конденсатор емкостью 20 мкФ и резистор с активным сопротивлением 150 Ом включены последовательно в цепь переменного тока частотой 50 Гц и напряжением 220 В. Найдите падение напряжения на конденсаторе и на резисторе.

#### **Экзаменационный билет № 10**

##### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ПОЛЕ**

1. *Знать физическую теорию.* Ток смещения. Система уравнений Максвелла в интегральной и дифференциальной формах. Материальные уравнения. Волновые уравнения.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Получите систему уравнений Максвелла для стационарных полей. Сделайте вывод волнового уравнения для вектора напряженности электрического поля.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* На какую длину волны настроен радиоприемник, если его приемный контур обладает индуктивностью 1,5 мГн и емкостью 450 пФ?

#### **Экзаменационный билет № 11**

##### **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ВОЛНЫ**

1. *Знать физическую теорию.* Электромагнитные волны в диэлектриках. Энергия электромагнитного поля. Закон сохранения электромагнитной энергии. Давление и импульс. Уравнение Даламбера. Квазистационарное электромагнитное поле. Электромагнитное излучение.
2. *Уметь выводить физические формулы.* Докажите теорему Пойтинга. На качественном уровне дайте обоснование явлениям излучения и распространения электромагнитных волн в свободном пространстве и в двухпроводной линии.
3. *Владеть методами решения типовых задач.* Двухпроводная линия индуктивно связана с генератором электромагнитных колебаний и погружена в спирт ( $\epsilon=26$ ,  $\mu=1$ ). Определите частоту генератора, если расстояние между пучностями напряженности электрического поля в стоячей волне 5 см.

*Примерные вопросы к зачету*

#### **6 СЕМЕСТР**

##### **КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА**

1. Равновесное тепловое излучение, формула Планка. Явление фотоэффекта.
2. Соотношение де-Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.
3. Основы теории Бора. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Уравнение Шредингера.
4. Линейные операторы и их свойства. Операторы квантовой механики. Собственные функции и собственные значения.

5. Самосопряжённые операторы. Свойства их спектра. Волновая функция (функция состояния). Стандартные условия.
6. Принцип суперпозиции. Средние значения наблюдаемой физической величины.
7. Проблемы измерения в квантовой механике. Условие одновременной измеримости физической величины.
8. Принцип и соотношение неопределенностей. Сопряженные величины.
9. Общее и стационарное уравнение Шредингера. Плотность и ток вероятности.
10. Дифференцирование операторов по времени. Законы сохранения. Теорема Эренфеста.
11. Движение свободной частицы.
12. Движение частицы в потенциальной яме с бесконечно высокими стенками.
13. Прохождение частицы через прямоугольный барьер. Туннельный эффект.
14. Линейный гармонический осциллятор. Общие свойства одномерного движения.
15. Свойства момента импульса и его проекции при движении частицы в центральном поле.
16. Движение электрона в водородоподобном атоме. Основное состояние электрона.
17. Орбитальный магнитный момент атома.
18. Спин. Опыт Штерна-Герлаха. Спин-орбитальное взаимодействие. Векторная модель атома.
19. Принцип тождественности микрочастиц и его следствия. Бозоны и фермионы. Принцип Паули.
20. Теория периодической системы элементов. Векторные модели многоэлектронных атомов. Спектральные обозначения термов.
21. Молекула водорода. Обменное взаимодействие.

## 7 СЕМЕСТР

### СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

1. Макроскопическая система. Динамический и статистический методы в физике.
2. Макроскопическая система. Фазовое пространство.
3. Микросостояния квантовой и классической макросистем. Статистический ансамбль и статистическое распределение. Макросостояния.
4. Фазовое пространство. Статистический ансамбль и статистическое распределение. Макросостояния.
5. Термодинамические величины как средние по ансамблю и как средние по времени. Принцип микроскопической обратимости и необратимость процессов в макром мире.
6. Статистическая природа необратимости. Статистическое равновесие.
7. Первое начало термодинамики. Химический потенциал.
8. Второе начало термодинамики. Обобщенная формулировка второго начала термодинамики.
9. Теорема Карно.
10. Температура. Абсолютный нуль. Отрицательная (абсолютная) температура.
11. Термодинамические потенциалы. Метод термодинамических потенциалов. Экстремальные свойства термодинамических потенциалов.
12. Третье начало термодинамики.
13. Принцип равновероятности (микростатистическое распределение).
14. Энтропия в квантовой и классической теориях. Закон возрастания энтропии (в замкнутых системах).
15. Распределение Гиббса (каноническое распределение). Статистическая сумма и статистический интеграл. Их связь со свободной энергией.
16. Закон равнораспределения кинетической энергии по степеням свободы.
17. Распределение Максвелла.
18. Распределение Больцмана для молекул идеального газа.
19. Классическая теория теплоемкостей идеального газа и кристаллов и ее трудности.
20. Квантовый подход к проблеме теплоемкости кристаллов.

21. Квантовый подход к проблеме теплоемкости. Теплоемкость двухатомных газов.
22. Локальное термодинамическое равновесие и обобщенная формулировка второго начала термодинамики.
23. Большое каноническое распределение.
24. Химический потенциал. Основные термодинамические соотношения для систем с переменным числом частиц.
25. Распределение Бозе-Эйнштейна.
26. Распределение Ферми-Дирака.
27. Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Критерий вырождения.
28. Свободные электроны в металлах как вырожденный Ферми-газ.
29. Равновесное тепловое излучение как фотонный газ.
30. Сверхтекучесть.
31. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
32. Понятие о фазовых переходах второго рода. Соотношения Эренфеста.
33. Кривая равновесия фаз. Критическая точка.
34. Вероятность флуктуаций для системы в термостате. Формула Эйнштейна
35. Броуновское движение.
36. Явления переноса. Связь (термодинамических) сил и потоков.
37. Кинетические коэффициенты и соотношения взаимности Онсагера.
38. Понятие о диссипативных структурах и самоорганизации.

## 8 СЕМЕСТР

*Примерные вопросы к экзамену*

### ФИЗИКА ТВЕРДОГО ТЕЛА. ФИЗИКА ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ

1. Кристаллические и аморфные вещества. Кристаллизация и стеклование.
2. Эмпирическая классификация твердых тел. Потенциальная энергия связи.
3. Вывод закона Гука для однородной деформации.
4. Модель идеального кристалла. Кристаллическая решетка. Трансляционная симметрия кристаллов.
5. Элементарная ячейка. Простая и сложная решетки. Примеры.
6. Индексы Миллера.
7. Обратная решетка, ее свойства. Зоны Бриллюэна.
8. Теорема Блоха. Условие периодичности.
9. Дифракция рентгеновских лучей на идеальной кристаллической решетке. Вывод формулы Вульфа-Брэгга.
10. Формулировка Лауэ дифракции рентгеновских лучей на кристалле.
11. Дефекты кристаллической решетки и связанные с ними свойства твердых тел. Вакансии, дислокации.
12. Динамика одномерного кристалла (простая решетка). Акустическая и оптическая ветви дисперсии для одномерной сложной решетки.
13. Квантование колебаний решетки, фононы. Метод квазичастиц.
14. Решеточная теплоемкость твердых тел, Теория Эйнштейна.
15. Теория теплоемкости Дебая.
16. Ангармонические эффекты. Тепловое расширение. Решеточная теплопроводность.
17. Электрон в периодическом поле кристаллической решетки. Приближения сильной и слабой связи. Зонная теория.
18. Электроны в металлах, поверхность Ферми.
19. Динамика электрона в кристалле. Метод эффективной массы. Дырочные состояния. Электрон в кристалле как квазичастица.
20. Электро- и теплопроводность металлов в приближении времени релаксации. Закон Видемана-Франца.
21. Собственная проводимость полупроводников.

22. Статистика носителей в полупроводниках Положение уровня Ферми в собственных полупроводниках.
23. Донорные и акцепторные примеси в полупроводниках.
24. Невырожденные полупроводники. Закон действующих масс.
25. Температурная зависимость электропроводности полупроводников.
26. Механизмы поляризации диэлектриков. Сегнетоэлектрики.
27. Квантовая природа магнетизма. Виды магнитной упорядоченности.
28. Пара- и диамагнетизм твердых тел. Формула Ланжевена и температура Кюри.
29. Ферромагнетики. Внутреннее поле Вейсса.
30. Ферримагнетики. Антиферромагнетики. Точка (температура) Неэля.
31. Сверхпроводимость, основные экспериментальные данные, элементы микроскопической теории.
32. Модели атома. Опыты Резерфорда. Основные свойства и характеристики ядер.
33. Свойства ядерных сил. Капельная и оболочечная модели ядер. Мезонная теория ядерных сил.
34. Энергия связи и удельная энергия связи ядер.
35. Явление радиоактивности. Виды и свойства радиоактивных превращений. Теории альфа и бета распадов.
36. Закон радиоактивного распада. Биологическое действие и использование радиоактивных изотопов.
37. Ядерные реакции. Законы сохранения в ядерных реакциях. Энергетический выход ядерных реакций. Реакции деления и синтеза.
38. Деление урана. Ядерная энергетика. Реакторы на тепловых нейтронах и реакторы-бридеры.
39. Плазма. Термоядерные реакции. Поведение плазмы в магнитном поле. Проблемы управляемого термоядерного синтеза и их решение.
40. Фундаментальные взаимодействия. Элементарные частицы, их основные свойства и характеристики.
41. Классификация фермионов и составных бозонов. Кварковая модель адронов. Объединение фундаментальных взаимодействий.

#### 4.3. Критерии оценивания

Зачет выставляется по результатам рейтинга. Если обучающийся набрал недостаточное количество баллов, то он сдает зачет.

#### Шкала оценивания для зачета

Уровни освоения индикаторов достижения компетенций	Основные признаки выделения уровня	Академическая оценка	% освоения (рейтинговая оценка)
Сформирован	Студент показал достаточно прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты.	Зачтено	50-100
Не сформирован	При ответе выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.	Не зачтено	менее 50

Оценка за экзамен выставляется с учетом рейтинга. Если обучающийся набрал недостаточное количество баллов или хочет повысить оценку, то обучающийся сдает экзамен.

#### **Шкала оценивания для экзамена / дифзачета**

<b>Уровни освоения индикаторов достижения компетенций</b>	<b>Содержательное описание уровня</b>	<b>Основные признаки выделения уровня</b>	<b>Академическая оценка</b>	<b>% освоения (рейтинговая оценка)</b>
Повышенный (высокий)	Творческая деятельность	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Продуктивная деятельность	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	Хорошо	70-89
Удовлетворительный	Репродуктивная деятельность	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического материала.	Удовлетворительно	50-69
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня		Неудовлетворительно	менее 50

#### **4.4. Методические указания по проведению процедуры промежуточной аттестации**

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по расписанию экзаменов, зачета – на последнем занятии по предмету. Если обучающийся по результатам рейтинговой системы не набирает нужное количество баллов или желает повысить оценку, то сдает экзамен/зачет согласно требованиям.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов промежуточной аттестации проводится преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется: по окончании ответа студента и фиксируется в зачетной книжке и экзаменационной ведомости.
4. При наличии письменных ответов обучающихся, полученных в ходе экзаменационной сессии, материалы хранятся в течение месяца после завершения сессии на кафедрах.
5. Порядок выполнения и защиты курсовой работы регламентирован «Положением о курсовой работе ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко».
6. Считать, что положительные результаты промежуточного контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

## 5. Содержание оценочных средств для проверки сформированности компетенций и индикаторов достижения компетенций (поститоговый контроль) и критерии их оценивания

**Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ПК-1: ИПК-1.1., ИПК-1.2., ИПК-1.3.**

Код компетенции	ПК-1
Формулировка компетенции	Способен осваивать и использовать теоретические знания и практические умения и навыки в предметной области при решении профессиональных задач
Индикатор достижения компетенции	ИПК-1.1. Знает структуру, состав и дидактические единицы предметной области (преподаваемого предмета). ИПК-1.2. Умеет осуществлять отбор учебного содержания для его реализации в различных формах обучения в соответствии с требованиями ФГОС ОО. ИПК-1.3. Демонстрирует умение разрабатывать различные формы учебных занятий, применять методы, приемы и технологии обучения, в том числе информационные.

Время выполнения не более 30 минут.

### ИПК-1.1., ИПК-1.2.

*Практическое задание 1.* Одноименно заряженные одинаковые шарики с зарядами  $q$  и  $3q$  находятся на расстоянии  $r$  друг от друга. Шарики привели в соприкосновение. На какое расстояние  $x$  их нужно развести, чтобы сила взаимодействия осталась прежней?

### ИПК-1.3.

*Практическое задание 2.* Определите скорость падения метеорита вблизи поверхности Земли, если его скорость на бесконечности  $v_0$ . Сопротивлением атмосферы пренебречь.

*Ключ к практическому заданию 1:* Сила взаимодействия до соприкосновения  $F_1 = k \frac{4q^2}{r^2}$ .

После соприкосновения:  $F_2 = k \frac{(2,5)^2 q^2}{x^2}$ . Приравнявая эти выражения, получаем  $x = 1,25r$ .

*Ключ к практическому заданию 2:* По закону сохранения механической энергии:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{mv^2}{2} - G \frac{Mm}{R}.$$

Сократим на массу и выразим скорость метеорита вблизи поверхности:

$$v = \sqrt{v_0^2 + 2G \frac{M}{R}}.$$

Критерии оценивания:

Каждый индикатор достижения компетенции оценивается в 10 баллов:

- Тестовое задание оценивается в 10 баллов (ответ на вопрос теста стоит 0 или 2 балла);
- Задания на соответствие оцениваются в 10 баллов (каждое оценивается 0-5 баллов)
  - 5 баллов – полностью правильно найденные соответствия;
  - 4 балла – три правильных соответствия;
  - 3 балла – два правильных соответствия;
  - 2 балла – одно правильно соответствие;
  - 1 балл – отсутствие правильных соответствий;
  - 0 баллов – не приступал к выполнению задания;
- Каждое практическое задание оценивается в 10 баллов:

- 10 баллов – студент правильно выполнил предложенные задания на основе изученной теории, методов, приемов, технологий;
- 8 баллов – студент способен применять полученные теоретические знания в практической деятельности, решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов, при выполнении заданий допускает незначительные ошибки;
- 6 баллов – при выполнении задания допущены грубые ошибки;
- 0 баллов – студент не выполнил задание.

Оценка зависит от процента выполнения всех заданий.

### **Шкала оценивания сформированности компетенции и индикаторов достижения компетенции**

<b>Уровни освоения индикатора (ов) достижений компетенций</b>	<b>Основные признаки выделения уровня</b>	<b>Академическая оценка</b>	<b>% выполнения всех заданий</b>
Повышенный (высокий)	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему / задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения.	Хорошо	70-89
Удовлетворительный	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического контролируемого материала.	Удовлетворительно	50-69
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня.	Неудовлетворительно	менее 50

Считать, что положительные результаты поститогового контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования компетенции (ий) и индикатора (ов) достижения компетенции (ий) (этапа формирования компетенции). Если обучающийся получил оценку «неудовлетворительно», то считать компетенцию не сформированной на данном этапе. При получении оценок «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично» считать, что проверяемая компетенция сформирована на достаточном уровне.

#### *Методические указания для проверки остаточных знаний*

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по графику деканата.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов поститогового контроля проводится преподавателем по распоряжению деканата.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия, оформляется в виде отчета и хранится в деканате в течение всего срока обучения обучающегося.