

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«Томский государственный педагогический университет»  
(ТГПУ)**

«УТВЕРЖДАЮ»  
декан физико-математического факультета  
Е.Г. Пьяных  
«» 2015г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**БЗ.В.10 «Теоретическая физика»**

ТРУДОЕМКОСТЬ (В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ) – 18

Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование

Профили: Математики и Физика

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

## 1. Цели изучения дисциплины

- Формирование общекультурных и профессиональных компетенций студентов, обучающихся по направлению «Педагогическое образование» на основе изучения дисциплины «Теоретическая физика».
- Формирование у студентов понимания фундаментальных физических идей и математических методов теоретической физики.
- Формирование теоретической и практической профессиональной подготовки к преподаванию физики в общеобразовательных учреждениях.
- Формирование представлений о важности изучения теоретической физики для осуществления будущей профессиональной деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы бакалавриата

Курс «Теоретическая физика» относится к профессиональному циклу дисциплин и входит в состав его вариативной части. В программу входят следующие разделы дисциплины: «Классическая механика», «Электродинамика», «Квантовая механика», «Статистическая физика». Перечисленные разделы читаются соответственно в 4, 5, 6 и 7 семестрах.

Для освоения дисциплины «Теоретическая физика» обучающиеся используют знания, умения, способы деятельности и установки, сформированные в ходе изучения курсов, принадлежащих профессиональному циклу: «Математический анализ» (1-3 семестры), «Геометрия» (1,3,5 семестры), «Дифференциальные уравнения» (4 семестр), «Общая физика» (1-5 семестры),

## 3. Требования к уровню освоения программы.

Дисциплина «Теоретическая физика» вносит вклад в формирование следующих компетенций, требуемых ФГОС ВПО по направлению подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование»: ОК-1, ОК-4, ОК-6, ОК-8, ОК-9, ОПК-3.

В результате изучения курса студент должен

### знать:

- концептуальные и теоретические основы физики, ее место в общей системе наук и ценностей, историю развития и современное состояние;
- основные понятия этого предмета, понимать содержание фундаментальных законов и основных моделей;

### уметь:

- формулировать основные определения предмета, использовать уравнения теоретической физики для конкретных физических ситуаций;
- объяснять содержание фундаментальных принципов и законов, а также способы решения задач;

### владеть:

- терминологией предметной области дисциплины «Теоретическая физика»;
- навыками применения общих методов теоретической физики к решению конкретных задач.

**4. Общая трудоемкость дисциплины «Теоретическая физика» 18 зачетных единиц и виды учебной работы**

Вид учебной работы	Трудоемкость (час)	Распределение по семестрам (час)			
		4	5	6	7
Аудиторные занятия	648	4	5	6	7
Лекции	360	90	95	80	95
Практические занятия	162	54	38	32	38
Семинары (занятия в интерактивной форме – 20% от ауд. часов)	198	36	57	48	57
Лабораторные работы	74	18	18	19	19
Другие виды аудиторных занятий					
Другие виды работ					
Самостоятельная работа	180	45	45	45	45
Курсовой проект (работа)					
Расчетно-графические работы					
Реферат					
Расчетно-графические работы					
Формы текущего контроля					
Формы промежуточной аттестации в соответствии с учебным планом	108	экзамен 27	экзамен 27	экзамен 27	экзамен 27

**5. Содержание учебной дисциплины**

**5.1. Разделы учебной дисциплины**

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (темы)	Аудиторные часы				Самост. работа (час)
		всего	лекции	практические (семинары)	В т.ч. интерактивные формы обучения	
	<b>Четвертый семестр (Классическая механика)</b>					
1	Основные положения механики Ньютона	10	4	6	2	5
2	Лагранжева формулировка механики.	12	8	4	2	5
3	Законы сохранения. Одномерное движение	6	6	2	2	5
4	Малые колебания	12	6	4	2	5
5	Движение в центральном поле.	12	8	4	2	5

6	Столкновения и рассеяние частиц	6	4	2	2	5
7	Гамильтонова формулировка механики	16	10	6	2	5
8	Движение относительно неинерциальных систем	8	2	4	2	5
9	Динамика абсолютно твердого тела	8	6	4	2	5
	Всего за семестр	<b>90</b>	<b>54</b>	<b>36</b>	<b>18</b>	<b>45</b>
	<b>Пятый семестр (Электродинамика)</b>					
1	История развития электродинамики до конца 19 века	2	2		2	5
2	Основы специальной теории относительности	6	4	2	2	4
3	Четырехмерный формализм теории относительности	12	4	8	2	5
4	Релятивистская кинематика и динамика	12	4	8	2	5
5	Взаимодействие заряда с электромагнитным полем	10	4	6	2	4
6	Уравнения электромагнитного поля	12	4	8	2	5
7	Законы сохранения для электромагнитного поля и	10	4	6	2	4
8	Статическое электромагнитное поле	10	4	6	2	5
9	Электромагнитные волны в вакууме	10	4	6	2	4
10	Излучение и рассеяние электромагнитных волн зарядами	11	4	7		4
	Всего за семестр	<b>95</b>	<b>38</b>	<b>57</b>	<b>18</b>	<b>45</b>
	<b>Шестой семестр (Квантовая механика)</b>					
1	Физические предпосылки квантовой механики	2	2		2	4
2	Понятие волновой функции Уравнение Шредингера	4	2	2	2	4
3	Одномерные задачи квантовой механики	12	4	8	2	5
4	Математический аппарат квантовой механики	12	4	8	2	4

5	Физические величины и операторы	6	2	4	2	4
6	Состояния и физические величины	6	2	4	2	3
7	Квантовая динамика	10	4	6	2	4
8	Угловой момент	4	2	2	1	3
9	Частица в центрально-симметричном поле	10	2	8	1	5
10	Системы тождественных частиц	4	2	2	1	3
11	Теория возмущений	6	4	2	1	3
12	Элементы релятивистской квантовой механики	4	2	2	1	3
	Всего за семестр	<b>80</b>	<b>32</b>	<b>48</b>	<b>19</b>	<b>45</b>
	<b>Седьмой семестр (Статистическая физика)</b>					
1	Термодинамика макроскопических систем с	20	8	12	4	7
2	Макроскопические системы с переменным количеством	16	6	10	4	8
3	Общие принципы статистического описания	16	6	10	4	7
4	Равновесные ансамбли Гиббса.	16	6	10	2	8
5	Элементы теории флуктуаций.	14	6	8	2	7
6	Неравновесные ансамбли Гиббса.	13	6	7	3	8
	Всего за семестр	<b>95</b>	<b>38</b>	<b>57</b>	<b>19</b>	<b>45</b>
	Итого:	час/ зач.ед.	162	198	час / %	180
		360 / 10			74 / 21 %	

## 5.2. Содержание разделов дисциплины

### Четвертый семестр.

1. **Основные положения механики Ньютона.** Объекты и модели классической механики. Пространство и время. Системы отсчета. Преобразования Галилея. Инвариантность и ковариантность уравнений движения при переходе от одной

инерциальной системы к другой. Законы Ньютона.. Уравнения движения в классической механике.

**2. Лагранжева формулировка механики.** Классификация связей. Конфигурационное пространство. Вариационные принципы механики. Принцип Гамильтона. Уравнения Лагранжа. Основные свойства уравнений Лагранжа и функции Лагранжа. Функция Лагранжа свободной частицы. Функция Лагранжа и уравнения движения системы взаимодействующих частиц.

**3. Законы сохранения. Одномерное движение.** Понятие об интегралах движения. Законы сохранения . Одномерное движение. Преобразование сохраняющихся величин при изменении системы отсчета.

**4. Малые колебания.** Функция Лагранжа линейного гармонического осциллятора. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Свободные колебания в системах со многими степенями свободы.

**5. Движение в центральном поле.** Общие свойства движения в центральном поле. Нахождение траектории в центральном поле. Задача Кеплера.. Движение частицы в кулоновском поле отталкивания.

**6. Столкновения и рассеяние частиц.** Постановка задачи о столкновении частиц. Система отсчета центра инерции. Упругие и неупругие столкновения. Преобразование координат, импульсов и угла рассеяния частиц от системы центра инерции к лабораторной системе. Эффективное сечение рассеяния. Формула Резерфорда.

**7. Гамильтонова формулировка механики.** Канонические уравнения движения. Фазовое пространство. Интегралы движения и скобки Пуассона. Канонические преобразования. Производящие функции. Теорема Лиувилля. Уравнение Гамильтона-Якоби. Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби.

**8. Движение относительно неинерциальных систем отсчета.** Функция Лагранжа системы частиц в неинерциальной системе отсчета. Уравнения движения, силы инерции.

**9. Динамика абсолютно твердого тела.** Кинетическая энергия абсолютно твердого тела. Тензор инерции и его свойства. Момент импульса абсолютно твердого тела. Уравнения движения абсолютно твердого тела. Уравнения Эйлера.

### **Пятый семестр.**

#### **1.История развития электродинамики до конца 19 века.**

Обзор истории создания теории электромагнитного поля. Проблема применения принципа относительности к электромагнитному полю. Предпосылки создания теории относительности.

#### **2. Основы специальной теории относительности.**

Принцип относительности. Интервал между событиями . Преобразования Лоренца для координат и скорости. Относительность длин и отрезков времени.

#### **3. Четырехмерный формализм теории относительности.**

Ковариантные и контравариантные координаты события в 4-мерном пространстве. Четырехмерные векторы и тензоры. Ковариантная запись интервала и преобразований Лоренца.

#### **4. Релятивистская кинематика и динамика.**

Четырехмерная скорость и ускорение. Релятивистское действие и функция Лагранжа для свободной частицы. Релятивистские выражения для энергии и импульса.

#### **5. Взаимодействие заряда с электромагнитным полем.**

Потенциалы электромагнитного поля. Функция Лагранжа для заряда во внешнем электромагнитном поле. Уравнения движения заряженной частицы. Сила Лоренца. Тензор электромагнитного поля. Закон преобразования Лоренца для напряженностей полей. Инварианты электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность.

#### **6. Уравнения электромагнитного поля.**

Действие для электромагнитного поля. Микроскопические уравнения Максвелла. Ковариантная запись уравнений для электромагнитного поля. Интегральная форма уравнений Максвелла.

#### **7. Законы сохранения для электромагнитного поля и заряженных частиц.**

Закон сохранения заряда. Плотность и поток энергии. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля. Ковариантная запись законов сохранения энергии и импульса для электромагнитного поля и частиц. Закон сохранения момента импульса.

#### **8. Статическое электромагнитное поле.**

Уравнение Пуассона. Поле точечного заряда. Электрическое поле на больших расстояниях от зарядов, поле диполя, мультипольное разложение скалярного потенциала. Уравнение Пуассона для векторного потенциала. Закон Био-Савара. Магнитное поле вдали от системы токов, магнитный момент, мультипольное разложение векторного потенциала.

#### **9. Электромагнитные волны в вакууме.**

Волновое уравнение. Плоские волны. Плоская монохроматическая волна. Закон преобразования Лоренца для частоты и волнового вектора электромагнитной волны.

#### **10. Излучение и рассеяние электромагнитных волн зарядами.**

Решение уравнений для потенциалов. Запаздывающие потенциалы. Поле произвольно движущегося точечного заряда. Свойства излучения релятивистского точечного заряда. Радиационное трение, уравнение Лоренца-Дирака. Рассеяние электромагнитных волн, сечение рассеяния.

### **Шестой семестр.**

**1. Физические предпосылки квантовой механики.** Излучение абсолютно черного тела и квантовая гипотеза Планка. Фотоэффект и квантовая гипотеза Эйнштейна. Планетарная модель атома и квантовая гипотеза Бора. Дифракция электрона и волна де Бройля. Принцип атомизма, квант действия, постоянная Планка.

**2. Понятие волновой функции Уравнение Шредингера.** Анализ экспериментов по дифракции микрочастиц. Волновая функция и ее физический смысл. Проблема задания состояния микрообъекта. Принцип суперпозиции. Соотношение неопределенностей. Средние значения физических величин. Понятие об операторах физических величин. Одночастичное уравнение Шредингера. Поток вероятности. Волновая функция свободной частицы. Понятие стационарного состояния. Общие свойства волновой функции. Обращение времени. Квазиклассическое приближение.

**3. Одномерные задачи квантовой механики.** Одномерная волновая функция. Частица в потенциальной яме. Линейный гармонический осциллятор. Потенциальный барьер. Коэффициент прохождения, туннельный эффект.

**4. Математический аппарат квантовой механики.** Гильбертово пространство. Функционалы. Дельта-функция. Операторы. Основные классы операторов. Представления векторов и операторов. Задача на собственные значения, дискретный и непрерывный спектры. След оператора.

**5. Физические величины и операторы.** Проблема нахождения возможных значений физических величин. Правила сопоставления операторов физическим величинам. Квантовые скобки Пуассона. Коммутационные соотношения. Координатное и импульсное представления.

**6. Состояния и физические величины.** Эффект вмешательства. Приготовление. Приборы. Измерения. Количественные характеристики состояния. Вычисление средних значений физических величин. Статистический оператор. Чистые и смешанные состояния. Формальное определение волновой функции. Статистический характер квантовой механики. Одновременная измеримость. Полный набор физических величин. Неравенства Гейзенберга. Физический смысл собственных векторов операторов.

**7. Квантовая динамика.** Уравнение Шредингера. Изменение средних со временем. Гамильтониан. Законы сохранения в квантовой механике. Стационарные состояния. Соотношения неопределенностей для энергии и времени. Шредингера и гейзенбергова картины динамики. Интегралы движения. Вычисление вероятностей результатов измерений физических величин. Волновая функция как амплитуда вероятности. Функция Грина. Уравнение фон Неймана для статистического оператора. Постулаты квантовой механики.

**8. Угловой момент.** Орбитальный угловой момент, спин, оператор углового момента. Оператор квадрата момента. Квантование углового момента. Четность состояния. Спиновая волновая функция. Энергетический спектр электрона в постоянном магнитном поле.

**9. Частица в центрально-симметричном поле.** Задача о стационарных состояниях в центрально-симметричном поле. Энергетический спектр в кулоновском поле. Проблема энергетического спектра сложных атомов.

**10. Системы тождественных частиц.** Система многих частиц в квантовой механике. Тождественные частицы, принцип тождественности, симметричные и антисимметричные волновые функции. Принцип Паули. Волновая функция системы свободных тождественных фермионов. Основное состояние системы невзаимодействующих тождественных частиц. Вырожденный ферми-газ.

**11. Теория возмущений.** Стационарная теория возмущений для невырожденного и вырожденного спектра. Нестационарная теория возмущений. Вероятность перехода. Золотое правило Ферми. Переходы под действием возмущения, периодически зависящего от времени. Сечение рассеяния в борновском приближении.

**12. Элементы релятивистской квантовой механики.** Уравнение Клейна-Гордона Фока. Уравнение Дирака, частицы и античастицы, море Дирака. Квантование электромагнитного поля в кулоновской калибровке, фотоны.

### **Седьмой семестр.**

#### **1. Термодинамика макроскопических систем с фиксированным количеством вещества.**

Понятие о макроскопических системах, микро- и макросостояниях, равновесных и неравновесных термодинамических процессах. Принцип температуры и принцип энтропии. Понятие внутренней энергии и первое начало термодинамики. Модель идеального газа. Понятие абсолютной температуры и абсолютной энтропии. Адиабатический и изотермический потенциалы. Первое начало термодинамики для равновесных процессов. Работа и количество тепла. Понятие теплоемкости. Теплоемкость идеального газа. Термодинамические коэффициенты. Модель газа Ван-дер-Ваальса.. Цикл Карно. Теорема о КПД цикла Карно. Второе начало термодинамики. Энтальпия и термодинамический потенциал Гиббса.

**2. Макроскопические системы с переменным количеством вещества.** Химический потенциал. Процессы выравнивания. Экстремальные свойства энтропии и термодинамических потенциалов. Равновесие фаз и фазовые переходы. Фазовые переходы первого рода. Уравнение Клайперона-Клаузиуса. Диаграмма кривых равновесия фаз для воды. Принцип Ле-Шателье. Элементы теории фазовых переходов второго рода. Понятие параметра порядка.

#### **3. Общие принципы статистического описания макроскопических систем. Метод Гиббса.**

Метод Гиббса. Статистические ансамбли. Функция распределения. Фазовые средние. Связь энтропии с функцией распределения. Уравнение для функции распределения.

**4. Равновесные ансамбли Гиббса.** Общие свойства равновесных функций распределения. Теорема Нернста. Микроканоническое, каноническое и большое каноническое распределения Гиббса. Внутренняя энергия, свободная энергия и



термодинамический потенциал “омега”. Равновесные функции распределения для квантового и классического идеального газа.

**5. Элементы теории флуктуаций.** Распределение Гаусса. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе.

**6. Неравновесные ансамбли Гиббса.** s-частичные неравновесные функции распределения. Цепочка уравнений Боголюбова. Разреженный газ нейтральных частиц. Интеграл столкновений Больцмана. Теорема Больцмана о неубывании энтропии.

### **5.3 Лабораторный практикум.**

Не предусмотрен учебным планом.

### **6. Учебно-методическое обеспечение дисциплины.**

#### **6.1. Основная литература по дисциплине:**

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 5-е, стереотип. -М.: ФИЗМАТЛИТ.- (Теоретическая физика). Т. 1:Механика, -2007.,- 222 с. (5)
2. Савельев, И. В. Основы теоретической физики. Механика. Электродинамика: учебник для вузов : в 2 т./И. В. Савельев. - Изд. 3-е, стереотип. - СПб. [и др.]: Лань.- (Лучшие классические учебники. Физика). Т. 1:Механика. Электродинамика, 2005.- 493 с.
3. Васильев, А. Н. Классическая электродинамика [Текст]: краткий курс лекций : учебное пособие для вузов/А. Н. Васильев.-[2-е изд., стер.]-Санкт-Петербург:БХВ-Петербург, 2010.-276 с.(1)
4. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Теория поля: учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-Изд. 8-е, стереотип.- М.:ФИЗМАТЛИТ.- (Теоретическая физика). Т. 2:Теория поля.-2006.-533 с (4)
5. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Теория поля: учебное пособие для вузов : в 10 т./Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Изд-во: ФИЗМАТЛИТ, 2011 г.799 с. (ЭБС: КНИГАФОНД)
6. Давыдов А.С. Квантовая механика: учебное пособие для вузов/А. С. Давыдов.-3-е изд., стер.- Санкт-Петербург:БХВ-Петербург, 2011.-703 с.:(2)
7. Ансельм, Андрей Иванович. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие для вузов/А. И. Ансельм.-СПб.:Лань,2007.-426 с.(5)

#### **6.2. Дополнительная литература:**

1. Айзерман, М А. Классическая механика / М. А. Айзерман.-М.:Наука,1974.-367 с.
2. Бороненко, Т. С.. Задачи по классической механике: учебно-методическое пособие для вузов / Т. С. Бороненко, И. Л. Бухбиндер, В. В. Кругликов; МО РФ, ТГПУ. - Томск: Издательство ТГПУ, 2003 .-157с.

3. Гантмахер, Ф. Р. Лекции по аналитической механике: Учебное пособие для вузов / Ф. Р. Гантмахер; Под ред. Е. С. Пятницкого. - 3-е изд., стер. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 262 с.
4. Медведев, Б. В. Начала теоретической физики: Механика, теория поля, элементы квантовой механики: учебное пособие для вузов / Б. В. Медведев. - М.: Наука, 1977. - 496 с.
5. Павленко, Ю. Г. Лекции по теоретической механике: учебник для вузов / Ю. Г. Павленко. - 2-е изд., перераб. - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 391 с.
6. Бредов М.М. Классическая электродинамика: учебное пособие для вузов / М. М. Бредов, В. В. Румянцев, И. Н. Топтыгин ; под ред. И. Н. Топтыгина. - СПб.: Лань, 2003. - 398, [1] с.
7. Эпп, В. Я, Разина, Г. К. Задания для самостоятельной работы по курсу "Электродинамика": [Методическое пособие] / В. Я. Эпп, Г. К. Разина; МО РФ. - Томск: Изд-во ТГПУ, 2002. - 12 с.
8. Дирак П.А.М. Принципы квантовой механики / П.А.М. Дирак. - М.: Наука, 1979 - 480 с.
9. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. / Д.И. Блохинцев. - М.: Лань, 2004 - 672 с.
10. Мессиа А. Квантовая механика / А. Мессиа. - М.: Наука, 1978. Т. 1 - 478 с.
11. Мессиа А. Квантовая механика / А. Мессиа. - М.: Наука, 1978. Т. 2 - 583 с.
12. Галицкий В.М. Задачи по квантовой механике / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. - М.: УРСС, 2001. Ч. 1 - 304 с.
13. Галицкий В.М. Задачи по квантовой механике / В.М. Галицкий, Б.М. Карнаков, В.И. Коган. - М.: УРСС, 2001. Ч. 2 - 304 с.
14. Ландау Л.Д. Теоретическая физика. Физическая кинетика: учебное пособие для вузов : в 10 т. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского. - Изд. 2-е, испр. - М.: ФИЗМАТЛИТ. - (Теоретическая физика). Т. 10: Физическая кинетика / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский. - 2007. - 535 с.
15. Ландау Л.Д. , Лифшиц Е.М. Теоретическая физика = Статистическая физика: Учебное пособие для вузов: В 10 тт. / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц; Под ред. Л. П. Питаевского. - 5-е изд., стереотип. - М.: ФИЗМАТЛИТ. - (Теоретическая физика). Т. 5, Ч. 1: Статистическая физика. - 2001. - 613, [3] с.
16. Рей Ф. Статистическая физика: [Учебное руководство] / Ф. Рейф; Пер. с англ. под ред. А. И. Шальникова, А. О. Вайсенберга. - 3-е изд., испр. - М.: Наука, 1986. - 335 с.

17. Пригожин И. , Кондепуди Д. Современная термодинамика: Modern Thermodynamics: От тепловых двигателей до диссипативных структур / И. Пригожин, Д. Кондепуди; Пер. с англ. Ю. А. Данилова, В. В. Белого; Под ред. Е. П. Агеева.-М.:Мир,2002.-461с, Савельев И.В. Курс общей физики. Молекулярная физика и термодинамика: В 5 кн.: [Учебное пособие для вузов]/И. В. Савельев.- М.:Астрель. Кн. 3:Молекулярная физика и термодинамика.-2004.-208 с.

### 6.3. Средства обеспечения освоения дисциплины

Учебная литература имеется в достаточном количестве в библиотеке ТГПУ. Аудитория, в которой имеется интерактивная доска или экран с мультимедийным проектором для демонстрации графиков и рисунков.

В процессе реализации курса полезно воспользоваться информацией Интернет.

#### Интернет-источники:

1. Примеры Сайт «Колледж» <http://www.college.ru/>
2. Сайт «Элементы» («Элементы большой науки») <http://elementy.ru/>

### 6.4. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Требуется возможность демонстрировать графики и рисунки, взятые из переносного компьютера, на экран с помощью мультимедийного проектора на лекциях. Ниже перечислены темы практических занятий, которые желательно проводить в компьютерных классах.

№п/п	Наименование раздела (темы) учебной дисциплины	Наименование материалов обучения, пакетов программного обеспечения	Наименование технических и аудиовизуальных средств, используемых с целью демонстрации материалов
1	Визуализация инвариантных множеств	Wolfram CDF-Player –свободно распространяемый).	Интернет. Интерактивная доска или экран и проектор
2	Динамика на фазовой плоскости	Пакет символьной математики Maple (демо-версия)	
3	Траектории маятников		
4	Движение в центральном поле.		
1	Фазовое пространство механики Гамильтона		

## 7. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.

### 7.1. Методические рекомендации преподавателю.

«Классическая механика» является Первым разделом курса «Теоретическая физика» является «Классическая механика».

. Фундаментальные понятия, принципы и положения классической механики должны изучаться на лекциях. Для облегчения организации самостоятельной работы студентов преподаватель должен в начале каждого раздела объяснить, как пользоваться основной и дополнительной рекомендованной литературой для более глубокого изучения вопросов раздела. Преподавателям рекомендуется проверять в течение семестра с помощью кратких опросов усвоение студентами учебного материала.

Рекомендуется начинать изучение курса с ньютоновской формулировки механики. Объем этого раздела лектором может варьироваться по собственному усмотрению. Важно, что этот материал уже знаком студентам по курсу общей физики, что позволяет лектору постепенно перейти к вопросам аналитической механики и объяснить преимущества и необходимость введения других формулировок механики.

Раздел «Лагранжева формулировка механики» занимает основополагающее положение во всем курсе, что и определяет методику его изложения. Материал должен быть подробно изложен на лекциях. Ввиду особой важности положений раздела студенты должны знать их качественные формулировки, уметь записывать уравнения Лагранжа для различных ситуаций. При изучении остальных разделов курса следует постоянно возвращаться к этой главе.

В разделе 3 важным является понятие об интегралах движения и их связь с законами сохранения и свойствами симметрии пространства и времени. В связи с этим необходимо в лекционном курсе привести большое количество примеров, дать задачи для самостоятельного решения. Полезно также провести коллоквиум по данным разделам.

Раздел 4. Малые колебания являются наиболее распространенным типом движения механических систем. Существует большое количество задач разной сложности по этой теме, решение которых можно рекомендовать в качестве самостоятельной работы. Полезным может быть проведение практических занятий по этой теме в компьютерном классе, так как в настоящее время существуют компьютерные программы позволяющие осуществлять визуализацию различных форм колебаний.

Разделы 5-6 посвящены различным методам интегрирования уравнений движения. Рекомендуется использование в примерах уравнений Лагранжа. Рекомендуется также использовать для проведения самостоятельной работы учебно-методическое пособие

«Задачи по классической механике», которое указано в основной литературе данной программы.

В 7-м разделе рассматривается механика Гамильтона. Хотя формализм Гамильтона не отличается от формализма Лагранжа по физическому содержанию, он гораздо лучше приспособлен для изложения квантовой механики и статистической физики. В этом состоит важность данной формулировки механики. Рекомендуется все вопросы, предусмотренные программой, подробно рассмотреть на лекциях. Разделы «Уравнение Гамильтона-Якоби» и «Разделение переменных в уравнении Гамильтона-Якоби» могут носить ознакомительный характер.

Разделы 8-9 также должны излагаться с использованием лагранжевой формулировки механики. Рекомендуется использовать для проведения самостоятельной работы учебно-методическое пособие «Задачи по классической механике», которое указано в основной литературе данной программы.

Предлагаемые темы в разделе «Электродинамика» для самостоятельного изучения должны развивать умение работать с литературой, должны быть доступными, иметь обзорный характер. Это могут быть например такие темы: История развития электродинамики, Парадоксы теории относительности, Современные прикладные аспекты электродинамики или другие темы по усмотрению преподавателя. В течении семестра можно дать 1 - 2 вопроса.

«Квантовая механика» является наиболее сложным разделом курса «Теоретическая физика». Преподаватель должен уделить на лекциях особое внимание разъяснению физического смысла основных понятий, принципов и положений квантовой механики. По этой причине рекомендуется начинать лекционный курс с формирования понятий и уравнений квантовой механики, подробно обсудить достаточно простые одномерные модели и лишь затем переходить к развитию формального аппарата теории. Рассмотрению любого нового вопроса должна предшествовать соответствующая физическая мотивация. Для облегчения организации самостоятельной работы студентов преподаватель должен в начале каждого раздела объяснить, как пользоваться основной и дополнительной рекомендованной литературой для более глубокого изучения вопросов данного раздела. Преподавателям рекомендуется проверять в течение семестра с помощью кратких опросов усвоение студентами учебного материала. Важнейшую роль в курсе квантовой механики играет самостоятельное решение задач. Рекомендуется включить в лекционный курс примеры решения задач по всем основным разделам курса. На практических занятиях необходимо детально разобрать типичные задачи. Еженедельно

выдавать студентам индивидуальные задания, которые индивидуально сдаются в течение следующей недели. Каждый студент обязан отчитаться по заданиям до начала экзаменационной сессии. На экзамене студент должен быть готов решить любую задачу по квантовой механике из тех, что предлагались в качестве заданий.

Раздел «Статистическая физика» содержит четыре части: термодинамику, равновесную статистическую физику, элементы теории флуктуаций и неравновесную статистическую физику. Учитывая, что курс предназначен для будущих учителей школы, изучению вопросов первых двух глав следует уделить особое внимание. Базовыми вопросами первой главы являются понятия равновесных и неравновесных процессов, принципы температуры и энтропии, модель идеального газа, термодинамические потенциалы, первое и второе начала термодинамики. Студент должен четко понимать достоинства и недостатки модели идеального газа и, следовательно, необходимость введения более реалистичной модели газа Ван-дер-Ваальса. Необходимо обращать внимание студентов на разницу между такими величинами, как работа и количество теплоты, которые являются функциями процесса, и макроскопическими величинами, например термодинамическими потенциалами, которые являются функциями состояния макроскопической системы. Лучше всего это можно продемонстрировать на примере циклических процессов. Следует особо остановиться на вопросе о том, как меняется энтропия в ходе процессов выравнивания в идеально теплоизолированных системах, сравнивая их с адиабатическим процессом. При изучении фазовых переходов обратить внимание на исключительную роль при их описании термодинамического потенциала Гиббса.

При ознакомлении с методом Гиббса обратить внимание студентов на разницу между терминами “микросостояние” и “макросостояние”, что все системы ансамбля находятся в разных микросостояниях, но при этом их макросостояние одно и то же. Особое внимание нужно уделить вопросу о связи статистической физики с термодинамикой, что например среднее значение полной энергии по ансамблю как раз и есть внутренняя энергия макросистемы, которая вводится в термодинамике. Студент должен четко понимать разницу в том, что, например, микроканоническое и каноническое распределения Гиббса описывают распределения макроскопических систем по микросостояниям в соответствующих ансамблях, а распределения Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака описывают распределения частиц по одночастичным состояниям в идеальных газах – классических частиц, бозе-частиц и ферми-частиц, соответственно.

При необходимости, некоторые вопросы третьего раздела можно вынести на самостоятельную подготовку. Вопросы четвертой части желательно изучать на лекциях. Здесь, в частности, предполагается, что уравнение Лиувилля для функции распределения получено в разделе “Равновесная статистическая физика”. Следует обратить внимание студентов на связь теоремы Больцмана со вторым началом термодинамики.

Преподавателям рекомендуется проверять в течение семестра с помощью кратких опросов усвоение студентами учебного материала. В опрос должны включаться темы всех прочитанных после предыдущего опроса разделов. Студент, присутствующий в аудитории, успеваает ответить на 1-2 кратких вопросов. Ответы студентов оцениваются по пятибалльной системе, заносятся в журнал и используются как дополнительная информация при выставлении экзаменационных отметок и при аттестации студентов в середине семестра. Кроме этого, преподаватель задаёт студентам задачи для внеаудиторной самостоятельной работы, подобные разобранным в лекционном курсе и контролирует успешность самостоятельного решения студентами этих задач (как минимум, проверяя вслух правильность полученных ответов). Студентов следует информировать в самом начале курса, что уклонение от решения задач и отрицательные результаты опросов («двойка») повлекут за собой дополнительную нагрузку на экзамене (а следовательно, могут существенно снизить оценку).

### **7.2. Методические рекомендации для студентов.**

Для более глубокого освоения материала по данному курсу студентам предлагается использовать рекомендуемую основную и дополнительную литературу. Важным является также решение достаточно большого количества задач в аудитории и самостоятельно в качестве домашних заданий; активное участие в семинарских занятиях, на которых студенты могли бы сами излагать теоретический материал, изученный ими самостоятельно. Студентам рекомендуется регулярно изучать лекционный материал, готовясь к текущим опросам, коллоквиумам и контрольным работам.

В курсе «Классическая механика» студентам в качестве самостоятельной работы предлагается решение задач по темам, перечисленным в учебно-методическом пособии «Задачи по классической механике», которое указано в списке рекомендованной основной литературы. Особенностью данного пособия является подбор задач, не требующих сложных вычислений, но в то же время помогающих усвоить основные фундаментальные понятия и законы классической механики. Приведенные в пособии решения характерных задач, позволяют его успешно использовать для самостоятельной работы студентов. При этом студенты должны следовать тому порядку усвоения материала данного курса, как это предлагается в пособии. Особенное внимание следует уделить первой главе, которая

является вводной к основному содержанию предмета: аналитической механике Лагранжа и Гамильтона. Материал первой главы знаком студентам по курсу «Общей физики», поэтому решение этих задач самостоятельно не должно вызывать особых затруднений. При решении задач следующих глав помимо знакомства с кратким теоретическим введением, которое дается в пособии, необходимо изучение лекционного материала, которому данное пособие соответствует.

Частью самостоятельной работы студентов является подготовка к экзамену. Студентам предлагается перечень контрольных вопросов, на которые он отвечает перед экзаменом (тесты, контрольные работы), после чего получает допуск к экзамену. Примерный перечень вопросов:

- 1) Какой закон Ньютона определяет системы отсчета в классической механике?
- 2) Какие переменные задают фазовое пространство в гамильтоновой формулировке механики?
- 3) Какие переменные задают конфигурационное пространство в лагранжевой формулировке механики?
- 4) Какой закон определяет силу гравитационного воздействия одной материальной точки на другую?
- 5) Сколько степеней свободы имеет система, состоящая из  $N$  частиц, в которой две частицы соединены жестким стержнем?
- 6) Сколько степеней свободы имеет система  $N$  частиц, на которую не наложены связи?
- 7) Сколько постоянных интегрирования содержится в решении уравнений движения, описывающих динамику системы из  $N$  частиц без связей?
- 8) Чему равно число независимых интегралов движения в замкнутой механической системе из  $N$  частиц без связей?
- 9) Как формулируется принцип Гамильтона?
- 10) Какие симметрии пространства и времени классической механики приводят к выполнению закона сохранения импульса?
- 11) Какие симметрии пространства и времени классической механики приводят к выполнению закона сохранения энергии?
- 12) Какие симметрии пространства и времени классической механики приводят к выполнению закона сохранения момента импульса?
- 13) Принцип экстремального действия можно представить так:
- 14) Уравнения Лагранжа для системы частиц в случае действия потенциальных сил имеют вид:
- 15) Уравнения Лагранжа для системы частиц при наличии диссипативных сил имеют вид:
- 16) Уравнения Лагранжа для системы невзаимодействующих частиц имеют вид:
- 17) Какие динамические характеристики частиц задают состояние механической системы в лагранжевой формулировке механики?
- 18) Какой закон Ньютона приводит к принципу причинности в классической механике?
- 19) Что необходимо задать для определения сохраняющихся величин в механических системах?
- 20) Какой закон Ньютона приводит к принципу дальнего действия?
- 21) Что можно сказать о свойствах взаимного притяжения шарообразных тел?



- 22) Потенциальная энергия однородного гравитационного поля имеет вид:
- 23) Потенциальная энергия задачи Кеплера имеет вид:
- 24) Потенциальная энергия кулоновского поля отталкивания имеет вид:
- 25) Потенциальная энергия пространственного гармонического осциллятора имеет вид:
- 26) Условие потенциальности силового поля можно представить так:
- 27) Сила, действующая в центрально-симметричном поле, представляется в виде:
- 28) Выражение для силы, действующей в ньютоновском поле, записывается так:
- 29) Выражение для обобщенной квазиупругой силы имеет вид:
- 30) Какие величины сохраняются в центральном поле?
- 31) Укажите, какое условие для потенциальной энергии выполняется в точках остановки в одномерном движении?
- 32) Укажите, какое условие для потенциальной энергии выполняется в поворотных точках в центральном поле?
- 33) Укажите, что является основной характеристикой потенциальной энергии в центральном поле?
- 34) Укажите, чем характеризуется центральное поле, в котором траектория финитного движения замкнута?
- 35) Уравнение, из которого можно определить точки остановки в одномерном движении имеет вид:
- 36) Уравнение, из которого можно определить границы области движения по  $r$  в центральном поле имеет вид:
- 37) Уравнение, выражающее закон сохранения энергии в одномерном движении, имеет вид:
- 38) Уравнение, выражающее закон сохранения энергии в центральном поле, имеет вид.
- 39) Уравнения Гамильтона имеют вид:
- 40) Какие преобразования называются каноническими?
- 41) Функция Гамильтона в задаче Кеплера имеет вид:
- 42) Функция Гамильтона одномерного гармонического осциллятора имеет вид:
- 43) Функция Гамильтона пространственного гармонического осциллятора имеет вид:
- 44) Функция Гамильтона однородного поля тяжести имеет вид:
- 45) Определите модель абсолютно твердого тела.
- 46) Сколько степеней свободы имеет абсолютно твердое тело?

При изучении Электродинамики необходимо уделить особое внимание на следующие основные понятия и вопросы:

- Принцип относительности. Интервал между событиями.
- Преобразования Лоренца для координат и скорости. Относительность длин и отрезков времени.
- Ковариантные и контравариантные координаты события в 4-мерном пространстве. Четырехмерные векторы и тензоры.
- Ковариантная запись интервала и преобразований Лоренца. Четырехмерная скорость и ускорение.
- Релятивистские выражения для энергии и импульса.
- Уравнения Максвелла для электромагнитного поля
- Поле точечного заряда.
- Теорема Гаусса.
- Уравнение Пуассона.
- Электрическое поле на больших расстояниях от зарядов, поле диполя, мультипольное разложение скалярного потенциала.
- Уравнение Пуассона для векторного потенциала.

- Закон Био-Савара.
- Волновое уравнение. Плоские волны. Плоская монохроматическая волна.
- Тензор электромагнитного поля. Закон преобразования Лоренца для напряженностей полей.
- Инварианты электромагнитного поля.
- Калибровочная инвариантность.
- Запаздывающие потенциалы.
- Поле произвольно движущегося точечного заряда.

В курсе раздела «Квантовая механика» студентам в качестве самостоятельной работы предлагается решение достаточно большого числа задач по всем темам данного курса. Примеры решения задач даются на лекциях, поэтому посещение всех лекций является совершенно необходимым. Основная цель этих задач - помочь усвоить основные фундаментальные понятия и законы квантовой механики. Задачи подобраны таким образом, что они не требуют громоздких и сложных вычислений, но в то же время для их решения необходимо хорошо понимать теоретический материал. Все задачи должны быть решены и зачтены преподавателем до начала экзаменационной сессии. Частью самостоятельной работы студентов является подготовка к экзамену. Студентам предлагается перечень контрольных вопросов, знание которых будет проверено на экзамене. Примерный перечень вопросов:

- Волна де Бройля. Принцип суперпозиции
- Физический смысл волновой функции
- Условие нормировки волновой функции
- Соотношение неопределенностей и его физический смысл
- Вычисление среднего значения координаты с помощью волновой функции
- Вычисление среднего значения импульса с помощью волновой функции
- Вычисление среднего значения энергии частицы с помощью волновой функции
- Уравнение Шредингера для одной частицы
- Гамильтониан частицы в потенциальном поле
- Плотность потока вероятности
- Закон сохранения вероятности в дифференциальной форме
- Волновая функция стационарного состояния
- Стационарное уравнение Шредингера, физический смысл параметра  $E$
- Волновая функция свободной частицы
- Одномерное уравнение Шредингера
- Физический смысл и условие нормировки одномерной волновой функции
- Энергетический спектр одномерного гармонического осциллятора
- Физический смысл явления туннелирования
- Волновая функция в квазиклассическом приближении
- Норма вектора. Определение базиса, ортонормированный базис
- Нахождение коэффициентов разложения вектора по дискретному ортонормированному базису
- Определение гильбертова пространства
- Определение функционала
- Основное свойство дельта-функции
- Определение оператора. Определение линейного оператора
- Определение произведения операторов. Определение коммутатора двух операторов
- Определение обратного оператора
- Оператор обратный произведению двух операторов

- Определение функции от операторов, если эта функция разлагается в ряд Тейлора
- Экспонента от оператора. Определение эрмитова оператора
- Оператор, эрмитово сопряженный к произведению двух операторов
- Определение унитарного оператора
- Определение проекционного оператора
- Квадрат проекционного оператора
- Квазиспектральное разложение оператора
- Задача на собственные значения, собственный вектор, собственное значение
- Дискретный и непрерывный спектр
- Условие того, что два оператора имеют общую систему собственных векторов
- Теорема о собственных векторах и собственных значениях эрмитова оператора
- Представитель вектора в базисе
- Представитель оператора в базисе
- Элементы эрмитово сопряженной матрицы
- Определение следа оператора
- Свойство цикличности следа двух операторов
- Квантовые скобки Пуассона
- Канонические коммутационные соотношения
- Операторы обобщенных координат и импульсов в координатном представлении
- Операторы обобщенных координат и импульсов в импульсном представлении
- Классические и квантовые объекты
- Определение прибора и измерения
- Квантовые ансамбли
- Вычисление средних значений на основе статистического оператора
- Условие нормировки статистического оператора
- Физический смысл диагональных матричных элементов статистического оператора
- Определение чистого ансамбля
- Статистический оператор чистого состояния
- Вычисление средних значений в чистом состоянии
- Какие физические величины называются одновременно измеримыми
- Условие того, что несколько физических величин являются одновременно измеримыми
- Соотношение неопределенностей для двух произвольных физических величин
- Уравнение Шредингера для вектора состояния
- Уравнение движения для оператора эволюции
- Оператор эволюции для системы с независимым от времени гамильтонианом
- Уравнение фон Неймана
- Оператор производной по времени физической величины
- Определение интеграла движения в квантовой механике
- Вероятность того, что при измерении физической величины  $A$  в состоянии  $|f\rangle$  будет получено значение  $a$
- Вероятность квантового перехода и его физический смысл
- Оператор орбитального момента, запись с помощью  $\epsilon$  – символа
- Коммутатор операторов декартовых компонент орбитального момента
- Коммутатор оператора квадрата орбитального момента с оператором любой декартовой компоненты орбитального момента
- Собственные значения квадрата оператора спина и зет-проекции спина, область изменения собственных значений

- Условие нормировки и физический смысл волновой функции, зависящей от координат и зет-проекции спинов частиц.
- Энергетический спектр электрона в постоянном магнитном поле
- Какие физические величины сохраняются в центрально-симметричном поле
- Спектр энергий электрона в атоме водорода
- Волновая функция системы невзаимодействующих частиц
- Энергия системы невзаимодействующих частиц
- Принцип тождественности
- Оператор перестановки частиц и его собственные значения
- Определения полностью симметричной и полностью антисимметричной волновых функций
- Постулат симметризации
- Бозоны и фермионы
- Принцип Паули
- Волновая функция системы  $N$  свободных тождественных фермионов
- Импульс Ферми
- Постановка задачи в методе стационарной теории возмущений
- Постановка задачи в методе нестационарной теории возмущений
- Вероятность перехода за единицу времени из начального состояния в конечное состояние
- Золотое правило Ферми

В процессе изучения раздела «Статистическая физика» необходимо обратить внимание на следующие вопросы и положения. Студент должен четко понимать достоинства и недостатки модели идеального газа и, следовательно, необходимость введения более реалистичной модели газа Ван-дер-Ваальса. Знать, в чем состоит разница между такими величинами, как работа и количество теплоты, которые являются функциями процесса, и макроскопическими величинами, например термодинамическими потенциалами, которые являются функциями состояния макроскопической системы. При изучении фазовых переходов нужно обратить внимание на исключительную роль при их описании термодинамического потенциала Гиббса.

При ознакомлении с методом Гиббса нужно обратить внимание на разницу между терминами “микросостояние” и ”макросостояние”, что все системы ансамбля находятся в разных микросостояниях, но при этом их макросостояние одно и то же. Особое внимание нужно уделить вопросу о связи статистической физики с термодинамикой, что например среднее значение полной энергии по ансамблю как раз и есть внутренняя энергия макросистемы, которая вводится в термодинамике. Студент должен четко понимать разницу в том, что, например, микроканоническое и каноническое распределения Гиббса описывают распределения макроскопических систем по микросостояниям в соответствующих ансамблях, а распределения Максвелла-Больцмана, Бозе-Эйнштейна и Ферми-Дирака описывают распределения частиц по одночастичным состояниям в идеальных газах классических частиц, бозе-частиц и ферми-частиц, соответственно. Следует обратить внимание на связь теоремы Больцмана со вторым началом термодинамики.

Для успешного усвоения материала важным является решение достаточно большого количества задач в аудитории и самостоятельно в качестве домашних заданий; проведение семинарских занятий, на которых студенты могли бы сами излагать теоретический материал, изученный ими самостоятельно.

## **8. Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.**

**8.1. Тематика рефератов . Не предусмотрено учебным планом**

**8.2. Вопросы и задания по самостоятельной работе:**

*Четвертый семестр*

В качестве самостоятельной работы предлагается решение задач из сборника «Бороненко, Т. С. И. Л. Бухбиндер, В. В. Кругликов. Задачи по классической механике» по следующим темам:

1. Криволинейные координаты.
2. Уравнения движения.
3. Уравнения Лагранжа и интегралы движения.
4. Движение в центральном поле.
5. Задача Кеплера.
6. Малые колебания.
7. Уравнения Гамильтона.
8. Скобки Пуассона.
9. Канонические преобразования.

В качестве самостоятельной работы по разделам дисциплины «Классическая механика» предлагается дополнительная работа с литературой и лекционному материалу, с последующим устным опросом.

*Пятый семестр.*

В разделе электродинамика:

а) задания для самостоятельной работы:

1. Векторная алгебра: скалярное, векторное и смешанное произведения векторов.
2. Векторное поле. Эквипотенциальные поверхности и силовые линии.
3. Поток вектора через поверхность.
4. Циркуляция вектора по замкнутому контуру.
5. Градиент скалярного поля. Дивергенция и ротор векторного поля.
6. Оператор Лапласа.
7. Интегральные теоремы Гаусса и Стокса.
8. Системы единиц СИ и СГС. Системы единиц в электродинамике.
9. История открытия законов электродинамики.
10. Принцип относительности Галилея.
11. Закон сложения скоростей.
12. Гипотеза эфира.
13. Эксперименты Майкельсона-Морли.
14. Гипотеза Лоренца о сокращении размеров тел.
15. Движение заряженной частицы в однородном магнитном поле.
16. Движение заряженной частицы в однородном электрическом поле.
17. Исторический контекст открытия уравнений Максвелла.
18. Введения понятие тока смещения; доказательство электромагнитной природы света.
19. Тензор напряжений Максвелла.
20. Приведение тензора энергии-импульса к диагональному виду.
21. Вид силовых линий поля диполя.
22. Инварианты электромагнитного поля для плоских волн.
23. Поперечный и продольный эффекты Доплера.

б) контрольные вопросы:

1. Определение системы отсчета.

2. Преобразования Галилея для координат.
3. Закон сложения скоростей.
4. Постулаты специальной теории относительности.
5. Следствия из постулатов специальной теории относительности.
6. Преобразования Лоренца для координат.
7. Преобразования Лоренца для скорости.
8. Соотношение пространственных отрезков в разных системах отсчета.
9. Соотношение отрезков времени в разных системах отсчета.
10. Собственное время.
11. Определение интервала между событиями.
12. Пространственно-подобный и времени-подобный интервалы.
13. Причинно-следственные связи между событиями.
14. Метрический тензор.
15. Переход от ковариантных координат к контравариантным и обратно.
16. Свертка 4-мерных векторов.
17. Определение 4-мерного тензора 2 ранга.
18. Свойства симметричных и антисимметричных тензоров.
19. Преобразования Лоренца в 4-мерном виде.
20. Определение четырехмерной скорости и ускорения.
21. Свертка четырехмерной скорости и ускорения.
22. Функция Лагранжа свободной частицы.
23. 4-мерный импульс.
24. Соотношение между энергией и импульсом.
25. Компоненты 4 мерного потенциала поля.
26. Уравнения движения заряда.
27. Определения напряженности электрического и магнитного полей.
28. Тензор электромагнитного поля.
29. Дуальный тензор электромагнитного поля.
30. Сила Лоренца.
31. Преобразования Лоренца для поля.
32. Инварианты электромагнитного поля.
33. Калибровочная инвариантность электромагнитного поля.
34. Первая пара уравнений Максвелла.
35. Закон индукции Фарадея.
36. 4-мерный вектор плотности тока.
37. Вторая пара уравнений Максвелла.
38. Понятие тока смещения.
39. Вторая пара уравнений Максвелла в интегральной форме.
40. Теорема Гаусса.
41. Уравнение непрерывности в дифференциальной форме.
42. Уравнение непрерывности в интегральной форме.
43. Закон сохранения заряда.
44. Плотность энергии электромагнитного поля.
45. Вектор Умова-Пойнтинга.
46. Определение тензора энергии-импульса.
47. Тензор напряжений Максвелла.
48. Диагональный вид тензора энергии-импульса.
49. Уравнение Пуассона.
50. Закон Кулона для потенциала и напряженности электрического поля.
51. Классический радиус электрона.
52. Поле диполя.

53. Закон Био-Савара-Лапласа.
54. Закон Био-Савара для линейного тока.
55. Магнитный момент. Магнитный момент замкнутого тока.
56. Магнитный момент заряженной частицы.
57. Гиромангнитное отношение.
58. Свойства плоских волн. Инварианты электромагнитного поля для плоских волн.
59. Круговая и линейная поляризация плоских волн.
60. Эффект Доплера. Поперечный и продольный эффекты Доплера.
61. Преобразование Лоренца для волнового вектора.
62. Потенциалы Лиенара-Вихерта в трехмерной форме.
63. Потенциалы Лиенара-Вихерта в ковариантной форме
64. Поле излучения и конвективное поле движущегося заряда.
65. Интенсивность излучения и мощность излучения заряда.
66. Уравнение Лоренца-Дирака.
67. Самоускоряющееся решение уравнения Лоренца-Дирака.
68. Сечение рассеяния.
69. Формула Томпсона.
70. Рассеяние электромагнитных волн нерелятивистской системой зарядов.

*Шестой семестр.*

Перечень тем и заданий для самостоятельной работы в разделе «Квантовая механика»

- Экспериментальные предпосылки квантовой механики
- Гипотеза Планка. Гипотеза Эйнштейна и объяснение фотоэффекта. Модель атома Бора. Гипотеза де Бройля. Комптоновское рассеяние
- Частица в потенциальной яме конечной глубины
- Частица в периодическом потенциальном поле
- Когерентные состояния гармонического осциллятора
- Квазиклассическое приближение для частицы в трехмерном пространстве
- Энергетический спектр в квазиклассическом приближении
- Связь представителей векторов и операторов в различных базисах.
- Задача на собственные значения
- Уравнение Эренфеста
- Функция Грина уравнения Шредингера
- Функция Грина для гармонического осциллятора
- Представление матричного элемента оператора эволюции интегралом по траекториям
- Вычисление коммутаторов операторов углового момента
- Волновые функции электрона в атоме водорода
- Стационарная теория возмущений для вырожденного уровня
- Потенциальная теория рассеяния. Борновский ряд
- Сечение рассеяния в кулоновском поле притяжения в первом борновском приближении
- Периодическая система элементов
- Представление функции Грина функциональным интегралом
- Скалярное произведение в пространстве решений уравнения Клейна-Гордона
- Решение свободного уравнения Дирака
- Уравнение Паули
- Задача на собственные значения для гамильтониана электромагнитного поля

*Седьмой семестр.*

Перечень примерных заданий для самостоятельной работы:

1. Термодинамическое описание газов, магнетиков и диэлектриков.

2. Термодинамика равновесного излучения.
3. Полуфеноменологическая теория фазовых переходов второго рода и критических явлений. Скейлинговые свойства макроскопических систем вблизи критических точек.
4. Большое каноническое распределение Гиббса.
5. Электронный газ в металлах.
6. Бозе-газ при низких температурах. Бозе-конденсация.
7. Спектральная плотность энергии равновесного излучения абсолютно черного тела. Формула Планка.
8. Матрица плотности.
9. Модель разреженного газа частиц с короткодействующим потенциалом взаимодействия. Интеграл столкновений Больцмана.

### 8.3. Вопросы для экзамена

#### *Четвертый семестр*

1. Основные свойства пространства и времени в классической механике.
2. Преобразования Галилея.
3. Классификация связей. Конфигурационное пространство.
4. Вариационные принципы механики.
5. Принцип Гамильтона.
6. Основные свойства функции Лагранжа и уравнений Лагранжа.
7. Функция Лагранжа свободной частицы.
8. Функция Лагранжа и уравнения движения системы взаимодействующих частиц.
9. Гармонизация функции Лагранжа. Одномерный гармонический осциллятор.
10. Закон сохранения энергии. Общие свойства одномерного движения.
11. Законы сохранения импульса и момента импульса.
12. Свободные колебания в системах со многими степенями свободы. Нормальные координаты.
13. Общие свойства движения в центральном поле.
14. Нахождение траектории частицы в центральном поле.
15. Задача Кеплера.
16. Движение частицы в кулоновском поле отталкивания.
17. Упругие и неупругие столкновения частиц.
18. Эффективное сечение рассеяния. Формула Резерфорда.
19. Канонические уравнения движения. Фазовое пространство.
20. Интегралы движения и скобки Пуассона.
21. Канонические преобразования. Производящие функции.
22. Теорема Лиувилля.
23. Уравнение Гамильтона-Якоби. Общий интеграл.
24. Интегрирование уравнений движения методом Гамильтона – Якоби.
25. Уравнения движения для неинерциальных систем отсчета.
26. Кинематика твердого тела. Угловая скорость.
27. Тензор инерции.
28. Динамические уравнения Эйлера.

#### *Пятый семестр*

1. Системы отсчета. Преобразования Галилея.
2. Постулаты специальной теории относительности.
3. Преобразования Лоренца для координат.
4. Преобразования Лоренца для скорости.
5. Относительность пространственных и временных масштабов.
6. Интервал между событиями.



7. Ковариантные и контравариантные координаты 4-мерных векторов.
8. Метрический тензор. 4-мерные тензоры и действия с ними.
9. Преобразования Лоренца в 4-мерном виде.
10. Четырехмерная скорость и ускорение.
11. Принцип экстремального действия. Функция Лагранжа свободной частицы.
12. Релятивистские энергия и импульс.
13. Функция Лагранжа для заряда во внешнем поле. Потенциалы поля.
14. Уравнения движения заряда в ковариантной форме.
15. Напряженности электрического и магнитного полей.
16. Трехмерная форма уравнений движения. Сила Лоренца.
17. Преобразования Лоренца для поля.
18. Инварианты электромагнитного поля.
19. Калибровочная инвариантность электромагнитного поля.
20. Первая пара уравнений Максвелла.
21. Интегральная форма первой пары уравнений Максвелла.
22. Функция Лагранжа для электромагнитного поля.
23. Вторая пара уравнений Максвелла.
24. Вторая пара уравнений Максвелла в интегральной форме.
25. Уравнение непрерывности. Закон сохранения заряда.
26. Плотность и поток энергии электромагнитного поля.
27. Закон сохранения энергии и импульса электромагнитного поля и частиц.
28. Тензор энергии-импульса.
29. Тензор энергии-импульса электромагнитного поля.
30. Закон сохранения момента импульса.
31. Статическое электрическое поле. Уравнение Пуассона.
32. Закон Кулона. Общее решение уравнения Пуассона.
33. Энергия поля точечного заряда.
34. Поле зарядов на больших расстояниях. Дипольный момент.
35. Мультипольное разложение скалярного потенциала.
36. Уравнение Пуассона для векторного потенциала. Закон Био-Савара-Лапласа.
37. Магнитное поле вдали от системы токов.
38. Магнитный момент. Мультипольное разложение векторного потенциала.
39. Волновое уравнение. Плоские волны.
40. Плоские монохроматические волны.
41. Поляризация плоских волн.
42. Эффект Доплера. Преобразование Лоренца для волнового вектора.
43. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта.
44. Поле произвольно движущегося заряда.
45. Угловое распределение интенсивности излучения.
46. Радиационное трение, уравнение Лоренца-Дирака.
47. Рассеяние электромагнитных волн неподвижным зарядом, формула Томпсона.
48. Рассеяние электромагнитных волн нерелятивистской системой зарядов.

#### *Шестой семестр*

1. Волновая функция частицы
2. Проблема задания состояния частицы
3. Уравнение Шредингера
4. Плотность потока вероятности
5. Гармонический осциллятор
6. Частица в поле прямоугольной потенциальной ямы
7. Частица в поле прямоугольного потенциального барьера
8. Квазиклассическое приближение

9. Гильбертово пространство. Линейные операторы
10. Алгебра операторов. Обратный оператор, проекционный оператор. Коммутатор операторов
11. Эрмитов оператор. Унитарный оператор
12. Задача на собственные значения
13. Теорем о собственных векторах и собственных значениях эрмитова оператора
14. Необходимые и достаточные условия того, что два оператора имеют общую систему собственных векторов
15. Физические величины и эрмитовы операторы. Правила фон Неймана построения операторов физических величин
16. Квантовые скобки Пуассона и канонические коммутационные соотношения
17. Координатное представление
18. Импульсное представление
19. Эффект вмешательства. Классические и квантовые объекты. Приготовление объекта. Квантовые ансамбли
20. Задание состояния с помощью средних значений физических величин. Статистический оператор
21. Чистые и смешанные состояния. Вектор состояния, волновая функция
22. Статистический характер квантовой теории. Одновременная измеримость
23. Соотношение неопределенностей для двух произвольных физических величин
24. Динамический постулат, оператор эволюции и уравнение Шредингера для вектора состояния
25. Уравнение фон Неймана для статистического оператора
26. Изменение средних со временем
27. Шредингера и гейзенбергова динамические картины
28. Интегралы движения. Использование интегралов движения для решения уравнения Шредингера
29. Стационарное состояние
30. Функция Грина уравнения Шредингера
31. Нахождение вероятностей результатов измерений физических величин
32. Вероятности квантовых переходов
33. Орбитальный момент в квантовой механике
34. Квантование углового момента
35. Спиновая волновая функция
36. Энергетический спектр электрона в постоянном магнитном поле
37. Стационарное уравнение Шредингера в центрально-симметричном поле
38. Энергетический спектр электрона в кулоновском поле притяжения
39. Квантовая система многих частиц. Волновая функция и энергия системы свободных частиц
40. Принцип тождественности. Симметричные и антисимметричные волновые функции. Бозоны и фермионы
41. Принцип Паули
42. Волновая функция системы из  $N$  свободных фермионов
43. Основное состояние системы свободных бозонов и фермионов
44. Вырожденный ферми-газ, его энергия и давление
45. Стационарная теория возмущений. Случай невырожденного спектра
46. Стационарная теория возмущений. Случай вырожденного спектра
47. Нестационарная теория возмущений
48. Вероятность перехода в низшем порядке теории возмущений
49. Золотое правило Ферми
50. Переходы под действием возмущения, периодически зависящего от времени

51. Сечение рассеяния в рамках нестационарной теории возмущений

52. Уравнение Клейна-Гордона

53. Уравнение Дирака

54. Квантование свободного электромагнитного поля


*Седьмой семестр*

1. Понятие микро- и макросостояний равновесных макроскопических систем
2. Понятие равновесных и неравновесных термодинамических процессов.
3. Принцип температуры и принцип энтропии.
4. Внутренняя энергия. Первое начало термодинамики.
5. Модель идеального газа. Понятие абсолютной температуры и абсолютной энтропии. Уравнения состояния идеального газа
6. Адиабатический потенциал. Первое начало термодинамики для равновесных процессов.
7. Свободная энергия. Работа и количество тепла.
8. Понятие теплоемкости.
9. Энтальпия и термодинамический потенциал Гиббса.
10. Термодинамические коэффициенты.
11. Термодинамический анализ круговых процессов. КПД тепловых машин.
12. Понятие о цикле Карно. Второе начало термодинамики.
13. Уравнение состояния газа Ван-дер-Ваальса.
14. Правило Максвелла для газа Ван-дер-Ваальса.
15. Химический потенциал.
16. Экстремальные свойства энтропии и термодинамических потенциалов.
17. Фазовые переходы 1-го рода. Условие равновесия фаз. Уравнение Клайперона-Клаузиуса.
18. Диаграмма кривых равновесия фаз для воды.
19. Фазовые переходы 2-го рода. Параметр порядка.
20. Понятие ансамблей Гиббса. Функция распределения. Фазовые средние. Энтропия. И функция распределения.
21. Уравнение Лиувилля.
22. Основные свойства равновесных функций распределения.
23. Теорема Нернста.
24. Микроканоническое распределение Гиббса.
25. Каноническое распределение Гиббса.
26. Большое каноническое распределение Гиббса
27. Распределение Бозе-Эйнштейна. Распределение Ферми-Дирака.
28. Распределение Максвелла-Больцмана.
29. Статистическая сумма и термодинамические потенциалы.
30. Цепочка уравнений Боголюбова.
31. Модель разреженного газа частиц с короткодействующим потенциалом взаимодействия. Иерархия характерных масштабов длины и времени.
32. Принцип полного ослабления начальных корреляций.
33. Интеграл столкновений Больцмана и его свойства.
34. H-теорема Больцмана.
35. Распределение Гаусса для флуктуаций.
36. Флуктуации основных термодинамических величин. Флуктуации в идеальном газе.

Рабочая программа учебной дисциплины составлена в соответствии с учебным планом, федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование. Профиль: математика и физика. Квалификация - бакалавр педагогического образования.

Рабочую программу учебной дисциплины составили:

д.ф.-м. н., профессор кафедры теоретической физики

 Н.Л. Чуприков,

д.ф.-м. н., профессор кафедры теоретической физики

 Ю.П. Кунашенко,


к.ф.-м. н., доцент кафедры теоретической физики

 Т.С. Бороненко

Рабочая программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики

протокол № 7 от «31» августа 2015 г.


Заведующий кафедрой, профессор

 И.Л. Бухбиндер

Рабочая программа учебной дисциплины одобрена методической комиссией Физико-математического факультета ТГПУ

протокол № 1 от «31» августа 2015 г.

Председатель методической комиссии  
физико-математического факультета

 З.А. Скрипко