Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Кислова Наталья Николаевна
Должность: Проректор по УМР и качеству образования
Дата подписания: 03.09.2024 14:20:26
Уникальный программный ключ:
52802513f5b14a975b3e9b13008093d5726b159bf6064f865ae65b96a966c035

**МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**

**«Самарский государственный социально-педагогический университет»**

**Кафедра физики, математики и методики обучения**

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УМР и КО,
председатель УМС СГСПУ
_____Н.Н. Кислова

# ПРЕДМЕТНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ ПО ПРОФИЛЮ "ФИЗИКА"

## Теоретическая физика

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой **Физики, математики и методики обучения**

Учебный план ФМФИ-б24МФз(5г6м)
Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Направленность (профиль): «Математика» и «Физика»

Квалификация **бакалавр**

Форма обучения **заочная**

Общая трудоемкость **19 ЗЕТ**

Часов по учебному плану 684
в том числе:
аудиторные занятия 64
самостоятельная работа 620

Виды контроля в семестрах:
экзамены 5, 9
зачеты 8
зачеты с оценкой 6, 7

**Распределение часов дисциплины по семестрам**

| Семестр(Курс.Номер семестра на курсе) | **5(3.1)** | | **6(3.2)** | | **7(4.1)** | | **8(4.2)** | | **9(5.1)** | | Итого | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Вид занятий | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД | УП | РПД |
| Лекции | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 84 | 84 |
| Практические | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 6 | 6 | 10 | 10 | 150 | 150 |
| В том числе инт. | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 2 | 2 | 4 | 4 | 34 | 34 |
| Итого ауд. | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 8 | 8 | 14 | 14 | 64 | 64 |
| Контактная работа | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 14 | 8 | 8 | 14 | 14 | 64 | 64 |
| Сам. работа | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 130 | 100 | 100 | 130 | 130 | 620 | 620 |
| Итого | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 144 | 108 | 108 | 144 | 144 | 684 | 684 |

Программу составил(и):

Янкевич Ольга Александровна

При наличии обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья, которым необходим особый порядок освоения дисциплины (модуля), по их желанию разрабатывается адаптированная к ограничениям их здоровья рабочая программа дисциплины (модуля).

Рабочая программа дисциплины

**Теоретическая физика**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) (приказ Минобрнауки России от 22.02.2018 г. № 125)

составлена на основании учебного плана:

Направление подготовки: 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)
Направленность (профиль) «Математика и Физика»

утвержденного учёным советом СГСПУ от 26.04.2024 протокол №10

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Физики, математики и методики обучения**

Протокол 25.06.2024 г. №11
Зав. кафедрой Е.В. Галиева

Начальник УОП


_____ Н.А. Доманина

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Цель изучения дисциплины:** систематизированные знания обучающихся в области теоретической физики

**Задачи изучения дисциплины:**

- формирование умений объяснять природные и техногенные явления, используя математический аппарат и знания по теоретической физике
- развитие способностей к организации проектной деятельности на основе знаний в области теоретической физики

**Область профессиональной деятельности:** 01 Образование и наука

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП: Б1.О.08

**2.1 Требования к предварительной подготовке обучающегося:**

Содержание дисциплины базируется на материале:

школьного курса физики, математики, информатики и информационно-коммуникационных технологий

Педагогика

дисциплин Предметно-методических модулей

Методика обучения физике

**2.2 Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**

Астрономия

## 3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач**

**УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи**

Знает: основные законы классической и современной физики

Умеет: анализировать задачи по теоретической физике, выделяя этапы их решения

**УК-1.2. Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи**

Умеет: находить и критически анализировать информацию, необходимую для решения задач по теоретической физике

**УК-1.3. Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и риски**

Умеет: анализировать различные варианты решения задач по теоретической физике

**ПК-1. Способен осуществлять педагогическую деятельность по реализации образовательного процесса по предмету**

**ПК-1.1. Умеет реализовывать образовательную программу по предмету с учетом специфики содержания, методов и инструментов соответствующей области научного знания**

Умеет: выбирать задачи по физике в соответствии со спецификой контингента учебного заведения

**ПК-1.2. Реализует образовательную программу по предмету с использованием технологий профессиональной деятельности**

Умеет: использовать знания по теоретической физике в педагогической деятельности

## 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| Код занятия | Наименование разделов и тем /вид занятия/ | Семестр | Часов | Интеракт. |
|---|---|---|---|---|
| | **Раздел 1. Классическая механика и теория относительности** | | | |
| 1.1 | Введение в классическую механику. Кинематика точки. Уравнения движения. Законы сохранения. Малые колебания. Основные положения специальной теории относительности. Релятивистская механика /Лек/ | 5 | 4 | 2 |
| 1.2 | Введение в классическую механику. Кинематика точки. Уравнения движения. Законы сохранения. Малые колебания. Основные положения специальной теории относительности. Релятивистская механика /Пр/ | 5 | 10 | 2 |
| 1.3 | Кинематика материальной точки в декартовых координатах. Интегрирование второго закона Ньютона. Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной частицы. /Ср/ | 5 | 20 | 0 |
| 1.4 | Принцип наименьшего действия. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной частицы. /Ср/ | 5 | 20 | 0 |
| 1.5 | Функция Лагранжа системы частиц. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Соприкосновение твердых тел. Движение в неинерциальной системе отсчета /Ср/ | 5 | 20 | 0 |
| 1.6 | Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Одномерное движение. Приведенная масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача. Уравнения Гамильтона. Уравнения Гамильтона-Якоби /Ср/ | 5 | 20 | 0 |
| 1.7 | Адиабатические инварианты. Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебания систем со многими степенями свободы. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Параметрический резонанс. Ангармонические колебания /Ср/ | 5 | 20 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 1.8 | Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Энергия и импульс. Четырехмерный импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц /Ср/ | 5 | 30 | 0 |
| | **Раздел 2. Электродинамика** | | | |
| 2.1 | Введение в электродинамику. Физические основы электродинамики. Основные понятия электродинамики. Стационарное электромагнитное поле. Потенциалы и тензор электромагнитного поля /Лек/ | 6 | 2 | 0 |
| 2.2 | Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. Электромагнитные волны /Лек/ | 6 | 2 | 0 |
| 2.3 | Основные понятия электродинамики /Пр/ | 6 | 2 | 2 |
| 2.4 | Стационарное электромагнитное поле /Пр/ | 6 | 2 | 0 |
| 2.5 | Потенциалы и тензор электромагнитного поля /Пр/ | 6 | 2 | 0 |
| 2.6 | Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны /Пр/ | 6 | 4 | 2 |
| 2.7 | Основные понятия электродинамики: электрический заряд, электрический ток, электрический диполь, дипольный момент, дипольный момент электрического тока. Электрические и магнитные мультиполи. Электрическая и магнитная напряженности. Векторы магнитной индукции и электрического смещения. Поток электрического и магнитного поля. Электрические и магнитные силовые линии. Электростатический потенциал. Падение напряжения. Сопротивление проводника и закон Ома. Закон Кулона, закон электромагнитной индукции. Системы единиц измерения физических величин. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца /Ср/ | 6 | 30 | 0 |
| 2.8 | Стационарное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла для стационарного электромагнитного поля в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия для векторов стационарного электромагнитного поля. Энергия стационарного электромагнитного поля. Теорема об однозначности решения уравнений стационарного электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы стационарного электромагнитного поля. Условия калибровки. Уравнения Лапласа и Пуассона для векторов стационарного электромагнитного поля /Ср/ | 6 | 30 | 0 |
| 2.9 | Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность электромагнитных полей. Условия калибровки: кулоновская калибровка и калибровка Лоренца. Уравнения Лапласа, Пуассона и Даламбера для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля. Методы решения задач для переменного электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле в четырехмерной форме. Лагранжиан и действие для переменного электромагнитного поля. Вывод уравнений Максвелла с помощью вариационных принципов /Ср/ | 6 | 30 | 0 |
| 2.10 | Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. 4-потенциал электромагнитного поля. Электромагнитные волны в веществе. Формула Максвелла. Электромагнитная природа света. Монохроматическая плоская электромагнитная волна. Отражение и преломление электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитной волны. Спектральное разложение. Частично поляризованный свет. | 6 | 30 | 0 |
| 2.11 | Геометрическая оптика. Пределы применимости геометрической оптики. Излучение электромагнитных волн. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле системы зарядов на далеких расстояниях от нее. Дипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Торможение излучением. Рассеяние заряженных частиц /Ср/ | 6 | 10 | 0 |
| | **Раздел 3. Квантовая механика** | | | |
| 3.1 | Введение в квантовую механику и основные положения квантовой механики /Лек/ | 7 | 4 | 0 |
| 3.2 | Введение в квантовую механику /Пр/ | 7 | 2 | 0 |
| 3.3 | Физические основы квантовой механики /Пр/ | 7 | 4 | 2 |
| 3.4 | Основные положения квантовой механики. Квантовомеханические приложения /Пр/ | 7 | 4 | 2 |
| 3.5 | Основные этапы развития идей квантовой механики. Квантовые свойства электромагнитного излучения. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Дэвиссона и Джермера. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля. Дифракционный опыт с двумя щелями /Ср/ | 7 | 30 | 0 |
| 3.6 | Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции состояний. Соотношения неопределенностей. Граница применимости классического способа описания явлений /Ср/ | 7 | 30 | 0 |
| 3.7 | Представление физических величин операторами. Постулат о спектре возможных значений физической величины. Постулат о распределении вероятностей по спектру значений физической величины. Описание состояний системы в квантовой | 7 | 40 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | механике. Полный квантовомеханический набор. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике. Спин элементарных частиц. Операторы спина /Ср/ | | | |
| 3.8 | Квантовая механика системы частиц. Волновая функция системы. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева /Ср/ | 7 | 30 | 0 |
| | **Раздел 4. Физика элементарных частиц** | | | |
| 4.1 | Физика элементарных частиц /Лек/ | 8 | 2 | 0 |
| 4.2 | Введение в физику элементарных частиц. Классификация взаимодействий и частиц /Пр/ | 8 | 2 | 2 |
| 4.3 | Принципы симметрии /Пр/ | 8 | 2 | 0 |
| 4.3 | Основы современной физики высоких энергий /Пр/ | 8 | 2 | 0 |
| 4.4 | Физика микромира и ее современное состояние. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странные и очарованные частицы. Классификация частиц по времени жизни: стабильные частицы, квазистабильные и резонансы. Античастицы. Теории Дирака и Фейнмана. Открытие позитрона и антипротона /Ср/ | 8 | 30 | 0 |
| 4.5 | Законы сохранения и симметрии. Пространственные и внутренние симметрии. Точные внутренние законы сохранения: законы сохранения электрического барионного и лептонных зарядов. Неточные законы сохранения. Изосимметрия и изомультиплеты. Закон сохранения изоспина. Унитарная симметрия. Супермультиплеты /Ср/ | 8 | 20 | 0 |
| 4.6 | Лептоны и кварки как фундаментальные частицы. Кварковая структура барионов и мезонов. Квантовые процессы. Характеристики квантовых процессов. Вероятность распада и среднее время жизни частицы. Эффективное поперечное сечение реакции. Эволюция квантовой системы. Оператор эволюции. Амплитуда вероятности переходов. Квантовая теория взаимодействия частиц. Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана. Обменный механизм взаимодействий. Эффективный радиус. Квантовая электродинамика. Фотон как квант электромагнитного взаимодействия. Калибровочная инвариантность теории. Безмассовость фотона /Ср/ | 8 | 30 | 0 |
| 4.7 | Сильные взаимодействия. Теория ядерных сил Юкавы. Квантовая хромодинамика. Глюоны как кванты сильного взаимодействия. Невылетание кварков из адрона. Слабые взаимодействия. Характерные особенности слабых процессов. Теория слабого взаимодействия Ферми. Унификация электромагнитных и слабых взаимодействий. Теория электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама-Глэшоу. Открытие квантов слабого взаимодействия. Стандартная модель. Калибровочные симметрии. Механизм Хиггса. Поиски единой теории фундаментальных взаимодействий. Проблема стабильности протона. Барионная асимметрия Вселенной /Ср/ | 8 | 20 | 0 |
| | **Раздел 5. Электронная теория. Ядерная физика** | | | |
| 5.1 | Теория кристаллической решетки. Зонная теория кристаллов. Статистика носителей зарядов. Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение /Лек/ | 9 | 2 | 0 |
| 5.2 | Сверхпроводимость. Физика атомного ядра /Лек/ | 9 | 2 | 0 |
| 5.3 | Теория кристаллической решетки. Зонная теория кристаллов. Статистика носителей зарядов /Пр/ | 9 | 2 | 2 |
| 5.4 | Кинетические явления в кристаллах /Пр/ | 9 | 2 | 0 |
| 5.5 | Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение /Пр/ | 9 | 2 | 0 |
| 5.6 | Сверхпроводимость Физика атомного ядра /Пр/ | 9 | 2 | 2 |
| 5.7 | Введение в физику фундаментальных взаимодействий /Пр/ | 9 | 2 | 0 |
| 5.8 | Квантовомеханическая теория атома. Пути построения квантовой теории атома. Атом Резерфорда, его неустойчивость. Боровская теория атома водорода. Уравнение Шредингера для частицы в центральном поле. Условия существования физического решения уравнения Шредингера для водородоподобного атома. Уровни энергии, главное квантовое число. Вероятность пространственного распределения электрона в атоме. Азимутальное и магнитное квантовые числа. Излучение водородоподобного атома. Момент импульса фотона. Правила отбора. Формула Бальмера и основные спектральные серии. Спин электрона. Бозоны и фермионы. Правило сложения механических моментов. Гиромагнитное отношение для орбитального и спинового моментов. Результирующий магнитный момент. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий. Постоянная тонкой структуры. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные слои и оболочки. Электронная конфигурация многоэлектронных атомов и периодическая система элементов. Правила отбора при излучении многоэлектронных атомов. Классические модели поляризации и проводимости. Проводимость металлов. Электрический ток в плазме. Элементы физики газовых разрядов. Типы связей | 9 | 20 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | атомов в твердых телах. Расщепление энергетических уровней во взаимодействующих системах атомов /Ср/ | | | |
| 5.9 | Модель двухатомной цепочки с потенциальным рельефом прямоугольной формы. Образование энергетических зон. Дисперсионные кривые для свободного электрона и электрона в кристалле. Понятие эффективной массы. Квазичастицы. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контакт двух вырожденных полупроводников. Принцип действия полупроводникового лазера. Сверхтекучесть: квантовая модель и двухжидкостная феноменология. Основные понятия теории сверхпроводимости. Лептоны и адроны. Нуклоны. Понятие изоспина. Энергия связи в ядре. Виды ядерных реакций и их оценочная энергетика. Реакция деления. Проблема разделения изотопов. Капельная и оболочечная модели ядра. Формула Вейцзеккера. Магические числа. Проблема долгоживущих сверхтяжелых элементов /Ср/ | 9 | 20 | 0 |
| 5.10 | Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сравнительная оценка проникающей способности различных видов радиации. Единицы измерений в радиационной физике. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы. Элементы радиационной культуры. Энергия отдачи при излучении кванта. Ядерный гамма-резонанс без отдачи. Применения ЯГР. Измерение сверхмалых частотных сдвигов. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики. Принципы симметрии в микромире. Несохранение Р-четности. Спиральность частиц. Фундаментальность СРТ-симметрии. Основные представления квантовой электродинамики и ее группа симметрии. Партонная модель нуклонов. Схема сильного взаимодействия между адронами. Валентные и морские кварки. Асимптотическая свобода и конфайнмент кварков. Изоспин, странность, чарм, прелесть в квантовой хромодинамике. Элементарная схема слабого взаимодействия. Электрослабое взаимодействие и его группа симметрии. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи. Обзор фундаментальных взаимодействий по константе связи. Начальный этап эволюции Вселенной /Ср/ | 9 | 30 | 0 |
| 5.11 | Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сравнительная оценка проникающей способности различных видов радиации. Единицы измерений в радиационной физике. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы. Элементы радиационной культуры. Энергия отдачи при излучении кванта. Ядерный гамма-резонанс без отдачи. Применения ЯГР. Измерение сверхмалых частотных сдвигов. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики. Принципы симметрии в микромире. Несохранение Р-четности. Спиральность частиц. Фундаментальность СРТ-симметрии. Основные представления квантовой электродинамики и ее группа симметрии. Партонная модель нуклонов. Схема сильного взаимодействия между адронами. Валентные и морские кварки. Асимптотическая свобода и конфайнмент кварков. Изоспин, странность, чарм, прелесть в квантовой хромодинамике. Элементарная схема слабого взаимодействия. Электрослабое взаимодействие и его группа симметрии. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи. Обзор фундаментальных взаимодействий по константе связи. Начальный этап эволюции Вселенной /Ср/ | 9 | 30 | 0 |
| 5.12 | Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сравнительная оценка проникающей способности различных видов радиации. Единицы измерений в радиационной физике. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы. Элементы радиационной культуры. Энергия отдачи при излучении кванта. Ядерный гамма-резонанс без отдачи. Применения ЯГР. Измерение сверхмалых частотных сдвигов. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики. Принципы симметрии в микромире. Несохранение Р-четности. Спиральность частиц. Фундаментальность СРТ-симметрии. Основные представления квантовой электродинамики и ее группа симметрии. Партонная модель нуклонов. Схема сильного взаимодействия между адронами. Валентные и морские кварки. Асимптотическая свобода и конфайнмент кварков. Изоспин, странность, чарм, прелесть в квантовой хромодинамике. Элементарная схема слабого взаимодействия. Электрослабое взаимодействие и его группа симметрии. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи. Обзор | 9 | 30 | 0 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | фундаментальных взаимодействий по константе связи. Начальный этап эволюции Вселенной /Ср/ | | | |

**5. Оценочные и методические материалы по дисциплине (модулю)**

**5.1. Содержание аудиторной работы по дисциплине (модулю)**

**5 семестр, 2 лекции, 5 практических занятий**

**Раздел 1. Классическая механика и теория относительности**

Лекция № 1-2 (4 часа)

Введение в классическую механику. Кинематика точки. Уравнения движения. Законы сохранения. Малые колебания. Основные положения специальной теории относительности. Релятивистская механика

Вопросы и задания:

1. Основные этапы развития идей классической механики.
2. Достижения российских и зарубежных (Галилея, Ньютона, Жуковского, Циолковского, Мещерского и др.) ученых.
3. Решение задач на нахождение скорости, ускорения и радиуса кривизны траектории материальной точки.
4. Решение задач на нахождение скорости, ускорения и радиуса кривизны траектории материальной точки.
5. Интегрирование второго закона Ньютона.
6. Решение задач на применение второго закона Ньютона.
7. Интегрирование уравнений движения.
8. Решение задач по динамике материальной точки.
9. Решение задач на интегрирование уравнений одномерного движения с учетом силы сопротивления.
10. Решение задач по динамике движения тел на плоскости.

Практическое занятие № 1-5 (10 часов)

Введение в классическую механику. Кинематика точки. Уравнения движения. Законы сохранения. Малые колебания. Основные положения специальной теории относительности. Релятивистская механика

Вопросы и задания:

1. Теорема Нетер.
2. Закон сохранения энергии.
3. Закон сохранения импульса.
4. Закон сохранения момента импульса.
5. Свободные одномерные колебания.
6. Вынужденные колебания.
7. Решение задач на колебательное движение (пружинный маятник).
8. Решение задач на колебательное движение (математический маятник).
9. Принципы специальной теории относительности.
10. Преобразования Лоренца.
11. Скорость распространения взаимодействий.
12. Интервал.
13. Собственное время.
14. Собственная длина.
15. Решение задач по релятивистской кинематике.
16. Решение задач по релятивистской динамике.
17. Четырехмерные векторы.
18. Распад частиц.
19. Упругие столкновения частиц.

**6 семестр, 2 лекции, 5 практических занятий**

**Раздел 2. Электродинамика**

Лекция № 1 (2 часа)

Введение в электродинамику. Физические основы электродинамики. Основные понятия электродинамики. Стационарное электромагнитное поле. Потенциалы и тензор электромагнитного поля

Введение в электродинамику. Физические основы электродинамики.

Вопросы и задания:

1. Основные этапы развития электродинамики.
2. Вклад российских и зарубежных ученых (Лачинов, Лебедев, Ленц, Папалекси, Мандельштам, Попов, Петрушевский, Тамм, Умов, Яблочков, Якоби и др.) в развитие электродинамики.
3. Основные части и структура классической электродинамики. Основные понятия электродинамики. Физические характеристики электромагнитного поля и их единицы измерения.
4. Геометрические характеристики силового поля: силовые линии, эквипотенциальные поверхности. Два вида силовых полей. Уравнения Максвелла.

Основные понятия электродинамики. Стационарное электромагнитное поле. Потенциалы и тензор электромагнитного поля

Вопросы и задания:

1. Электрический заряд и электрический ток. Свойства электрического заряда: аддитивность, дискретность, инвариантность. Плотность электрического заряда. Электрический ток и его характеристики: сила тока, вектор плотность тока. Линии тока, трубки тока и струи тока.

2. Закон сохранения электрического заряда в интегральной и дифференциальной форме. Единицы измерения заряда и силы тока. Система единиц СИ. Гауссова система единиц.
3. Классификация электромагнитных полей. Электростатическое, стационарное и переменное электромагнитные поля. Квазистатическое и квазистационарное поля. Критерий квазистационарности поля. Микро- и макро-поля.
4. Макроскопическая электродинамика Максвелла, классическая электронная теория Лоренца и квантовая электродинамика Дирака.
5. Электростатика: Уравнение Пуассона, функция Грина, закон Кулона. Разложение потенциала электростатического поля по мультиполям. Энергия системы зарядов во внешнем поле. Проблема локализации энергии в электростатическом поле.
6. Электрическое поле в веществе. Свободные и связанные заряды. Вектор поляризации диэлектрика. Вектор электрического смещения. Диэлектрическая восприимчивость и диэлектрическая проницаемость.
7. Вещественное уравнение в однородном и изотропном диэлектрике. Тензор диэлектрической проницаемости.
8. Уравнения Максвелла для электростатического поля в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия для векторов поля. Решение задач электростатики с помощью электростатической теоремы Гаусса-Остроград¬ского. Потенциал электростатического поля, его свойства, физический смысл и единицы измерения. Уравнения Лапласа и Пуассона.

Лекция № 2 (2 часа)

Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. Электромагнитные волны

Вопросы и задания:

1. 4-векторы и 4-тензоры. Четырехмерный потенциал. Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в ковариантной форме.
2. Закон преобразования компонент электромагнитного поля.
3. Волновое уравнение для полей и потенциалов и его решение, поперечность электромагнитных волн, вектор Пойнтинга.
4. Плоские монохроматические волны, поляризация.

Практическое занятие № 1 (2 часа)

Основные понятия электродинамики

Вопросы и задания:

1. Основные этапы развития электродинамики.
2. Вклад российских и зарубежных ученых (Лачинов, Лебедев, Ленц, Папалекси, Мандельштам, Попов, Петрушевский, Тамм, Умов, Яблочков, Якоби и др.) в развитие электродинамики.
3. Электрический заряд.
4. Электрический ток.
5. Электрический диполь.
6. Дипольный момент.
7. Дипольный момент электрического тока.
8. Электрическая и магнитная напряженности.
9. Векторы магнитной индукции и электрического смещения.
10. Поток электрического и магнитного поля.
11. Электрические и магнитные силовые линии.
12. Электростатический потенциал.
13. Падение напряжения.
14. Сопротивление проводника и закон Ома.
15. Закон Кулона, закон электромагнитной индукции.
16. Системы единиц измерения физических величин.
17. Электродвижущая сила.
18. Закон Джоуля-Ленца.

Практическое занятие № 2 (2 часа)

Стационарное электромагнитное поле

Вопросы и задания:

1. Уравнения Максвелла для стационарного электромагнитного поля в дифференциальной и интегральной форме.
2. Граничные условия для векторов стационарного электромагнитного поля.
3. Энергия стационарного электромагнитного поля.
4. Теорема об однозначности решения уравнений стационарного электромагнитного поля.
5. Скалярный и векторный потенциалы стационарного электромагнитного поля.
6. Условия калибровки.
7. Уравнение Лапласа для векторов стационарного электромагнитного поля.
8. Уравнение Пуассона для векторов стационарного электромагнитного поля

Практическое занятие № 3 (2 часа)

Потенциалы и тензор электромагнитного поля

Вопросы и задания:

1. Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля.
2. Калибровочная инвариантность электромагнитных полей.
3. Условия калибровки: кулоновская калибровка и калибровка Лоренца.
4. Уравнения Лапласа, Пуассона и Даламбера для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля.
5. Методы решения задач для переменного электромагнитного поля.
6. Тензор электромагнитного поля.

Практическое занятие № 4-5 (4 часа)

Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны

Вопросы и задания:

1. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме.
2. Уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле в четырехмерной форме.
3. Лагранжиан и действие для переменного электромагнитного поля.
4. Вывод уравнений Максвелла с помощью вариационных принципов.
5. Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме.
6. 4-потенциал электромагнитного поля.
1. Электромагнитные волны в веществе. Формула Максвелла.
2. Электромагнитная природа света.
3. Монохроматическая плоская электромагнитная волна.
4. Отражение и преломление электромагнитных волн.
5. Энергия и импульс электромагнитной волны.

**7 семестр, 2 лекции, 5 практических занятий**

**Раздел 3. Квантовая механика**

Лекция № 1-2 (4 часа)

Введение в квантовую механику и основные положения квантовой механики

Вопросы и задания:

1. Основные этапы развития идей квантовой механики.
2. Достижения российских и зарубежных (Эйнштейна, Комптона, де Бройля, Дэвиссона, Джермера, Бора, Паули, Шредингера и др.) ученых.
3. Квантовые свойства электромагнитного излучения.
4. Волновые свойства частиц.
5. Волновая функция состояния частицы.
6. Граница применимости классического способа описания явлений.
7. Представление физических величин операторами.
8. Постулат о спектре возможных значений физической величины.
9. Постулат о распределении вероятностей по спектру значений физической величины.
10. Описание состояний системы в квантовой механике.
11. Полный квантовомеханический набор.
12. Уравнение Шредингера.
13. Принцип причинности в квантовой механике.
14. Спин элементарных частиц. Операторы спина.
15. Квантовая механика системы частиц. Волновая функция системы.
16. Бозоны и фермионы.
17. Принцип Паули.
18. Периодическая система элементов Менделеева.

Практическое занятие № 1 (2 часа)

Введение в квантовую механику

Вопросы и задания:

1. Основные этапы развития идей квантовой механики.
2. Достижения российских и зарубежных (Эйнштейна, Комптона, де Бройля, Дэвиссона, Джермера, Бора, Паули, Шредингера и др.) ученых.

Практическое занятие № 2-3 (4 часа)

Физические основы квантовой механик и

Вопросы и задания:

1. Квантовые свойства электромагнитного излучения.
2. Фотоэлектрический эффект.
3. Уравнение Эйнштейна.
4. Эффект Комптона.
5. Гипотеза де Бройля.
6. Волновые свойства частиц.
7. Опыты Дэвиссона и Джермера.
8. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля.
9. Дифракционный опыт с двумя щелями.
10. Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции.
11. Принцип суперпозиции состояний.
12. Соотношения неопределенностей.
13. Граница применимости классического способа описания явлений.

Практическое занятие № 4-5 (4 часа)

Основные положения квантовой механики. Квантовомеханические приложения

Вопросы и задания:

1. Представление физических величин операторами.
2. Постулат о спектре возможных значений физической величины.
3. Постулат о распределении вероятностей по спектру значений физической величины.
4. Описание состояний системы в квантовой механике.

5. Полный квантовомеханический набор.
6. Уравнение Шредингера.
7. Принцип причинности в квантовой механике.
8. Спин элементарных частиц.
9. Операторы спина.
10. Квантовая механика системы частиц.
11. Волновая функция системы.
12. Бозоны и фермионы.
13. Принцип Паули.
14. Периодическая система элементов Менделеева.

**8 семестр, 1 лекция, 3 практических занятия**

**Раздел 4. Физика элементарных частиц**

Лекция № 1 (2 часа)

Физика элементарных частиц

Вопросы и задания:

1. Физика микромира и ее современное состояние.
2. Достижения российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики высоких энергий.
3. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики.
4. Классификация адронов.
5. Барионы и мезоны.
6. Странные и очарованные частицы.
7. Классификация частиц по времени жизни: стабильные частицы, квазистабильные и резонансы.
8. Античастицы. Теории Дирака и Фейнмана. Открытие позитрона и антипротона.
9. Законы сохранения и симметрии.
10. Пространственные и внутренние симметрии.
11. Точные внутренние законы сохранения: законы сохранения электрического барионного и лептонных зарядов.
12. Неточные законы сохранения.
13. Изосимметрия и изомультиплеты. Закон сохранения изоспина.
14. Унитарная симметрия. Супермультиплеты.
15. Лептоны и кварки как фундаментальные частицы.
16. Кварковая структура барионов и мезонов.
17. Лептоны и кварки как фундаментальные частицы.
18. Кварковая структура барионов и мезонов.

Практическое занятие № 1 (2 часа)

Введение в физику элементарных частиц. Классификация взаимодействий и частиц

Вопросы и задания:

1. Физика микромира и ее современное состояние.
2. Достижения российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики высоких энергий.
3. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики.
4. Классификация адронов.
5. Барионы и мезоны.
6. Странные и очарованные частицы.
7. Классификация частиц по времени жизни: стабильные частицы, квазистабильные и резонансы.
8. Античастицы. Теории Дирака и Фейнмана. Открытие позитрона и антипротона.

Практическое занятие № 2 (2 часа)

Принципы симметрии

Вопросы и задания:

1. Законы сохранения и симметрии.
2. Пространственные и внутренние симметрии.
3. Точные внутренние законы сохранения: законы сохранения электрического барионного и лептонных зарядов.
4. Неточные законы сохранения.
5. Изосимметрия и изомультиплеты. Закон сохранения изоспина.
6. Унитарная симметрия. Супермультиплеты.

Практическое занятие № 3 (2 часа)

Основы современной физики высоких энергий

Вопросы и задания:

1. Лептоны и кварки как фундаментальные частицы.
2. Кварковая структура барионов и мезонов.
3. Квантовые процессы.
4. Характеристики квантовых процессов.
5. Вероятность распада и среднее время жизни частицы.
6. Эффективное поперечное сечение реакции.
7. Квантовая теория взаимодействия частиц.
8. Теория возмущений.
9. Диаграммы Фейнмана.

10. Обменный механизм взаимодействий.
11. Эффективный радиус.
12. Квантовая электродинамика.
13. Фотон как квант электромагнитного взаимодействия.
14. Сильные взаимодействия.
15. Теория ядерных сил Юкавы.
16. Квантовая хромодинамика.
17. Глюоны как кванты сильного взаимодействия.
18. Невылетание кварков из адрона.
19. Слабые взаимодействия.
20. Характерные особенности слабых процессов.
21. Теория слабого взаимодействия Ферми.
22. Унификация электромагнитных и слабых взаимодействий. Теория электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама-Глэшоу.
23. Открытие квантов слабого взаимодействия. Стандартная модель.
24. Калибровочные симметрии. Механизм Хиггса.

**9 семестр, 2 лекции, 5 практических занятий**

**Раздел 5. Электронная теория. Ядерная физика**

Лекция № 1 (2 часа)

Теория кристаллической решетки. Зонная теория кристаллов. Статистика носителей зарядов. Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение

Теория кристаллической решетки. Зонная теория кристаллов. Статистика носителей зарядов

Вопросы и задания:

1. Физические основы квантовой теории.
2. Соотношения неопределенности. Оценка размера атома.
3. Измерения в классической и квантовой физике. Роль измерительного прибора.
4. Квантовомеханическая теория атома.
5. Уравнение Шредингера для частицы в центральном поле.
6. Уровни энергии, квантовые число.
7. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули.
8. Элементы квантовой статистики.
9. Фотонный газ.
10. Плотность квантовых состояний и их средняя заселенность.
11. Вывод формулы Бозе-Эйнштейна.
12. Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми

Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение

Вопросы и задания:

1. Классические модели поляризации и проводимости.
2. Образование энергетических зон в диэлектриках и полупроводниках.

Лекция № 2 (2 часа)

Сверхпроводимость. Физика атомного ядра

Вопросы и задания:

1. Сверхтекучесть: квантовая модель и двухжидкостная феноменология.
2. Основные понятия теории сверхпроводимости.
3. Лептоны и адроны. Нуклоны.
4. Энергия связи в ядре.
5. Виды ядерных реакций и их оценочная энергетика.
6. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков.
7. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики.
8. Принципы симметрии в микромире.

Практическое занятие № 1 (2 часа)

Теория кристаллической решетки. Зонная теория кристаллов. Статистика носителей зарядов

Вопросы и задания:

1. Излучение абсолютно черного тела. Ультрафиолетовая катастрофа. Гипотеза Планка. Кванты света.
2. Волновые свойства вещества. Волны де-Бройля, их параметры. Опыт Дэвиссона и Джермера.
3. Корпускулярно-волновой дуализм.
4. Статистический смысл волновой функции.
5. Соотношения неопределенности.
6. Оценка размера атома.
7. Пути построения квантовой теории атома.
8. Атом Резерфорда, его неустойчивость.
9. Боровская теория атома водорода.
10. Условия существования физического решения уравнения Шредингера для водородоподобного атома.
11. Квантовые числа.
12. Излучение водородоподобного атома.
13. Формула Бальмера и основные спектральные серии.
14. Многоэлектронные атомы.

15. Принцип Паули. Электронные слои и оболочки.
16. Электронная конфигурация многоэлектронных атомов и периодическая система элементов.
17. Элементы квантовой статистики. Фотонный газ.
18. Плотность квантовых состояний и их средняя заселенность.

Практическое занятие №2 (2 часа)

Кинетические явления в кристаллах

Вопросы и задания:

1. Вывод формулы Бозе-Эйнштейна. Связь спина и статистики.
2. Формула Планка и классическая формула Рэлея-Джинса.
3. Химический потенциал.
4. Распределение Ферми-Дирака. Уровень Ферми.

Практическое занятие №3 (2 часа)

Поляризация диэлектриков. Магнитное упорядочение

Вопросы и задания:

1. Классические модели поляризации и проводимости.
2. Проводимость металлов.
3. Электрический ток в плазме.
4. Элементы физики газовых разрядов.
5. Типы связей атомов в твердых телах.
6. Расщепление энергетических уровней во взаимодействующих системах атомов.
1. Образование энергетических зон.
2. Дисперсионные кривые для свободного электрона и электрона в кристалле.
3. Понятие эффективной массы.
4. Квазичастицы.

Практическое занятие №4 (2 часа)

Сверхпроводимость. Физика атомного ядра

Вопросы и задания:

1. Сверхтекучесть: квантовая модель и двухжидкостная феноменология.
2. Основные понятия теории сверхпроводимости.
1. Лептоны и адроны. Нуклоны.
2. Понятие изоспина.
3. Энергия связи в ядре.
4. Виды ядерных реакций и их оценочная энергетика.
5. Реакция деления. Проблема разделения изотопов.
6. Капельная и оболочечная модели ядра.
7. Проблема долгоживущих сверхтяжелых элементов.
8. Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации.
9. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада.

Практическое занятие №5 (2 часа)

Введение в физику фундаментальных взаимодействий

Вопросы и задания:

1. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики.
2. Принципы симметрии в микромире.
3. Несохранение Р-четности.
4. Фундаментальность CPT-симметрии.
5. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи.
6. Обзор фундаментальных взаимодействий по константе связи.
7. Начальный этап эволюции Вселенной.

**5.2. Содержание самостоятельной работы по дисциплине (модулю)**

**Содержание обязательной самостоятельной работы по дисциплине**

| № п/п | Темы дисциплины | Содержание самостоятельной работы | Продукты деятельности |
|---|---|---|---|
| 1 | Кинематика материальной точки в декартовых координатах. Интегрирование второго закона Ньютона. Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной частицы. | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 2 | Функция Лагранжа системы частиц. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Соприкосновение твердых тел. Движение в неинерциальной системе отсчета | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 3 | Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Одномерное движение. Приведенная масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача. Уравнения Гамильтона. Уравнения Гамильтона-Якоби /Ср/ | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 4 | | Ведение конспекта лекции | Конспект |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Адиабатические инварианты. Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебания систем со многими степенями свободы. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Параметрический резонанс. Ангармонические колебания | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 5 | Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Энергия и импульс. Четырехмерный импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 6 | Основные понятия электродинамики: электрический заряд, электрический ток, электрический диполь, дипольный момент, дипольный момент электрического тока. Электрические и магнитные мультиполи. Электрическая и магнитная напряженности. Векторы магнитной индукции и электрического смещения. Поток электрического и магнитного поля. Электрические и магнитные силовые линии. Электростатический потенциал. Падение напряжения. Сопротивление проводника и закон Ома. Закон Кулона, закон электромагнитной индукции. Системы единиц измерения физических величин. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 7 | Стационарное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла для стационарного электромагнитного поля в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия для векторов стационарного электромагнитного поля. Энергия стационарного электромагнитного поля. Теорема об однозначности решения уравнений стационарного электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы стационарного электромагнитного поля. Условия калибровки. Уравнения Лапласа и Пуассона для векторов стационарного электромагнитного поля | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 8 | Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность электромагнитных полей. Условия калибровки: кулоновская калибровка и калибровка Лоренца. Уравнения Лапласа, Пуассона и Даламбера для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля. Методы решения задач для переменного электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле в четырехмерной форме. Лагранжиан и действие для переменного электромагнитного поля. Вывод уравнений Максвелла с помощью вариационных принципов | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 9 | Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. 4-потенциал электромагнитного поля. Электромагнитные волны в веществе. Формула Максвелла. Электромагнитная природа света. Монохроматическая плоская электромагнитная волна. Отражение и преломление электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитной волны. Спектральное разложение. Частично поляризованный свет. Геометрическая оптика. Пределы применимости геометрической оптики. Излучение электромагнитных волн. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле системы зарядов на далеких расстояниях от нее. Дипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Торможение излучением. Рассеяние заряженных частиц | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 10 | Основные этапы развития идей квантовой механики. Квантовые свойства электромагнитного излучения. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Дэвиссона и Джермера. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля. Дифракционный опыт с двумя щелями | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 11 | Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | состояний. Соотношения неопределенностей. Граница применимости классического способа описания явлений | | |
| 12 | Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции состояний. Соотношения неопределенностей. Граница применимости классического способа описания явлений | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 13 | Представление физических величин операторами. Постулат о спектре возможных значений физической величины. Постулат о распределении вероятностей по спектру значений физической величины. Описание состояний системы в квантовой механике. Полный квантовомеханический набор. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике. Спин элементарных частиц. Операторы спина | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 14 | Физика микромира и ее современное состояние. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странные и очарованные частицы. Классификация частиц по времени жизни: стабильные частицы, квазистабильные и резонансы. Античастицы. Теории Дирака и Фейнмана. Открытие позитрона и антипротона | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 15 | Законы сохранения и симметрии. Пространственные и внутренние симметрии. Точные внутренние законы сохранения: законы сохранения электрического барионного и лептонных зарядов. Неточные законы сохранения. Изосимметрия и изомультиплеты. Закон сохранения изоспина. Унитарная симметрия. Супермультиплеты | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 16 | Лептоны и кварки как фундаментальные частицы. Кварковая структура барионов и мезонов. Квантовые процессы. Характеристики квантовых процессов. Вероятность распада и среднее время жизни частицы. Эффективное поперечное сечение реакции. Эволюция квантовой системы. Оператор эволюции. Амплитуда вероятности переходов. Квантовая теория взаимодействия частиц. Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана. Обменный механизм взаимодействий. Эффективный радиус. Квантовая электродинамика. Фотон как квант электромагнитного взаимодействия. Калибровочная инвариантность теории. Безмассовость фотона | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 17 | Сильные взаимодействия. Теория ядерных сил Юкавы. Квантовая хромодинамика. Глюоны как кванты сильного взаимодействия. Невылетание кварков из адрона. Слабые взаимодействия. Характерные особенности слабых процессов. Теория слабого взаимодействия Ферми. Унификация электромагнитных и слабых взаимодействий. Теория электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама-Глэшоу. Открытие квантов слабого взаимодействия. Стандартная модель. Калибровочные симметрии. Механизм Хиггса. Поиски единой теории фундаментальных взаимодействий. Проблема стабильности протона. Барионная асимметрия Вселенной | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Подготовка к практической работе | Конспект; ответ по теории работы |
| 18 | Квантовомеханическая теория атома. Пути построения квантовой теории атома. Атом Резерфорда, его неустойчивость. Боровская теория атома водорода. Уравнение Шредингера для частицы в центральном поле. Условия существования физического решения уравнения Шредингера для водородоподобного атома. Уровни энергии, главное квантовое число. Вероятность пространственного распределения электрона в атоме. Азимутальное и магнитное квантовые числа. Излучение водородоподобного атома. Момент импульса фотона. Правила отбора. Формула Бальмера и основные спектральные серии. Спин электрона. Бозоны и фермионы. Правило сложения механических моментов. Гиромагнитное отношение для орбитального и спинового моментов. Результирующий магнитный момент. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий. Постоянная тонкой структуры. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные слои и оболочки. Электронная конфигурация многоэлектронных атомов и периодическая система элементов. | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Выполнение домашнего задания (конспекта) | Домашнее задание (конспект) |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Правила отбора при излучении многоэлектронных атомов. Классические модели поляризации и проводимости. Проводимость металлов. Электрический ток в плазме. Элементы физики газовых разрядов. Типы связей атомов в твердых телах. Расщепление энергетических уровней во взаимодействующих системах атомов | | |
| 19 | Модель двухатомной цепочки с потенциальным рельефом прямоугольной формы. Образование энергетических зон. Дисперсионные кривые для свободного электрона и электрона в кристалле. Понятие эффективной массы. Квазичастицы. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контакт двух вырожденных полупроводников. Принцип действия полупроводникового лазера. Сверхтекучесть: квантовая модель и двухжидкостная феноменология. Основные понятия теории сверхпроводимости.<br>Лептоны и адроны. Нуклоны. Понятие изоспина. Энергия связи в ядре. Виды ядерных реакций и их оценочная энергетика. Реакция деления. Проблема разделения изотопов. Капельная и оболочечная модели ядра. Формула Вейцзеккера. Магические числа. Проблема долгоживущих сверхтяжелых элементов | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Выполнение домашнего задания (конспекта) | Домашнее задание (конспект) |
| 20 | Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сравнительная оценка проникающей способности различных видов радиации. Единицы измерений в радиационной физике. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы. Элементы радиационной культуры. Энергия отдачи при излучении кванта. Ядерный гамма-резонанс без отдачи. Применения ЯГР. Измерение сверхмалых частотных сдвигов. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики. Принципы симметрии в микромире. Несохранение Р-четности. Спиральность частиц. Фундаментальность CPT-симметрии. Основные представления квантовой электродинамики и ее группа симметрии. Партонная модель нуклонов. Схема сильного взаимодействия между адронами. Валентные и морские кварки. Асимптотическая свобода и конфайнмент кварков. Изоспин, странность, чарм, прелесть в квантовой хромодинамике. Элементарная схема слабого взаимодействия. Электрослабое взаимодействие и его группа симметрии. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи. Обзор фундаментальных взаимодействий по константе связи. Начальный этап эволюции Вселенной | Ведение конспекта лекции | Конспект |
| | | Выполнение домашнего задания (конспекта) | Домашнее задание (конспект) |

**Содержание самостоятельной работы по дисциплине на выбор**

| № п/п | Темы дисциплины | Содержание самостоятельной работы | Продукты деятельности |
|---|---|---|---|
| 1 | Кинематика материальной точки в декартовых координатах. Интегрирование второго закона Ньютона. Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной частицы. | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 2 | Функция Лагранжа системы частиц. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Соприкосновение твердых тел. Движение в неинерциальной системе отсчета | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 3 | Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Одномерное движение. Приведенная масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача. Уравнения Гамильтона. Уравнения Гамильтона-Якоби | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | Адиабатические инварианты. Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебания систем со многими степенями свободы. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Параметрический резонанс. Ангармонические колебания | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 5 | Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Энергия и импульс. Четырехмерный импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 6 | Основные понятия электродинамики: электрический заряд, электрический ток, электрический диполь, дипольный момент, дипольный момент электрического тока. Электрические и магнитные мультиполи. Электрическая и магнитная напряженности. Векторы магнитной индукции и электрического смещения. Поток электрического и магнитного поля. Электрические и магнитные силовые линии. Электростатический потенциал. Падение напряжения. Сопротивление проводника и закон Ома. Закон Кулона, закон электромагнитной индукции. Системы единиц измерения физических величин. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 7 | Стационарное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла для стационарного электромагнитного поля в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия для векторов стационарного электромагнитного поля. Энергия стационарного электромагнитного поля. Теорема об однозначности решения уравнений стационарного электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы стационарного электромагнитного поля. Условия калибровки. Уравнения Лапласа и Пуассона для векторов стационарного электромагнитного поля | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 8 | Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность электромагнитных полей. Условия калибровки: кулоновская калибровка и калибровка Лоренца. Уравнения Лапласа, Пуассона и Даламбера для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля. Методы решения задач для переменного электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле в четырехмерной форме. Лагранжиан и действие для переменного электромагнитного поля. Вывод уравнений Максвелла с помощью вариационных принципов | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 9 | Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. 4-потенциал электромагнитного поля. Электромагнитные волны в веществе. Формула Максвелла. Электромагнитная природа света. Монохроматическая плоская электромагнитная волна. Отражение и преломление электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитной волны. Спектральное разложение. Частично поляризованный свет. Геометрическая оптика. Пределы применимости геометрической оптики. Излучение электромагнитных волн. Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле системы зарядов на далеких расстояниях от нее. Дипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Торможение излучением. Рассеяние заряженных частиц | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 8 | Основные этапы развития идей квантовой механики. Квантовые свойства электромагнитного излучения. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Опыты Дэвиссона и Джермера. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля. Дифракционный опыт с двумя щелями | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 10 | Основные этапы развития идей квантовой механики. Квантовые свойства электромагнитного излучения. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Дэвиссона и Джермера. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля. Дифракционный опыт с двумя щелями | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 11 | Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции состояний. Соотношения неопределенностей. Граница применимости классического способа описания явлений | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 12 | Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции состояний. Соотношения неопределенностей. Граница применимости классического способа описания явлений | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 13 | Представление физических величин операторами. Постулат о спектре возможных значений физической величины. Постулат о распределении вероятностей по спектру значений физической величины. Описание состояний системы в квантовой механике. Полный квантовомеханический набор. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике. Спин элементарных частиц. Операторы спина | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 14 | Физика микромира и ее современное состояние. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странные и очарованные частицы. Классификация частиц по времени жизни: стабильные частицы, квазистабильные и резонансы. Античастицы. Теории Дирака и Фейнмана. Открытие позитрона и антипротона | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 15 | Законы сохранения и симметрии. Пространственные и внутренние симметрии. Точные внутренние законы сохранения: законы сохранения электрического барионного и лептонных зарядов. Неточные законы сохранения. Изосимметрия и изомультиплеты. Закон сохранения изоспина. Унитарная симметрия. Супермультиплеты | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 16 | Лептоны и кварки как фундаментальные частицы. Кварковая структура барионов и мезонов. Квантовые процессы. Характеристики квантовых процессов. Вероятность распада и среднее время жизни частицы. Эффективное поперечное сечение реакции. Эволюция квантовой системы. Оператор эволюции. Амплитуда вероятности переходов. Квантовая теория взаимодействия частиц. Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана. Обменный механизм взаимодействий. Эффективный радиус. Квантовая электродинамика. Фотон как квант электромагнитного взаимодействия. Калибровочная инвариантность теории. Безмассовость фотона | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 17 | Сильные взаимодействия. Теория ядерных сил Юкавы. Квантовая хромодинамика. Глюоны как кванты сильного взаимодействия. Невылетание кварков из адрона. Слабые взаимодействия. Характерные особенности слабых процессов. Теория слабого взаимодействия Ферми. Унификация электромагнитных и слабых взаимодействий. Теория электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама-Глэшоу. Открытие квантов слабого взаимодействия. Стандартная модель. Калибровочные симметрии. Механизм Хиггса. Поиски единой теории фундаментальных взаимодействий. | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Проблема стабильности протона. Барионная асимметрия Вселенной | | |
| 18 | Квантовомеханическая теория атома. Пути построения квантовой теории атома. Атом Резерфорда, его неустойчивость. Боровская теория атома водорода. Уравнение Шредингера для частицы в центральном поле. Условия существования физического решения уравнения Шредингера для водородоподобного атома. Уровни энергии, главное квантовое число. Вероятность пространственного распределения электрона в атоме. Азимутальное и магнитное квантовые числа. Излучение водородоподобного атома. Момент импульса фотона. Правила отбора. Формула Бальмера и основные спектральные серии. Спин электрона. Бозоны и фермионы. Правило сложения механических моментов. Гиромагнитное отношение для орбитального и спинового моментов. Результирующий магнитный момент. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий. Постоянная тонкой структуры. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные слои и оболочки. Электронная конфигурация многоэлектронных атомов и периодическая система элементов. Правила отбора при излучении многоэлектронных атомов. Классические модели поляризации и проводимости. Проводимость металлов. Электрический ток в плазме. Элементы физики газовых разрядов. Типы связей атомов в твердых телах. Расщепление энергетических уровней во взаимодействующих системах атомов | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 19 | Модель двухатомной цепочки с потенциальным рельефом прямоугольной формы. Образование энергетических зон. Дисперсионные кривые для свободного электрона и электрона в кристалле. Понятие эффективной массы. Квазичастицы. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контакт двух вырожденных полупроводников. Принцип действия полупроводникового лазера. Сверхтекучесть: квантовая модель и двухжидкостная феноменология. Основные понятия теории сверхпроводимости.<br>Лептоны и адроны. Нуклоны. Понятие изоспина. Энергия связи в ядре. Виды ядерных реакций и их оценочная энергетика. Реакция деления. Проблема разделения изотопов. Капельная и оболочечная модели ядра. Формула Вейцзеккера. Магические числа. Проблема долгоживущих сверхтяжелых элементов | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| 20 | Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сравнительная оценка проникающей способности различных видов радиации. Единицы измерений в радиационной физике. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы. Элементы радиационной культуры. Энергия отдачи при излучении кванта. Ядерный гамма-резонанс без отдачи. Применения ЯГР. Измерение сверхмалых частотных сдвигов. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики. Принципы симметрии в микромире. Несохранение Р-четности. Спиральность частиц. Фундаментальность CPT-симметрии. Основные представления квантовой электродинамики и ее группа симметрии. Партонная модель нуклонов. Схема сильного взаимодействия между адронами. Валентные и морские кварки. Асимптотическая свобода и конфайнмент кварков. Изоспин, странность, чарм, прелесть в квантовой хромодинамике. Элементарная схема слабого взаимодействия. Электрослабое взаимодействие и его группа симметрии. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи. Обзор фундаментальных взаимодействий по константе связи. Начальный этап эволюции Вселенной. | Индивидуальное задание (задачи повышенной сложности) | Конспект |
| | | Реферативная работа | Реферат |
| | | Проектная работа, участие в работе кружка по астрономии | Проект, доклад, научная статья |
| **5.3.Образовательные технологии** | | | |

При организации изучения дисциплины будут использованы следующие образовательные технологии: информационно-коммуникационные технологии, технология организации самостоятельной работы, технология рефлексивного обучения, технология модульного обучения, технология игрового обучения, технологии групповой дискуссии, интерактивные технологии, технология проблемного обучения, технология организации учебно-исследовательской деятельности, технология проектного обучения, технология развития критического мышления.

**5.4. Текущий контроль, промежуточный контроль и промежуточная аттестация**

Балльно-рейтинговая карта дисциплины оформлена как приложение к рабочей программе дисциплины.
Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине оформлен отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

### 6.1. Рекомендуемая литература

#### 6.1.1. Основная литература

| | Авторы, составители | Заглавие, ссылка на электронную библиотечную систему | Издательство, год |
|---|---|---|---|
| Л1.1 | Алтунин, К. К. | Классическая механика: учебное пособие URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240550 | Москва: Директ-Медиа, 2014 |
| Л1.2 | Алешкевич, В. А. | Электромагнетизм: учебник URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=275299 | Москва: Физматлит, 2014 |
| Л1.3 | Алтунин, К. К. | Теоретическая физика атомного ядра и элементарных частиц: учебно-методическое пособие URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=240556 | Москва: Директ-Медиа, 2019 |

#### 6.1.2. Дополнительная литература

| | Авторы, составители | Заглавие, ссылка на электронную библиотечную систему | Издательство, год |
|---|---|---|---|
| Л2.1 | Соболев, С. В. | Основы нерелятивистской квантовой механики: учебное пособие URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=485503 | Москва: Физматлит, 2017 |
| Л2.2 | Бутиков, Е. И. | Физика: учебное пособие – Книга 3. Строение и свойства вещества. URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=75494 | Москва: Физматлит, 2010 |
| Л2.3 | Кондратьев, А. С. | Физика: сборник задач: учебное пособие URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=76788 | Москва: Физматлит, 2005 |

### 6.2 Перечень программного обеспечения

- Acrobat Reader DC
- Dr.Web Desktop Security Suite, Dr.Web Server Security Suite
- GIMP
- Microsoft Office 365 Pro Plus - subscription license (12 month) (Пакет программ Word, Excel, Access, PowerPoint, Outlook, OneNote, Publisher, Skype for Business, OneDrive, SharePoint Online)
- Microsoft Windows 10 Education
- XnView
- Архиватор 7-Zip

### 6.3 Перечень информационных справочных систем, профессиональных баз данных

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн»
- Базы данных Springer eBooks

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

| | |
|---|---|
| 7.1 | Наименование специального помещения: помещение для самостоятельной работы, Читальный зал. Оснащенность: ПК-4шт. с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СГСПУ, Принтер-1шт., Телефон-1шт., Письменный стол-4 шт., Парта-2 шт. |
| 7.2 | Наименование специального помещения: учебная аудитория для проведения лекционных занятий, практических занятий, групповых консультаций, индивидуальных консультаций, текущего контроля, промежуточной аттестации, Учебная аудитория. Оснащенность: Меловая доска-1шт., Комплект учебной мебели, ноутбук, проекционное оборудование (мультимедийный проектор и экран). |

## 8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Работа над теоретическим материалом происходит кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю.
Проработка рабочей программы дисциплины, уделяя особое внимание целям и задачам, структуре и содержанию дисциплины. Конспектирование источников, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы, работа с информационными источниками в разных форматах.
Также в процессе изучения дисциплины методические рекомендации могут быть изданы отдельным документом

Приложение

Балльно-рейтинговая карта дисциплины «Теоретическая физика»

Курс 3-5 Семестр 5-9

| Вид контроля | | Минимальное количество баллов | Максимальное количество баллов |
|---|---|---|---|
| **Наименование раздела «Классическая механика и теория относительности»** | | | |
| Текущий контроль по разделу: | | | |
| 1 | Аудиторная работа | 2,5 | 4 |
| 2 | Самостоятельная работа (специальные обязательные формы) | 3,5 | 6 |
| 3 | Самостоятельная работа (специальные формы на выбор) | - | 5 |
| Контрольное мероприятие по разделу | | 8 | 15 |
| Промежуточный контроль | | 14 | 30 |
| **Наименование раздела «Электродинамика»** | | | |
| Текущий контроль по разделу: | | | |
| 1 | Аудиторная работа | 3,5 | 6 |
| 2 | Самостоятельная работа (специальные обязательные формы) | 2,5 | 4 |
| 3 | Самостоятельная работа (специальные формы на выбор) | - | 5 |
| Контрольное мероприятие по разделу | | - | - |
| Промежуточный контроль | | 6 | 15 |
| **Наименование раздела «Квантовая механика»** | | | |
| Текущий контроль по разделу: | | | |
| 1 | Аудиторная работа | 16 | 24 |
| 2 | Самостоятельная работа (специальные обязательные формы) | 14 | 16 |
| 3 | Самостоятельная работа (специальные формы на выбор) | - | 5 |
| Контрольное мероприятие по разделу | | 6 | 10 |
| Промежуточный контроль | | 36 | 55 |
| Промежуточная аттестация | | 56 | 100 |
| | Итого: | **56** | **100** |

| Виды контроля | | Перечень или примеры заданий, критерии оценки и количество баллов | Темы для изучения и образовательные результаты |
|---|---|---|---|
| **Текущий контроль по разделу «Классическая механика и теория относительности»** | | | |
| 1 | Аудиторная работа | Лекции<br>0 – отсутствовал на лекции<br>1 – присутствовал на лекции<br>Практические занятия<br>0 – отсутствовал на занятии<br>0,5 – присутствовал на занятии, не выполнял задание<br>1 – выполнял задание с помощью преподавателя<br>1,5 – выполнял задание самостоятельно, но с замечаниями по выполнению | Тема:<br>Кинематика материальной точки в декартовых координатах. Интегрирование второго закона Ньютона. Обобщенные координаты. Принцип наименьшего действия. Принцип относительности Галилея. Функция Лагранжа свободной частицы.<br><br>Тема: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 2 – самостоятельно справился с выполнением задания<br>Итого:<br>0 - 4 балла | Функция Лагранжа системы частиц. Угловая скорость. Тензор инерции. Момент импульса твердого тела. Соприкосновение твердых тел. Движение в неинерциальной системе отсчета /Ср/ Энергия. Импульс. Центр инерции. Момент импульса. Одномерное движение. Приведенная масса. Движение в центральном поле. Кеплерова задача. Уравнения Гамильтона. Уравнения Гамильтона-Якоби<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 2 | Самостоятельная работа (обязательные формы) | Выполнение домашнего задания<br>0 – не выполнил<br>0,5 – выполнил не все задания<br>1 – выполнил все задания, но есть замечания<br>1,5 – задание выполнено полностью и правильно<br>Итого:<br>0 – 6 баллов | Тема:<br>Адиабатические инварианты. Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебания систем со многими степенями свободы. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Параметрический резонанс. Ангармонические колебания<br><br>Тема:<br>Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Энергия и импульс. Четырехмерный импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 3 | Самостоятельная работа (на выбор студента) | Изучение дополнительного материала по теме:<br>0,5 – 3 балла – конспект;<br>0,5 – 2 балла – доклад.<br>Итого:<br>0 - 5 баллов | Тема:<br>Адиабатические инварианты. Свободные одномерные колебания. Вынужденные колебания. Колебания систем со многими степенями свободы. Затухающие колебания. Вынужденные колебания при наличии трения. Параметрический резонанс. Ангармонические колебания<br><br>Тема: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Скорость распространения взаимодействий. Интервал. Собственное время. Преобразование Лоренца. Преобразование скорости. Четырехмерные векторы. Энергия и импульс. Четырехмерный импульс. Распад частиц. Упругие столкновения частиц<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Контрольное мероприятие по разделу | | 0 – 15 баллов | Тема:<br>Контрольная работа<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Промежуточный контроль (количество баллов) | | 0 – 30 баллов | |
| **Текущий контроль по разделу «Электродинамика»** | | | |
| 1 | Аудиторная работа | Лекции<br>0 – отсутствовал на лекции<br>1 – присутствовал на лекции<br>Практические занятия<br>0 – отсутствовал на занятии<br>0,5 – присутствовал на занятии, не выполнял задание<br>1 – выполнял задание с помощью преподавателя<br>1,5 – выполнял задание самостоятельно, но с замечаниями по выполнению<br>2 – самостоятельно справился с выполнением задания<br>Итого:<br>0 – 6 баллов | Тема:<br>Основные понятия электродинамики: электрический заряд, электрический ток, электрический диполь, дипольный момент, дипольный момент электрического тока. Электрические и магнитные мультиполи. Электрическая и магнитная напряженности. Векторы магнитной индукции и электрического смещения. Поток электрического и магнитного поля. Электрические и магнитные силовые линии. Электростатический потенциал. Падение напряжения. Сопротивление проводника и закон Ома. Закон Кулона, закон электромагнитной индукции. Системы единиц измерения физических величин. Электродвижущая сила. Закон Джоуля-Ленца<br><br>Тема:<br>Стационарное электромагнитное поле. Уравнения Максвелла для стационарного электромагнитного поля в дифференциальной и интегральной форме. Граничные условия для векторов стационарного электромагнитного поля. Энергия |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | стационарного электромагнитного поля. Теорема об однозначности решения уравнений стационарного электромагнитного поля. Скалярный и векторный потенциалы стационарного электромагнитного поля. Условия калибровки. Уравнения Лапласа и Пуассона для векторов стационарного электромагнитного поля<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 2 | Самостоятельная работа (обязательные формы) | Выполнение домашнего задания:<br>0 – не выполнил<br>0,5 – выполнил не все задания<br>1 – выполнил все задания, но есть замечания<br>1,5 – задание выполнено полностью и правильно<br>Итого:<br>0 – 4 балла | Тема:<br>Скалярный и векторный потенциалы электромагнитного поля. Калибровочная инвариантность электромагнитных полей. Условия калибровки: кулоновская калибровка и калибровка Лоренца. Уравнения Лапласа, Пуассона и Даламбера для скалярного и векторного потенциалов электромагнитного поля. Методы решения задач для переменного электромагнитного поля. Тензор электромагнитного поля. Уравнение движения заряженной частицы в электромагнитном поле в четырехмерной форме. Лагранжиан и действие для переменного электромагнитного поля. Вывод уравнений Максвелла с помощью вариационных принципов<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 3 | Самостоятельная работа (на выбор студента) | Изучение дополнительного материала по теме:<br>0,5 – 3 балла – конспект;<br>0,5 – 2 балла – доклад.<br><br>Итого:<br>0 – 5 баллов | Тема:<br>Тензор электромагнитного поля. Уравнения Максвелла в четырехмерной форме. 4-потенциал электромагнитного поля. Электромагнитные волны в веществе. Формула Максвелла. Электромагнитная природа света. Монохроматическая плоская электромагнитная волна. Отражение и преломление электромагнитных волн. Энергия и импульс электромагнитной волны. Спектральное разложение. Частично поляризованный свет. Геометрическая оптика. Пределы применимости геометрической оптики. Излучение электромагнитных волн. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Запаздывающие потенциалы. Потенциалы Лиенара-Вихерта. Поле системы зарядов на далеких расстояниях от нее. Дипольное излучение. Излучение быстро движущегося заряда. Торможение излучением. Рассеяние заряженных частиц /Ср<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Контрольное мероприятие по разделу | | | |
| Промежуточный контроль (количество баллов) | | 0 – 15 баллов | |
| **Текущий контроль по разделу «Квантовая механика»** | | | |
| 1 | Аудиторная работа | Лекции<br>0 – отсутствовал на лекции<br>1 – присутствовал на лекции<br>Практические занятия<br>0 – отсутствовал на занятии<br>0,5 – присутствовал на занятии, не выполнял задание<br>1 – выполнял задание с помощью преподавателя<br>1,5 – выполнял задание самостоятельно, но с замечаниями по выполнению<br>2 – самостоятельно справился с выполнением задания<br>Итого:<br>0 - 24 балла | Тема:<br>Основные этапы развития идей квантовой механики. Квантовые свойства электромагнитного излучения. Фотоэлектрический эффект. Уравнение Эйнштейна. Эффект Комптона. Гипотеза де Бройля. Волновые свойства частиц. Опыты Дэвиссона и Джермера. Экспериментальные подтверждения гипотезы де Бройля. Дифракционный опыт с двумя щелями<br><br>Тема:<br>Волновая функция состояния частицы. Статистическая интерпретация волновой функции. Принцип суперпозиции состояний. Соотношения неопределенностей. Граница применимости классического способа описания явлений<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 2 | Самостоятельная работа (обязательные формы) | *Решение задач:*<br>0 – не выполнил<br>0,5 – выполнил не все задания<br>1 – выполнил все задания, но есть замечания<br>1,5 – задание выполнено полностью и правильно<br>*Итого:*<br>0 – 16 баллов | Тема:<br>Представление физических величин операторами. Постулат о спектре возможных значений физической величины. Постулат о распределении вероятностей по спектру значений физической величины. Описание состояний системы в квантовой механике. Полный квантовомеханический набор. Уравнение Шредингера. Принцип причинности в квантовой механике. Спин элементарных частиц. Операторы спина |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 3 | Самостоятельная работа (на выбор) | *Изучение дополнительного материала по теме:*<br>0,5 – 3 балла – конспект;<br>0,5 – 2 балла – доклад.<br>*Итого:*<br>0 - 5 баллов | Тема:<br>Квантовая механика системы частиц. Волновая функция системы. Бозоны и фермионы. Принцип Паули. Периодическая система элементов Менделеева<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Контрольное мероприятие по разделу | | 0 – 10 баллов | Тема:<br>Контрольная работа<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Промежуточный контроль (количество баллов) | | 0 – 55 баллов | |
| Промежуточная аттестация | | Представлены в фонде оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине | |

Курс 4 Семестр 7-8

| Вид контроля | | Минимальное количество баллов | Максимальное количество баллов |
|---|---|---|---|
| **Наименование раздела Физика элементарных частиц** | | | |
| Текущий контроль по разделу: | | | |
| 1 | Аудиторная работа | 3 | 4 |
| 2 | Самостоятельная работа (специальные обязательные формы) | 3 | 6 |
| 3 | Самостоятельная работа (специальные формы на выбор) | 2 | 5 |
| Контрольное мероприятие по разделу | | 8 | 15 |
| Промежуточный контроль | | 14 | 30 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Наименование раздела Электронная теория. Ядерная физика** | | | |
| Текущий контроль по разделу: | | | |
| 1 | Аудиторная работа | 3,5 | 6 |
| 2 | Самостоятельная работа (специальные обязательные формы) | 2,5 | 4 |
| 3 | Самостоятельная работа (специальные формы на выбор) | - | 5 |
| Контрольное мероприятие по разделу | | - | - |
| Промежуточный контроль | | 6 | 15 |
| Промежуточная аттестация | | 56 | 100 |
| | Итого: | **56** | **100** |

| Виды контроля | | Перечень или примеры заданий, критерии оценки и количество баллов | Темы для изучения и образовательные результаты |
|---|---|---|---|
| **Текущий контроль по разделу «Физика элементарных частиц»** | | | |
| 1 | Аудиторная работа | Лекции<br>0 – отсутствовал на лекции<br>1 – присутствовал на лекции<br>Практические занятия<br>0 – отсутствовал на занятии<br>0,5 – присутствовал на занятии, не выполнял задание<br>1 – выполнял задание с помощью преподавателя<br>1,5 – выполнял задание самостоятельно, но с замечаниями по выполнению<br>2 – самостоятельно справился с выполнением задания<br>Итого:<br>0 - 4 балла | Тема:<br>Физика микромира и ее современное состояние. Фундаментальные взаимодействия и их характеристики. Классификация адронов. Барионы и мезоны. Странные и очарованные частицы. Классификация частиц по времени жизни: стабильные частицы, квазистабильные и резонансы. Античастицы. Теории Дирака и Фейнмана. Открытие позитрона и антипротона<br><br>Тема:<br>Законы сохранения и симметрии. Пространственные и внутренние симметрии. Точные внутренние законы сохранения: законы сохранения электрического барионного и лептонных зарядов. Неточные законы сохранения. Изосимметрия и изомультиплеты. Закон сохранения изоспина. Унитарная симметрия. Супермультиплеты<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 2 | Самостоятельная работа (обязательные формы) | Выполнение домашнего задания<br>0 – не выполнил<br>0,5 – выполнил не все задания<br>1 – выполнил все задания, но есть замечания<br>1,5 – задание выполнено полностью и правильно<br>Итого:<br>0 – 6 баллов | Тема:<br>Лептоны и кварки как фундаментальные частицы. Кварковая структура барионов и мезонов. Квантовые процессы. Характеристики квантовых процессов. Вероятность распада и среднее время жизни частицы. Эффективное поперечное сечение реакции. Эволюция квантовой системы. Оператор эволюции. Амплитуда вероятности переходов. Квантовая теория взаимодействия частиц. Теория возмущений. Диаграммы Фейнмана. Обменный механизм взаимодействий. Эффективный радиус. Квантовая электродинамика. Фотон как квант электромагнитного взаимодействия. Калибровочная инвариантность теории. Безмассовость фотона. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 3 | Самостоятельная работа (на выбор) | Изучение дополнительного материала по теме:<br>0,5 – 3 балла – конспект;<br>0,5 – 2 балла – доклад.<br>Итого:<br>0 - 5 баллов | Тема:<br>Сильные взаимодействия. Теория ядерных сил Юкавы. Квантовая хромодинамика. Глюоны как кванты сильного взаимодействия. Невылетание кварков из адрона. Слабые взаимодействия. Характерные особенности слабых процессов. Теория слабого взаимодействия Ферми. Унификация электромагнитных и слабых взаимодействий. Теория электрослабого взаимодействия Вайнберга-Салама-Глэшоу. Открытие квантов слабого взаимодействия. Стандартная модель. Калибровочные симметрии. Механизм Хиггса. Поиски единой теории фундаментальных взаимодействий. Проблема стабильности протона. Барионная асимметрия Вселенной<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Контрольное мероприятие по разделу | | 0 – 15 баллов | Тема:<br>Контрольное мероприятие<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Промежуточный контроль (количество баллов) | | 0 – 30 баллов | |
| **Текущий контроль по разделу «Электронная теория. Ядерная физика»** | | | |
| 1 | Аудиторная работа | Лекции<br>0 – отсутствовал на лекции<br>1 – присутствовал на лекции<br>Практические занятия<br>0 – отсутствовал на занятии<br>0,5 – присутствовал на занятии, не выполнял задание<br>1 – выполнял задание с помощью преподавателя | Тема:<br>Квантовомеханическая теория атома. Пути построения квантовой теории атома. Атом Резерфорда, его неустойчивость. Боровская теория атома водорода. Уравнение Шредингера для частицы в центральном поле. Условия существования физического решения уравнения Шредингера для водородоподобного атома. Уровни энергии, главное квантовое число. Вероятность пространственного распределения электрона в атоме. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 1,5 – выполнял задание самостоятельно, но с замечаниями по выполнению<br>2 – самостоятельно справился с выполнением задания<br>Итого:<br>0 – 6 баллов | Азимутальное и магнитное квантовые числа. Излучение водородоподобного атома. Момент импульса фотона. Правила отбора. Формула Бальмера и основные спектральные серии. Спин электрона. Бозоны и фермионы. Правило сложения механических моментов. Гиромагнитное отношение для орбитального и спинового моментов. Результирующий магнитный момент. Спин-орбитальное взаимодействие. Тонкая структура линий. Постоянная тонкой структуры. Многоэлектронные атомы. Принцип Паули. Электронные слои и оболочки. Электронная конфигурация многоэлектронных атомов и периодическая система элементов. Правила отбора при излучении многоэлектронных атомов. Классические модели поляризации и проводимости. Проводимость металлов. Электрический ток в плазме. Элементы физики газовых разрядов. Типы связей атомов в твердых телах. Расщепление энергетических уровней во взаимодействующих системах атомов<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 2 | Самостоятельная работа (обязательные формы) | Выполнение домашнего задания:<br>0 – не выполнил<br>0,5 – выполнил не все задания<br>1 – выполнил все задания, но есть замечания<br>1,5 – задание выполнено полностью и правильно<br>Итого:<br>0 – 4 балла | Тема:<br>Модель двухатомной цепочки с потенциальным рельефом прямоугольной формы. Образование энергетических зон. Дисперсионные кривые для свободного электрона и электрона в кристалле. Понятие эффективной массы. Квазичастицы. Собственная и примесная проводимость полупроводников. Контакт двух вырожденных полупроводников. Принцип действия полупроводникового лазера. Сверхтекучесть: квантовая модель и двухжидкостная феноменология. Основные понятия теории сверхпроводимости. Лептоны и адроны. Нуклоны. Понятие изоспина. Энергия связи в ядре. Виды ядерных реакций и их оценочная энергетика. Реакция деления. Проблема разделения изотопов. Капельная и оболочечная модели ядра. Формула Вейцзеккера. Магические числа. Проблема долгоживущих сверхтяжелых элементов<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| 3 | Самостоятельная работа (на выбор) | Изучение дополнительного материала по теме:<br>0,5 – 3 балла – конспект; | Тема: |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | 0,5 – 2 балла – доклад.<br><br>Итого:<br>0 – 5 баллов | Управляемый термоядерный синтез: вид реакций, критерий Лоусона, варианты реализации. Радиоактивность. Закон радиоактивного распада. Сравнительная оценка проникающей способности различных видов радиации. Единицы измерений в радиационной физике. Поглощенная, эквивалентная и экспозиционная дозы. Элементы радиационной культуры. Энергия отдачи при излучении кванта. Ядерный гамма-резонанс без отдачи. Применения ЯГР. Измерение сверхмалых частотных сдвигов. Связь между радиусом обменного взаимодействия и массой покоя его переносчиков. Четыре вида взаимодействия, их объекты и переносчики. Принципы симметрии в микромире. Несохранение Р-четности. Спиральность частиц. Фундаментальность СРТ-симметрии. Основные представления квантовой электродинамики и ее группа симметрии. Партонная модель нуклонов. Схема сильного взаимодействия между адронами. Валентные и морские кварки. Асимптотическая свобода и конфайнмент кварков. Изоспин, странность, чарм, прелесть в квантовой хромодинамике. Элементарная схема слабого взаимодействия. Электрослабое взаимодействие и его группа симметрии. Великое объединение: группа симметрии, возможность проверки, стабильность материи. Обзор фундаментальных взаимодействий по константе связи. Начальный этап эволюции Вселенной<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Контрольное мероприятие по разделу | | | Тема:<br>Контрольная работа<br><br>Результаты обучения:<br>Знает физические термины в области теоретической физики<br>Умеет, используя математический аппарат и знания по теоретической физике, объяснять природные и техногенные явления<br>Способен организовать проектную деятельность на основе знаний в области теоретической физики |
| Промежуточный контроль (количество баллов) | | 0 – 15 баллов | |
| Промежуточная аттестация | | Представлены в фонде оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине | |