

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Проректор по учебной работе**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Методы теоретической физики, часть 1
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Управление инновациями в бизнесе
	Физтех-школа бизнеса высоких технологий
	кафедра теоретической физики им. Л.Д. Ландау
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 64 всего, в том числе:

лекции: 32 час.

семинары: 32 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 41 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: Ю.М. Белоусов, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры теоретической физики им. Л.Д. Ландау 12.02.2022

## Аннотация

Целями освоения дисциплины «Методы теоретической физики» являются формирование у студентов теоретических знаний и практических навыков по основам одного из разделов курса общей физики - оптики. Кроме того, дисциплина нацелена на формирование развитие умений, основанных на полученных теоретических знаниях, позволяющих на творческом уровне создавать и применять физические модели для исследования оптических свойств объектов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

дать студентам, поступившим в магистратуру и не имеющим необходимой подготовки по курсам базовой и вариативной части Б.3 кода УЦ ООП блока «Теоретическая физика» знания, необходимые для описания различных физических явлений методами теоретической физики, методы построения соответствующих математических моделей, показать соответствие системы постулатов, положенных в основу теории классической теории поля, квантовой механики и статистической физики, существующим экспериментальным данным, что позволяет считать теорию достоверной в области её применимости. Дать навыки, позволяющие понять как адекватность теоретической модели соответствующему физическому явлению, так и её пределы применимости.

#### Задачи дисциплины

- изучение математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- изучение методов решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики;
- изучение методов описания систем заряженных частиц и создаваемых ими электромагнитных полей, в том числе систем взаимодействующих с внешним электромагнитным полем;
- овладение студентами методами релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики для описания свойств различных конкретных физических систем.
- изучение математического аппарата нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач нерелятивистской квантовой механики;
- изучение методов решения задач, описывающих микроскопические (квантовые) системы;
- овладение студентами методами нерелятивистской квантовой механики одночастичных систем.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- постулаты и принципы специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики, методы описания релятивистских частиц и систем заряженных частиц, а также электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами и взаимодействующего с ними;
- основные уравнения и свойства электромагнитного поля;
- основные методы математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической электродинамики: трехмерную тензорную алгебру, векторный анализ и аппарат четырехмерных векторов и тензоров;
- основные методы решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроскопической электродинамики, включая движение заряженных частиц в электромагнитном поле и создание поля системами заряженных частиц;
- методы и способы описания излучения электромагнитных волн системами заряженных частиц;
- методы описания рассеяния электромагнитных волн заряженными частицами.
- постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений.

уметь:

## 2. Уметь

- пользоваться аппаратом трехмерного векторного анализа;
- пользоваться аппаратом трехмерной тензорной алгебры;
- пользоваться аппаратом четырехмерных векторов и тензоров;
- решать кинематические задачи с участием релятивистских частиц;
- решать задачи о движении релятивистских заряженных частиц в заданном внешнем электромагнитном поле различной конфигурации;
- применять метод мультипольных моментов для решения задач электростатики и магнитостатики;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн системами нерелятивистски движущихся заряженных частиц, используя мультипольные моменты;
- решать задачи про излучение электромагнитных волн релятивистски движущимися заряженными частицами.
- определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
- определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
- определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
- решать простые модельные задачи и применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей проникновения в одномерных потенциалах;
- применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
- применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;

владеть:

- основными методами математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами систем заряженных частиц, взаимодействующих с электромагнитным полем, так и со свойствами самого электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами
- основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

## 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Принцип относительности и преобразования Лоренца. Четырехмерное псевдоевклидово пространство Минковского и математический аппарат теории относительности	3	2		
2	Движение свободной релятивистской частицы и релятивистская кинематика	2	3		
3	Классическая система зарядов в электромагнитном поле	2	2		
4	Уравнения Максвелла как обобщение опытных фактов	3	2		
5	Энергия системы зарядов в электромагнитном поле.	2	4		
6	Свободное электромагнитное поле. Излучение	3	3		
7	Математический аппарат квантовой механики, теория представлений	5	2		
8	Уравнение Шредингера и его свойства. Временная эволюция физической системы. Симметрии в квантовой механике и законы сохранения	2	3		
9	Момент импульса	2	2		
10	Задача двух тел. Движение в поле центрально-симметричного потенциала	2	2		
11	Квазиклассическое приближение	2	2		
12	Стационарная теория возмущений. Метод функции Грина. Теория рассеяния. Борновское приближение.	2	3		41
13	Нестационарная теория возмущений. Представление взаимодействия	2	2		
Итого часов		32	32		41
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 5 (Осенний)

1. Принцип относительности и преобразования Лоренца. Четырехмерное псевдоевклидово пространство Минковского и математический аппарат теории относительности

Однородность пространства и времени, изотропия пространства, инерциальные системы отсчёта. Мировая точка (событие) и мировая линия. Интервалы между событиями как мера расстояния в четырехмерном пространстве-времени Минковского. Метрика четырехмерного пространства. Преобразования Лоренца, их вывод и следствия из них. Векторы и тензоры в трехмерном пространстве.

## 2. Движение свободной релятивистской частицы и релятивистская кинематика

Понятие точечной элементарной частицы, её 4-координата и мировая линия. Ковариантная формулировка принципа наименьшего действия в пространстве Минковского, функция Лагранжа свободной частицы. Энергия, импульс и гамильтониан свободной релятивистской частицы. 4-вектор импульса. Закон сохранения 4-импульса замкнутой системы как следствие однородности пространства-времени. Применение закона сохранения 4-импульса для описания упругих столкновений частиц. Неупругие столкновения и распады с образованием новых частиц.

## 3. Классическая система зарядов в электромагнитном поле

Скалярный и векторный потенциалы как компоненты 4-вектора. Электрическое и магнитное поля и их выражения через компоненты 4-потенциала. Калибровочная инвариантность. Лоренцева калибровка. Уравнения движения заряженной частицы в электромагнитном поле, сила Лоренца. Гамильтонова форма уравнений движения, гамильтониан. Связь обобщенного импульса с кинематическим

## 4. Уравнения Максвелла как обобщение опытных фактов

Фундаментальные законы Кулона, Био-Савара, Фарадея и их соответствие уравнениям Максвелла. Волновые уравнения, их вид в лоренцевой и кулоновской калибровках. Энергия электромагнитного поля, закон сохранения энергии, вектор Пойнтинга и тензор напряжений. Функция Грина волнового уравнения. Запаздывающие потенциалы.

## 5. Энергия системы зарядов в электромагнитном поле.

Взаимодействие системы зарядов со статическим электрическим полем. Разложение энергии взаимодействия по мультиполям, дипольный и квадрупольный моменты. Поле, создаваемое системой зарядов на больших расстояниях, поле диполя и квадрупольного поля. Взаимодействие систем зарядов, находящихся на больших расстояниях друг от друга. Взаимодействие системы зарядов, совершающей финитное движение с магнитным полем, гиромангнитное отношение и магнитный момент системы зарядов

## 6. Свободное электромагнитное поле. Излучение

Решение волновых уравнений свободного электромагнитного поля в виде плоской монохроматической волны, поляризация. Энергия свободного электромагнитного поля. Разложение свободного поля по нормальным колебаниям - плоским монохроматическим волнам. Гамильтониан свободного электромагнитного поля. Излучение электромагнитного поля системой зарядов, квазистационарная и волновая зоны. Электрическое дипольное, квадрупольное и магнитное дипольное излучение. Потеря энергии системой зарядов на излучение, сила радиационного трения.

## 7. Математический аппарат квантовой механики, теория представлений

Состояние и пространство состояний, физические величины (наблюдаемые) и операторы, принцип суперпозиции, полнота описания квантовой системы, уравнение Шредингера. Понятие представления, координатное и импульсное представление, волновая функция, матричные элементы операторов. Задача на собственные значения. Эрмитовское сопряжение и эрмитовы операторы, свойства их собственных векторов. Гамильтоновы системы, классический и квантовый гамильтонианы. Эволюция физических величин во времени, скобки Пуассона. Квантовые скобки Пуассона - коммутаторы. Соответствие между физическими величинами и операторами. Соотношения неопределенностей для квантовых систем. Постулат коммутационного соотношения между операторами координаты и импульса. Представление операторов координаты и импульса в координатном и импульсном представлении. Функция от оператора, уравнение Шредингера в координатном и импульсном представлении.

## 8. Уравнение Шредингера и его свойства. Временная эволюция физической системы. Симметрии в квантовой механике и законы сохранения

Эволюция состояния во времени, оператор эволюции. Интегралы движения. Условия одновременной измеримости физических величин. Интегралы движения и полный набор физических величин. Вырождение спектра и неоднозначность выбора представления (способа описания) состояния квантовой системы. Понятие симметрии. Гармонический осциллятор как одна из точно решаемых моделей.

## 9. Момент импульса

Изотропия пространства и момент импульса. Оператор поворота и его связь с оператором импульса. Коммутационные соотношения для проекций оператора импульса. Собственные состояния системы, обладающей определенным значением импульса. Значения, которые может принимать момент импульса. Координатное представление оператора момента, собственные функции. Полуцелые значения и понятие спина.

## 10. Задача двух тел. Движение в поле центрально-симметричного потенциала

Задача двух тел в классической и квантовой механике. Гамильтониан системы в случае центрального взаимодействия. Разделение радиальных и угловых переменных в сферической системе координат. Угловая часть волновой функции и собственная функция оператора момента импульса. Вырождение энергетического спектра частицы в центральном поле. Кулоновское поле и атом водорода. Кулоновская и атомная система единиц. Энергетические спектр и состояния атома водорода, вырождение спектра водородоподобного атома. Классификация состояний атома водорода и частицы в произвольном центральном поле.

## 11. Квазиклассическое приближение

Действие в классической механике и уравнение Гамильтона-Якоби. Волновая функция стационарного состояния и ее выражение через квантовое действие. Уравнение для квантового действия, квазиклассическое разложение по степеням  $\hbar$ . Критерии применимости квазиклассического приближения, классически разрешенные и запрещенные области, вид волновой функции. Правило квантования Бора-Зоммерфельда и проникновение через потенциальный барьер. Понятие квазистационарных состояний, описание распада в квантовой механике.

## 12. Стационарная теория возмущений. Метод функции Грина. Теория рассеяния. Борновское приближение.

Постановка задачи теории возмущений, стационарный случай. Функция Грина стационарного уравнения Шредингера и ряд стационарной теории возмущений. Поправки к состояниям и уровням энергии дискретного спектра. Случай вырожденного энергетического спектра. Непрерывный спектр. Функция Грина свободной частицы. Интегральное уравнение и задача о рассеянии. Общий вид волновой функции частицы в задаче о рассеянии, упругое рассеяние. Амплитуда рассеяния и дифференциальное сечение рассеяния. Борновское приближение, особенности рассеяния медленных и быстрых частиц.

## 13. Нестационарная теория возмущений. Представление взаимодействия

Представление взаимодействия, ряд нестационарной теории возмущений, понятие хронологизованного произведения, T-хр Функция Грина нестационарного уравнения Шредингера. Представление ряда теории возмущений в виде диаграмм Фейнмана. Вероятность перехода, критерии применимости нестационарной теории возмущений. Соотношение неопределенностей для энергии и времени в квантовой механике. Возмущения, действующие на системы с непрерывным спектром, вероятность переходов в единицу времени, «золотое правило» Ферми. Квазистационарные состояния, время жизни и мнимая поправка к дискретному уровню энергии

## **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

а) Необходимое оборудование для лекций и практических занятий: доска, мел, тряпка. Желательно также применение мультимедийного оборудования (проектор), для лучшей организации лекции.

б) Необходимое программное обеспечение: не требуется

в) Обеспечение самостоятельной работы: наличие учебников и задачников по курсу теоретической физики вообще и теории поля в частности в библиотеке института, доступ в Интернет для получения вспомогательного учебного и консультативного материала на сайте кафедры теоретической физики.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 2. Теория поля.— М.: Наука, 1988.
2. Белоусов Ю.М. Методы теоретической физики. Часть 1. — М.: МФТИ, 2010.
3. Белоусов Ю.М. Курс квантовой механики. Нерелятивистская теория. — М.: МФТИ, 2006.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. — М.: Наука, 2002.
5. Белоусов Ю.М., Бурмистров С.Н., Тернов А.И. Задачи по теоретической физике. — Долгопрудный: ИД «Интеллект», 2012.
6. Галицкий В.М., Карнаков Б.М., Коган В.И. Задачи по квантовой механике. — М.: Наука, 1981.

### **Дополнительная литература**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Краткий курс теоретической физики. Т. 1. Механика, электродинамика. — М.: Наука, 1969.
3. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Современная электродинамика.
- Ч. 1. Микроскопическая теория. — М.–Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
4. Бредов М.М., Румянцев В.В., Топтыгин И.Н. Классическая электродинамика. — М.: Наука, 1985.
5. Алексеев А.И. Сборник задач по классической электродинамике. — М.: Наука, 1977.
6. Батыгин В.В., Топтыгин И.Н. Сборник задач по электродинамике.— М.: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002.
7. Мессиа А. Квантовая механика. — М.: Наука, Т.2. 1979.
8. Белоусов Ю.М., Кузнецов В.П., Смилга В.П. Катехизис: учеб. пособие. — М.: МФТИ, 2005.
9. Белоусов Ю.М., Кузнецов В.П., Смилга В.П. Практическая математика. Руководство для начинающих изучать теоретическую физику. Долгопрудный: Издательский дом «Интеллект», 2009.
10. Давыдов А.С. Квантовая механика. — М.: Наука, 1973.
11. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. — М.: Наука, 1976.
12. Коренев Г.В. Тензорное исчисление. — М.: МФТИ, 2000.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Мультимедийное оборудование для лучшей организации лекций.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

1. Домашнее задание, состоящее из двух частей, каждая из которых состоит из двух компонентов: упражнения и задачи. Домашние задания издаются специальными выпусками в форме методических пособий для индивидуальной раздачи студентам, а также «выкладываются» на сайт кафедры. Упражнения и задачи разделены на два уровня: базовый, с пометкой (С) или без особых пометок, и вариативный, помеченный (\*).
2. Еженедельное выполнение тестовых заданий по материалам лекций, прочитанных на предыдущей неделе (всего 10 тестов).
3. Две контрольных работы в соответствии с двумя домашними заданиями.

Индивидуальная работа предполагает самостоятельное выполнение студентом определенного в «Задании» набора упражнений и задач в соответствии с тематикой семинарских занятий. При необходимости студент получает консультацию по выполнению отдельных задач у преподавателя ведущего занятия как во время проведения семинарских занятий, так и во внеурочное время по согласованию с преподавателем. «Задание» раздается всем студентам в виде учебно-методического материала, содержащего программу курса и упражнения и задачи, включенные в два домашних задания. Студент также имеет возможность в течение семестра получать консультации по выполнению домашних заданий.



**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Прикладные математика и физика  
**профиль подготовки:** Управление инновациями в бизнесе  
Физтех-школа бизнеса высоких технологий  
кафедра теоретической физики им. Л.Д. Ландау  
**курс:** 3  
**квалификация:** бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 5 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** Ю.М. Белоусов, д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Методы теоретической физики, часть 1» обучающийся должен:

### знать:

- постулаты и принципы специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроэлектродинамики, методы описания релятивистских частиц и систем заряженных частиц, а также электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами и взаимодействующего с ними;
- основные уравнения и свойства электромагнитного поля;
- основные методы математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической электродинамики: трехмерную тензорную алгебру, векторный анализ и аппарат четырехмерных векторов и тензоров;
- основные методы решения задач релятивистской кинематики и динамики и классической микроэлектродинамики, включая движение заряженных частиц в электромагнитном поле и создание поля системами заряженных частиц;
- методы и способы описания излучения электромагнитных волн системами заряженных частиц;
- методы описания рассеяния электромагнитных волн заряженными частицами.
- постулаты и принципы квантовой механики, методы описания квантовых систем, связь состояний и операторов с наблюдаемыми и измеряемыми величинами;
- основные свойства точно решаемых моделей квантовых систем;
- основные приближенные методы решения задач квантовой механики: квазиклассическое приближение; стационарную и нестационарную теорию возмущений.

### уметь:

2. Уметь
  - пользоваться аппаратом трехмерного векторного анализа;
  - пользоваться аппаратом трехмерной тензорной алгебры;
  - пользоваться аппаратом четырехмерных векторов и тензоров;
  - решать кинематические задачи с участием релятивистских частиц;
  - решать задачи о движении релятивистских заряженных частиц в заданном внешнем электромагнитном поле различной конфигурации;
  - применять метод мультипольных моментов для решения задач электростатики и магнитостатики;
  - решать задачи про излучение электромагнитных волн системами нерелятивистски движущихся заряженных частиц, используя мультипольные моменты;
  - решать задачи про излучение электромагнитных волн релятивистски движущимися заряженными частицами.
  - определять энергетические спектры и волновые функции в одномерных случаях;
  - определять средние значения (физические величины) квантовых систем, если известны их волновые функции;
  - определять состояния и классифицировать энергетические спектры частицы в симметричных потенциалах, в частности, обладающих аксиальной и центральной симметрией;
  - решать простые модельные задачи и применять квазиклассическое приближение для оценки уровней энергии и вероятностей проникновения в одномерных потенциалах;
  - применять стационарную теорию возмущений для нахождения поправок к уровням энергии и волновым функциям;
  - применять нестационарную теорию возмущений для нахождения вероятностей переходов между состояниями;

**владеть:**

- основными методами математического аппарата специальной теории относительности, релятивистской механики и классической микроскопической электродинамики;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных как со свойствами систем заряженных частиц, взаимодействующих с электромагнитным полем, так и со свойствами самого электромагнитного поля, создаваемого заряженными частицами
- основными методами решения задач о нахождении состояний и энергетических спектров различных квантовых систем;
- навыками теоретического анализа реальных задач, связанных со свойствами микроскопических и наносистем, обладающих как дискретным, так и непрерывным спектрами.

**3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

### **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Методы теоретической физики. Часть 1» осуществляется в форме экзамена. Итоговая экзаменационная оценка выставляется студенту с учетом оценки его работы в семестре.

Знания студентов оцениваются в результате проведения еженедельного опроса пройденного материала. Опрос проводится в письменной форме в виде тестовых вопросов. Пример тестовых вопросов приведен ниже.

Умения и навыки студентов определяются по итогам сдачи домашних заданий. Всего студентам предлагается два домашних задания в семестр. Задание содержит три типа задач и упражнений. Типовые задачи и упражнения разбираются на семинарских (практических) занятиях. Аналогичные задачи и упражнения студенты должны решить самостоятельно, используя рекомендованную литературу. Кроме того, студентам предлагаются специально помеченные задачи повышенной сложности. Решение таких задач требует от студента навыков и представляет собой оценку навыков решения задач повышенной сложности. Каждый вопрос задания оценен в определенную сумму баллов в зависимости от сложности и уровня (знания, умения и навыки).

Навыки студентов проверяются в результате решения контрольных работ, которые проводятся во время аудиторных занятий. Задачи аналогичны типовым задачам, включенным в домашние задания, как рассмотренных на семинарских (практических) занятиях, так и предлагаемых для самостоятельного решения. Задания контрольных работ оценены в определенную сумму баллов, что позволяет оценить уровень умения и навыков студентов.

Вопросы, включенные в тестовые опросы, охватывают основные понятия, рассмотренные на предыдущей лекции.

Конкретные условия набора баллов за работу в семестре определяются согласно следующему правилу.

В течение семестра студент набирает сумму баллов по результатам тестовых опросов (например, 50 баллов), по результатам сдачи двух заданий (например, 80 баллов) и по результатам двух контрольных (например, 100 баллов). Кроме того, за решение задач повышенной сложности домашнего задания студент может набрать премиальные (бонусные) баллы по двум заданиям (например, 30 баллов). Полный балл оценивается в данном случае суммой 230 баллов. По результатам итогового рейтинга студент может набрать Студенты, получившие за работу в семестре к началу экзаменационной сессии оценку «неудовлетворительно» (менее 30% усвоения материала), считаются не усвоившими материал и не выполнившими задания курса, поэтому к экзамену не допускаются.

Экзамен проводится в устной форме. Экзаменационные билеты могут содержать наряду с теоретическими вопросами, также и типовые задачи.

Ответ студента оценивается по 10-балльной шкале.

Билеты состоят из двух разделов в соответствии с двумя частями курса: Электродинамика и Квантовая механика, в каждом из которых студентам предлагается 5 относительно простых вопросов. Каждый вопрос оценивается в 1 балл. Студент, ответивший правильно на все 10 вопросов, получает 10 баллов, на 9 вопросов – 9 баллов и т.д. При этом необходимо, чтобы студент ответил правильно по крайней мере на 2 вопроса каждого раздела, в противном случае ответ оценивается как «неудовлетворительный». При подготовке к ответу не разрешается пользоваться литературой.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со схемой:

Оценка	Баллы	Критерии
Отлично	10	10 баллов за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 8. 9 баллов за экзамен и 10 баллов за работу в семестре
	9	9 баллов за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 8.
	8	8 баллов за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 6. 7 баллов за экзамен и более 8 баллов за работу в семестре
Хорошо	7	7 баллов за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 5. 6 баллов за экзамен и более 8 баллов за работу в семестре
	6	6 баллов за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 5. 5 баллов за экзамен и более 7 баллов за работу в семестре
	5	5 баллов за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 3.
удовлетворительно	4	4 балла за экзамен и оценка за работу в семестре не ниже 3.
	3	3 балла за экзамен и оценка за работу в семестре 3.
неудовлетворительно	2	2 балла за экзамен и оценка за работу в семестре 3.
	1	1 балл за экзамен и оценка за работу в семестре 3.

## 5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Студенты, допущенные к экзамену, отвечают на вопросы билета, имея возможность на подготовку не менее 1 часа. Ответы представляются в письменном виде, по которым проводится устное собеседование.

Оценка за ответ на билет выставляется в соответствии со следующим критериями:

Студент, ответивший правильно

на 1 вопрос, получает оценку «неудовл» (1);

на 2 вопроса, получает оценку «удовл» (3) или (4), в зависимости от полноты правильных ответов и ответов на другие вопросы;

на 3 вопроса, получает оценку «хорошо» (5), (6) или (7), в зависимости от полноты правильных ответов и ответов на другие вопросы;

на 4 вопроса, получает оценку «отлично» (8), (9) или (10), в зависимости от полноты правильных ответов и ответов на другие вопросы;

Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться программой дисциплины и сборниками домашних заданий. Учебной, учебно-методической и справочной литературой пользоваться во время экзамена не допускается. Во время экзамена должны быть также выключены мобильные телефоны.

Перед началом экзаменационной сессии студенты получают перечень вопросов, ответы на которые необходимо знать для успешной сдачи экзамена. Формулировки вопросов в билетах студенты узнают во время консультаций.

Студенты, получившие итоговую оценку «отлично» (10) и решившие и защитившие задачи повышенной сложности домашнего задания, могут получить дополнительные зачетные единицы по курсу.