

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталия Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.10.2024 14:21:41
Уникальный программный ключ:
6b5279da4e034bff679172803da5b71550619c2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБЛАСТНОЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МГОУ)
Физико-математический факультет
Кафедра теоретической физики

Согласовано управлением организации и
контроля качества образовательной
деятельности
«22» июня 2021 г.
Начальник управления _____
/ Г.Е. Суслин /

Одобрено учебно-методическим советом
Протокол «22» июня 2021 г. № 5
Председатель _____
/ О.А. Шестакова /



Рабочая программа дисциплины

Квантовая теория

Направление подготовки

03.03.02 Физика

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

Очная

Согласовано учебно-методической комиссией
физико-математического факультета:
Протокол от «17» июня 2021 г. № 12
Председатель УМКом _____
/Барабанова Н.Н./

Рекомендовано кафедрой теоретической
физики
Протокол от «10» июня 2021 г. № 11
Зав. кафедрой _____
/Беляев В.В./

Мытищи
2021

Автор-составитель:

Кузнецов Михаил Михайлович, доктор физико-математических наук,
профессор кафедры теоретической физики

Рабочая программа дисциплины «Квантовая теория» составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБРНАУКИ РОССИИ от 07.08.2020 г. № 891.

Дисциплина входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения.

Год начала подготовки 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ	4
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ.....	4
3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	4
4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ.....	6
5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	7
6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....	10
7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ	14
8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	14
9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	15

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

1.1. Цель и задачи дисциплины

Цели освоения дисциплины: ознакомление студентов с концептуальными основами дисциплины «Квантовая теория» как современной комплексной фундаментальной науки; формирование естественнонаучного мировоззрения на основе знания особенностей, основных принципов и закономерностей развития Вселенной; интеллектуальное развитие студентов через систему классических и современных естественнонаучных концепций.

Задачи дисциплины: ознакомить студентов с основными проблемами, закономерностями, историей и тенденциями развития квантовой теории, в которых раскрываются фундаментальные научные проблемы современной науки; сформировать понимание принципов преемственности, соответствия и непрерывности в изучении природы; дать представление о революциях в теоретической физике и смене научных мировоззрений как ключевых этапах развития естествознания; сформировать понимание сущности фундаментальных законов природы, определяющих облик современного естествознания, к которым сводится множество законов теоретической физики; сформировать знания, необходимые для изучения смежных дисциплин; расширить кругозор, сформировать научное мышление и научное мировоззрение, основанное на синтезе естественнонаучных и гуманитарных концепций.

1.2. Планируемые результаты обучения

В результате освоения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие компетенции:

ОПК-1 – способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина «Квантовая теория» модуля «Теоретическая физика» входит в обязательную часть Блока 1. «Дисциплины (модули)» и является обязательной для изучения и является обязательной для изучения, содержит изложение основных методов квантовой теории. В программу курса входят изучение основ квантовой теории. При этом изучаются волновая функция и её физический смысл, нестационарное и стационарное уравнения Шрёдингера, а также элементы математического аппарата квантовой теории. Кроме того, студенты знакомятся с такими квантовыми системами и явлениями, как частица в потенциальной яме, туннельный эффект, а также квантовый гармонический осциллятор, квантовый момент импульса и водородоподобный атом. При этом большое внимание уделяется методам построения собственных значений и собственных волновых функций основных квантовых систем.

Знание современных фундаментальных научных положений естествознания, его мировоззренческих и методологических выводов является необходимым элементом подготовки специалистов в любой области деятельности.

Основу для изучения дисциплины составляют программы по дисциплинам «Механика», «Электричество и магнетизм», «Оптика» общего курса физики, по дисциплинам «Математический анализ», «Линейная алгебра», «Векторный и тензорный анализ», «Дифференциальные уравнения», «Теория вероятностей и математическая статистика» и «Линейные и нелинейные уравнения математической физики» математики, а также по дисциплине «Теоретическая механика» курса теоретической физики. Знания и навыки, полученные при изучении дисциплины, дадут возможность студентам осваивать такие дисциплины учебного плана, как «Статистическая физика», «Физическая кинетика», а также «Введение в физику жидких кристаллов» и «Введение в физику нанотехнологии», на качественно более высоком уровне.

3. ОБЪЁМ И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Объём дисциплины

Показатель объёма дисциплины	Очная форма обучения
Объём дисциплины в зачетных единицах	4

Объём дисциплины в часах	144
Контактная работа:	92,3
Лекции	30
Практические занятия	60
Контактные часы на промежуточную аттестацию:	2,3
Экзамен	0,3
Предэкзаменационная консультация	2
Самостоятельная работа	42
Контроль	9,7

Формой промежуточной аттестации является экзамен в 6 семестре.

3.2. Содержание дисциплины

Наименование разделов (тем) с кратким содержанием	Количество часов	
	Лекции	Практические занятия
Тема 1. Уравнение Шрёдингера Волны де Бройля. Нестационарное уравнение Шрёдингера. Волновая функция. Уравнение неразрывности. Стационарное уравнение Шрёдингера. Собственные энергии и собственные волновые функции. Частица в потенциальной яме. Потенциальный барьер и туннельный эффект	6	12
Тема 2. Математические методы квантовой теории Пространство волновых функций. Операторы физических величин. Средние значения и неопределённости физических величин. Критерии точного измерения физических величин. Соотношения неопределённостей Гейзенберга. Уравнение Эренфеста. Собственные значения и волновые функции операторов физических величин. Редукция волновой функции. Матричные элементы операторов	6	12
Тема 3. Квантовый гармонический осциллятор Одномерный квантовый гармонический осциллятор. Уровни энергии. Повышающий и понижающий операторы и собственные волновые функции квантового гармонического осциллятора. Метод факторизации	6	12
Тема 4. Угловой момент в квантовой теории Угловой момент в квантовой механике. Собственные значения и структура собственных функций оператора углового момента. Орбитальный момент импульса. Его собственные значения и собственные функции в сферических координатах. Спин. Оператор спина электрона. Спиноры. Матрицы Паули	6	12
Тема 5. Центральное-симметричное поле в квантовой теории Движение в центральном-симметричном поле в квантовой механике. Водородоподобный атом. Его уровни энергии, собственные волновые функции. Квантовые числа водородоподобного атома. Правила отбора. Изотопический сдвиг. Атомы щелочных металлов	6	12
Итого	30	60

4. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Темы для самостоятельного изучения	Изучаемые вопросы	Количество часов	Формы самостоятельной работы	Методические обеспечения	Формы отчетности
Уравнение Шрёдингера	Волны де Бройля. Нестационарное уравнение Шрёдингера. Волновая функция. Уравнение неразрывности. Стационарное уравнение Шрёдингера. Собственные энергии и собственные волновые функции. Частица в потенциальной яме. Потенциальный барьер и туннельный эффект	8	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, реферат, решенные задачи
Математические методы квантовой теории	Пространство волновых функций. Операторы физических величин. Средние значения и неопределённости физических величин. Критерии точного измерения физических величин. Соотношения неопределённостей Гейзенберга. Уравнение Эренфеста. Собственные значения и волновые функции операторов физических величин. Редукция волновой функции. Матричные элементы операторов	8	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, реферат, решенные задачи
Квантовый гармонический осциллятор	Одномерный квантовый гармонический осциллятор. Уровни	8	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, ре-	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, реферат, решенные задачи

	энергии. Повышающий и понижающий операторы и собственные волновые функции квантового гармонического осциллятора. Метод факторизации		шение задач		
Угловой момент в квантовой теории	Угловой момент в квантовой механике. Собственные значения и структура собственных функций оператора углового момента. Орбитальный момент импульса. Его собственные значения и собственные функции в сферических координатах. Спин. Оператор спина электрона. Спиноры. Матрицы Паули	8	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, реферат, решенные задачи
Центрально-симметричное поле в квантовой теории	Движение в центрально-симметричном поле в квантовой механике. Водородоподобный атом. Его уровни энергии, собственные волновые функции. Квантовые числа водородоподобного атома. Правила отбора. Изотопический сдвиг. Атомы щелочных металлов	10	Работа с литературой, сетью Интернет, консультации, решение задач	Рекомендуемая литература. Ресурсы Интернет	Конспект, реферат, решенные задачи
Итого		42			

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код и наименование компетенции	Этапы формирования
--------------------------------	--------------------

ОПК-1 – способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности;	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.
--	--

5.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Оцениваемые компетенции	Уровень сформированности	Этапы формирования	Описание показателей	Критерии оценивания	Шкала оценивания
ОПК-1	Пороговый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	знать основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости; уметь грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей	Посещение, реферат, решение задач, домашнее задание, экзамен	41-60
	Продвинутый	1. Работа на учебных занятиях. 2. Самостоятельная работа.	знать основные модели задач в рамках дисциплины с учетом их границ применимости; уметь грамотно использовать в профессиональной деятельности базовые знания фундаментальных разделов математики, создавать математические модели типовых профессиональных задач и интерпретировать полученные результаты с учетом границ применимости моделей владеть методами использования в профессиональной деятельности базовых знаний фундаментальных разделов математики для создания математических моделей типовых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей	Посещение, реферат, решение задач, домашнее задание, экзамен	61-100

5.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования

ния компетенций в процессе освоения образовательной программы

Примеры домашних заданий

1. Волновая функция задаётся на всей вещественной оси выражением

$$\Psi(x) = Ax \exp\left[-\frac{x^2}{2x_0^2}\right],$$

где x_0 – константа с размерностью длины. Вычислить нормировочную константу A .

2. Доказать тождества:

$$[\hat{F}, \hat{G}] = -[\hat{G}, \hat{F}]; \quad \{\hat{F}, \hat{G}\} = \{\hat{G}, \hat{F}\}.$$

3. Разложить оператор $(\hat{F} - \lambda\hat{G})^{-1}$ по степеням малого параметра λ .

4. Раскрыть скобки:

$$\left(\frac{x}{x_0} - \frac{\hat{p}_x}{p_0}\right)\left(\frac{x}{x_0} + \frac{\hat{p}_x}{p_0}\right); \quad \left(\frac{x}{x_0} + \frac{\hat{p}_x}{p_0}\right)^2; \quad \left(\frac{x}{x_0} + \frac{\hat{p}_x}{p_0}\right)^3.$$

5. Вычислить коммутаторы:

$$[\mathbf{r}, (\mathbf{r}\hat{p})]; \quad [\hat{p}, r^2]; \quad [r^2, (\mathbf{r}\hat{p})]; \quad [\hat{p}^2, (\mathbf{r}\hat{p})]; \quad [r^2, \hat{H}]; \quad [\hat{p}^2, \hat{H}]; \quad [(\mathbf{r}\hat{p}), \hat{H}].$$

6. Доказать, что произвольный оператор можно однозначно представить в виде суммы эрмитова и антиэрмитова операторов.

7. Записать операторы \hat{L}_z и \hat{L}^2 в сферических координатах.

8. Получить аналитический вид оператора 3-мерного сдвига:

$$\hat{T}_a \Psi(\mathbf{r}) \stackrel{\text{def}}{=} \Psi(\mathbf{r} - \mathbf{a}).$$

9. Среди величин \mathbf{r} , \mathbf{p} , \mathbf{L} , L^2 найти пары совместно измеримых. Для совместно измеримых записать соотношения неопределённостей.

10. Показать, что функция $\Psi(\theta) = \cos \theta$ является собственной функцией оператора $\hat{F} = -\frac{1}{\sin \theta} \frac{d}{d\theta} \left(\sin \theta \frac{d}{d\theta} \right)$, и найти соответствующее собственное значение.

Примеры вариантов решения задач

Вариант 1

1. Найти матричный элемент $\langle n+1 | x^3 | n \rangle$ для одномерного гармонического осциллятора.
2. Вычислить $a^+ a^n - a^n a^+$, где a – понижающий оператор для одномерного гармонического осциллятора.
3. В состоянии ψ_m с определённой проекцией углового момента на ось z , т.е. когда $J_z \psi_m = m\hbar \psi_m$, найти среднее значение $\langle J_y J_x \rangle$.
4. Частица массой m движется в центрально-симметричном поле и находится в сферически-симметричном стационарном состоянии. Волновая функция частицы в этом состоянии $\Psi = Ae^{-ar}$. Найти потенциальную энергию частицы $U(r)$, если $U(\infty) = 0$.
5. Электрон в атоме водорода находится в основном состоянии. Найти среднее значение квадрата радиуса электрона $\langle r^2 \rangle$.

Вариант 2

1. Найти матричный элемент $\langle l-1 | L_x | l \rangle$ для орбитального момента импульса.
2. Найти среднее значение $\langle p_x^2 \rangle$ для состояния $\Psi = 2^{-1/2}(\Psi_n + \Psi_{n-1})$, где Ψ_n и Ψ_{n-1} – нормированные собственные волновые функции одномерного гармонического осциллятора.
3. Вычислить $\exp(i\phi\sigma_x)$, где σ_x – матрица Паули.
4. Электрон в атоме водорода находится в сферически-симметричном стационарном состоянии, описываемом волновой функцией $\Psi = Ae^{-ar}$. Найти энергию электрона в этом состоянии.
5. Волновая функция частицы, находящейся в одномерном состоянии, в области $x > 0$ равна $\Psi(x) = A(e^{-\alpha x} - e^{-2\alpha x})$, а вне этой области $\Psi(x) = 0$. Найти постоянную $A > 0$ и вероятность нахождения частицы на отрезке $[1/\alpha, 2/\alpha]$.

Темы рефератов

1. Матричный и волновой подходы в квантовой теории.
2. Метод континуального интеграла в квантовой теории.
3. Когерентные состояния в квантовой теории и их применение.
4. Функция Вигнера в квантовой теории.
5. Чистые и смешанные состояния. Матрица плотности.
6. Упругое рассеяние в центральном поле.
7. Метод квазиклассического приближения в квантовой теории.
8. Сложение моментов в квантовой теории. Теорема Вигнера – Экарта.
9. Электронный парамагнитный резонанс.
10. Уравнение Шрёдингера и пространственно-временные преобразования.
11. Уравнение Паули и калибровочные преобразования.
12. Спин электрона и квантовые компьютеры.

Вопросы для экзамена

1. Волны де Бройля. Правило квантования.
2. Нестационарное уравнение Шрёдингера.
3. Волновая функция. Уравнение неразрывности.
4. Стационарное уравнение Шрёдингера.
5. Частица в потенциальной яме.
6. Потенциальный барьер и туннельный эффект.
7. Пространство волновых функций. Операторы физических величин.
8. Средние значения и неопределённости физических величин.
9. Соотношения неопределённостей Гейзенберга.
10. Уравнение Эрнфеста для эволюции физических величин.
11. Набор собственных значений и волновых функций операторов физических величин. Его свойства.
12. Матричный формализм в квантовой механике.
13. Одномерный квантовый гармонический осциллятор. Уровни энергии. Матричные элементы операторов координаты и импульса.
14. Повышающий и понижающий операторы и собственные волновые функции квантового гармонического осциллятора.
15. Угловой момент в квантовой механике. Собственные значения и структура собственных функций оператора углового момента.
16. Орбитальный момент импульса. Его собственные значения и собственные функции в сферических координатах.
17. Спин. Оператор спина электрона. Спиноры. Матрицы Паули.
18. Движение в центрально-симметричном поле в квантовой механике.
19. Водородоподобный атом. Его уровни энергии и собственные волновые функции.
20. Квантовые числа водородоподобного атома. Правила отбора.
21. Изотопический сдвиг. Атомы щелочных металлов.

5.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Оценивание степени освоения обучающимися дисциплины осуществляется на основе положения «Положение о балльно-рейтинговой системе оценки успеваемости студентов МГОУ», утверждённого решением Ученого совета МГОУ от 20 февраля 2012 г. протокол № 4.

Сопоставимость рейтинговых показателей студента по разным дисциплинам и Балльно-рейтинговой системы оценки успеваемости студентов обеспечивается принятием единого механизма оценки знаний студентов, выраженного в баллах, согласно которому 100 баллов – это полное усвоение знаний по учебной дисциплине, соответствующее требованиям учебной про-

граммы.

Максимальный результат, который может быть достигнут студентом по каждому из Блоков рейтинговой оценки – 100 баллов.

Шкала соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам:

100 – 81 баллов – «отлично» (5); 80 – 61 баллов – «хорошо» (4); 60 – 41 баллов – «удовлетворительно» (3); до 40 баллов – «неудовлетворительно».

Ответ обучающегося на экзамене оценивается в баллах с учетом шкалы соответствия рейтинговых оценок пятибалльным оценкам.

Оценка по 5-балльной системе		Оценка по 100-балльной системе
5	Отлично	81 – 100
4	Хорошо	61 – 80
3	Удовлетворительно	41 – 60
2	Неудовлетворительно	0 – 40

В зачётно-экзаменационную ведомость и зачётную книжку выставляются оценки по пятибалльной шкале и рейтинговые оценки в баллах.

При получении студентом на экзамене неудовлетворительной оценки в ведомость выставляется рейтинговая оценка в баллах (<40 баллов), соответствующая фактическим знаниям (ответу) студента.

Критерии оценки знаний студентов в рамках каждой учебной дисциплины или групп дисциплин вырабатываются преподавателями согласованно на кафедрах Университета исходя из требований образовательных стандартов.

Процедура оценивания знаний и умений состоит из следующих составных элементов:

- 1) учёт посещаемости лекционных и практических занятий осуществляется по ведомости, представленной ниже в форме таблицы;
- 2) текущий контроль.

Для допуска к экзамену нужно выполнить все домашние задания, решить все задачи, а также защитить один реферат по выбору студента. На экзамене студент должен ответить на два теоретических вопроса.

Итоговая оценка складывается из оценок за посещение занятий, за опросы, за домашние задания, за контрольные работы, за реферат, а также за экзамен с оценкой не менее «удовлетворительно». Максимальная итоговая оценка – 100 баллов.

Московский государственный областной университет
Ведомость учета посещения
Физико-математический факультет

Направление: Физика

Дисциплина: Квантовая теория

Группа № _____

Преподаватель: _____

№ п/п	Фамилия И.О. студента	Посещение занятий						Итого %
		1	2	3	4	18	
1.		+	-	+	-		+	61
2.		-	+	+	+		+	66

Московский государственный областной университет
Ведомость учета текущей успеваемости
Физико-математический факультет

Направление: Физика

Дисциплина: Квантовая теория

Группа № _____

Преподаватель: _____

№ п/п	Фамилия И.О.	Сумма баллов, набранных в семестре				Подпись преподав.	Сумма баллов за экзамен до 50 баллов	Общая сумма баллов	Итоговая оценка		Подпись преподавателя
		Посещение до 20 баллов	Решение задач до 10 баллов	Дом. задания до 10 баллов	Защита реферата до 10 баллов				Цифра	Пропись	
1	2	3	4	5	6	8	9	10	11	12	13
1.											
2.											
3.											

Шкала и критерии оценивания посещаемости

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий(отлично)</i>	Если студент посетил 81-100% от всех занятий.	16-20
<i>Оптимальный(хорошо)</i>	Если студент посетил 61-80% от всех занятий.	11-15
<i>Удовлетворительный</i>	Если студент посетил 41-60% от всех занятий	6-10
<i>Неудовлетворительный</i>	Если студент посетил 0-40% от всех занятий	0-5

Шкала и критерии оценивания решения задач

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий(отлично)</i>	Если студент решил 71-90% от всех задач	8-10
<i>Оптимальный(хорошо)</i>	Если студент решил 51-70% от всех задач	5-7
<i>Удовлетворительный</i>	Если студент решил 31-50% от всех задач	2-4
<i>Неудовлетворительный</i>	Если студент решил 0-30% от всех задач	0-1

Шкала и критерии оценивания домашних работ

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий(отлично)</i>	Если студент решил 71-90% от всех домашних работ	8-10
<i>Оптимальный(хорошо)</i>	Если студент решил 51-70% от всех домашних работ	5-7
<i>Удовлетворительный</i>	Если студент решил 31-50% от всех домашних работ	2-4
<i>Неудовлетворительный</i>	Если студент решил 0-30% от всех домашних работ	0-1

Структура оценивания экзаменационного ответа

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
<i>Высокий</i>	Полные и точные ответы на два вопроса экзаменационного билета. Свободное владение основными терминами и понятиями курса; последовательное и логичное изложение материала курса; законченные выводы и обобщения по теме вопросов; исчерпывающие ответы на вопросы при сдаче экзамена.	37-50
<i>Оптимальный</i>	Полные и точные ответы на два вопроса экзаменационного билета. Знание основных терминов и понятий курса; последовательное изложение материала курса; умение формулировать некоторые обобщения по теме вопросов; достаточно полные ответы на вопросы при сдаче экзамена.	23-36
<i>Удовлетворительный</i>	Полный и точный ответ на один вопрос экзаменационного билета. Удовлетворительное знание основных терминов и понятий курса; удовлетворительное знание и владение методами и средствами решения задач; недостаточно последовательное изложение материала курса; умение формулировать отдельные выводы и обобщения по теме вопросов.	9-22
<i>Неудовлетворительный</i>	Полный и точный ответ на один вопрос экзаменационного билета и менее.	0-8

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Основная литература

1. Степанов, Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия в 2 ч. Часть 1 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ф. Степанов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 233 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9385-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/B748D8AF-B899-4DDD-9C8E-795ECEE3F963.

2. Степанов, Н. Ф. Квантовая механика и квантовая химия в 2 ч. Часть 2 : учебник и практикум для академического бакалавриата / Н. Ф. Степанов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 283 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-9916-9390-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/4E1E269F-666A-4075-9CE7-34E345C3E85D.

3. Хренников, А. Ю. Квантовая физика и неколмогоровские теории вероятностей : учебное пособие для вузов / А. Ю. Хренников. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 219 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-04355-6. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/B340F549-8A96-44EF-BE30-F4C28016A103.

4. Вергелес, С. Н. Теоретическая физика. Квантовая электродинамика : учебник для бакалавриата и магистратуры / С. Н. Вергелес. — 4-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 262 с. — (Серия : Бакалавр и магистр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-01663-5. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/A633F9EA-3DA5-49B7-B4E3-4724CC02232A.

5. Ефремов, Ю. С. Квантовая механика : учебное пособие для вузов / Ю. С. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 458 с. — (Серия : Университеты России). — ISBN 978-5-534-04975-6. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/9C203039-ED72-441A-9807-E742AB812981.

6.2. Дополнительная литература

1. Байков Ю.А., Кузнецов В.М. Квантовая механика: учебное пособие. – М.: БИНОМ, 2015. – 294 с.
2. Горлач, В. В. Физика: квантовая физика. Лабораторный практикум : учебное пособие для прикладного бакалавриата / В. В. Горлач. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2019. — 114 с. — (Серия : Бакалавр. Прикладной курс). — ISBN 978-5-534-10137-9. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/514CA632-4271-4EAD-93E4-FCE321C8936F.
3. Ефремов Ю.С. Квантовая механика. Учебное пособие для вузов. – М.: Юрайт, 2017. – 454 с.
4. Зверев Н.В. Избранные задачи квантовой механики: сравнение теории с эксперимент. данными: практикум по теор. физике. – М.: МГОУ, 2012. – 53 с.
5. Иродов И.Е. Квантовая физика: основные законы. – М.: Бином, 2013. – 256 с.
6. Квантовая динамика молекул, взаимодействующих с фотонами, фононами и туннельными системами [Электронный ресурс] / И.С. Осадько - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2018. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922117630.html>.
7. Квантовая теория излучения атомных частиц: Учебное пособие / Крайнов В.П., Смирнов Б.М. - Долгопрудный:Интеллект, 2015. - 296 с.: 60x90 1/16 (Переплёт) ISBN 978-5-91559-204-8 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/552258>.
8. Квантовая теория углового момента и её приложения. В 2 т. Т. 1 [Электронный ресурс] / Д.А. Варшалович, В.К. Херсонский, Е.В. Орленко, А.Н. Москалев - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2017. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785922116978.html>.
9. Квантовая физика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Сарина М.П. - Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2016. - <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785778228962.html>.
10. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика. В 10 томах. Том 3. Квантовая механика. Нерелятивистская теория. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 800 с.
11. Сергеев, Н. А. Основы квантовой теории ядерного магнитного резонанса : монография / Н. А. Сергеев, Д. С. Рябушкин. – М. : Логос, 2013. – 272 с. - ISBN 978-5-98704-754-5 - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog/product/469025>.
12. Тарасов Л.В. Основы квантовой механики. Учебное пособие. – М.: Либроком, 2017. – 278 с.
13. Тимофеевская О.Д., Хрусталева О.А. Лекции по квантовой механике. – М.: Ленанд, 2017. – 320 с.
14. Фок В.А. Начала квантовой механики. – М.: ЛКИ, 2017. – 376 с.

6.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. http://mgou.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=48&Itemid=614
2. Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru>

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Грань Т.Н., Холина С.А. Методические рекомендации по проведению лекционных занятий.
2. Грань Т.Н., Холина С.А. Методические рекомендации по проведению лабораторных и практических занятий.

8. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Лицензионное программное обеспечение:

Microsoft Windows

Microsoft Office

Kaspersky Endpoint Security

Информационные справочные системы:

Система ГАРАНТ

Система «КонсультантПлюс»

Профессиональные базы данных

fgosvo.ru

pravov.gov.ru

www.edu.ru

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной

аттестации, укомплектованные учебной мебелью, доской, демонстрационным оборудованием.

- помещения для самостоятельной работы, укомплектованные учебной мебелью, персональными компьютерами с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду МГОУ;

- помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования, укомплектованные мебелью (шкафы/стеллажи), наборами демонстрационного оборудования и учебно-наглядными пособиями;

- лаборатория, оснащенная лабораторным оборудованием: комплект учебной мебели, проектор, проекционная доска, персональные компьютеры с подключением к сети Интернет и обеспечением доступа к электронным библиотекам и в электронную информационно-образовательную среду МГОУ.