

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наумова Наталья Александровна
Должность: Ректор
Дата подписания: 24.10.2024 14:21:41
Уникальный программный идентификатор:
6b5279da4e034bffa679172803da5b7b559fc69e2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ
Государственное образовательное учреждение высшего образования Московской области
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ОБЛАСТНОЙ УНИВЕРСИТЕТ
(МГОУ)

Факультет физико-математический
Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДЕН на заседании кафедры
Протокол «10» июня 2021г. №11
Зав. кафедрой _____
/Беляев В.В./

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине
Квантовая теория

Направление подготовки:
03.03.02 Физика

Мытищи
2021

Автор-составитель:

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

Фонд оценочных средств дисциплины «Квантовая теория» составлен в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 03.03.02 Физика, утвержденного приказом МИНОБР-НАУКИ 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

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

Изучение дисциплины «Квантовая теория» модуля «Теоретическая физика» позволяет сформировать у бакалавров следующие компетенции, необходимые для педагогической, культурно-просветительской и научно-исследовательской деятельности:

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.

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 типо-	Посещение, реферат, решение задач, домашнее задание, экзамен	61-100

			вых профессиональных задач и интерпретации полученных результатов с учетом границ применимости моделей		
--	--	--	--	--	--

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

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

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 $\mathbf{r}$, $\mathbf{p}$, $\mathbf{L}$, $\mathbf{L}^2$ 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 контрольной работы

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 $\exp(i\varphi\sigma_x)$, 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 $\Psi(x) = A(e^{-ax} - e^{-2ax})$, 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 Эренфеста 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.

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».

Шкала 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	21 – 40
1	Необходимо повторное изучение	0 – 20

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

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

Общее количество баллов по дисциплине – 100 баллов.

Максимальное количество баллов, которое можно набрать в течение семестра за посещаемость, опросы, домашние задания, контрольную работу и реферат – 50 баллов.

За посещение лекционных занятий и написание конспектов обучающийся может набрать максимально 10 баллов.

За опросы на занятиях обучающийся может набрать максимально 10 баллов.

За выполнение домашних заданий обучающийся может набрать максимально 10 баллов (5 заданий по 2 балла).

За выполнение контрольной работы обучающийся может набрать максимально 10 баллов.

За защиту реферата по дисциплине обучающийся может набрать максимально 10 баллов.

Максимальная сумма баллов, которые обучающийся может набрать при сдаче экзамена, составляет 50 баллов.

Для сдачи экзамена по дисциплине необходимо выполнить контрольную работу (получить допуск к зачёту у преподавателя). Существенным моментом является посещаемость занятий (в случае пропусков занятий предполагается более подробный опрос по темам пропущенных занятий). На экзамен выносятся материал, излагаемый в лекционном курсе и рассматриваемый на практических занятиях. Для получения экзамена надо правильно ответить на несколько поставленных вопросов.

Критерии и шкала оценивания работы студентов на лекциях и практических занятиях

Показатели степени обученности	Шкала
Присутствовал на занятии, слушал, смотрел, записывал под диктовку, переписывал с доски и т.п. Отличает какой-либо процесс, объект и т.п. от их аналогов только тогда, когда ему их предъявляют в готовом виде.	0 – 1 балла
Запомнил большую часть текста, правил, определений, формулировок, законов и т.п., но объяснить ничего не может (механическое запоминание). Демонстрирует полное воспроизведение изученных правил, законов, фор-	2 – 3 баллов

мулировок, математических и иных формул и т.п., однако затрудняется что-либо объяснить.	
Объясняет отдельные положения усвоенной теории, иногда выполняет такие мыслительные операции, как анализ и синтез. Отвечает на большинство вопросов по содержанию теории, демонстрируя осознанность усвоенных теоретических знаний, проявляя способность к самостоятельным выводам и т.п.	4 – 6 баллов
Чётко и логично излагает теоретический материал, свободно владеет понятиями и терминологией, способен к обобщению изложенной теории, хорошо видит связь теории с практикой, умеет применить её в простейших случаях. Демонстрирует полное понимание сути изложенной теории и свободно применяет её на практике. Выполняет почти все практические задания, иногда допуская незначительные ошибки, которые сам и исправляет. Легко выполняет практические задания на уровне переноса, свободно оперируя усвоенной теорией в практической деятельности. Оригинально, нестандартно применяет полученные знания на практике, формируя самостоятельно новые умения на базе полученных ранее знаний и сформированных умений и навыков.	7 – 8 баллов

Критерии и шкала оценивания конспекта

Критерий	Баллы
Текст конспекта логически выстроен и точно изложен, ясен весь ход рассуждения	0,5
Даны ответы на все поставленные вопросы, изложены научным языком, с применением терминологии	0,5
Ответ на каждый вопрос заканчиваться выводом, сокращения слов в тексте отсутствуют (или использованы общепринятые)	0,5
Оформление соответствует образцу. Представлены необходимые таблицы и схемы	0,5

По результатам оценивания обучающийся может получить:

Пороговый уровень – до 1 балла;

Продвинутый уровень – 1,5-2 баллов.

Шкала оценивания ответов обучающегося на опросах

Показатель	Баллы
Студент правильно ответил на 0 – 30% всех заданных вопросов	0 – 1
Студент правильно ответил на 31 – 50% всех заданных вопросов	2 – 4
Студент правильно ответил на 51 – 75% всех заданных вопросов	5 – 7
Студент правильно ответил на 76 – 100% всех заданных вопросов	8 – 10

Шкала оценивания домашней работы

Показатель	Баллы
Студент правильно ответил на 0 – 30% всех домашних вопросов	0 – 1
Студент правильно ответил на 31 – 50% всех домашних вопросов	2 – 4
Студент правильно ответил на 51 – 75% всех домашних вопросов	5 – 7
Студент правильно ответил на 76 – 100% всех домашних вопросов	8 – 10

Шкала оценивания контрольной работы

Показатель	Баллы
Студент не решил задачи и показал полное незнание темы задания	0 – 1
Студент не решил задачи, но имеются только одна – две идеи или подходы к решению задач	2 – 3
Студент в целом решил задачи, но в решении имеются заметные и грубые ошибки, недостатки и недочёты	4 – 6
Студент решил задачи, однако в решении имеются незначительные ошибки, недостатки и недочёты	7 – 8
Студент решил задачи и показал полное и уверенное знание темы задания	9 – 10

Критерии и шкала оценивания реферата (доклада)

Критерий	Баллы
Обзор источников информации	2,5
Логика изложения материала	2,5
Убедительность сформулированных выводов	2,5
Качество оформления	2,5

По результатам оценивания обучающийся может получить:

Пороговый уровень – до 5 балла;

Продвинутый уровень – 7,5-10 баллов.

Критерии и шкала оценивания ответов обучающегося на экзамене

Уровни оценивания	Критерии оценивания	Баллы
Отлично	Полные и точные ответы на все вопросы. Свободное владение основными терминами и понятиями курса. Последовательное и логичное изложение материала курса. Законченные выводы и обобщения по теме вопросов. Исчерпывающие ответы на вопросы.	41 – 50
Хорошо	Ответы на вопросы содержат от одной до трёх негрубых ошибок. Уверенное владение терминами и понятиями курса. Изложение материала курса почти всегда логично и последовательно. Выводы и обобщения по теме вопросов содержат до трёх логически незаконченных положений. Ответы на вопросы в основном исчерпывающие.	31 – 40
Удовлетворительно	Ответы на вопросы в целом правильные, но содержат более трёх ошибок, в том числе грубых. Владение терминами и понятиями курса неуверенное. Изложение материала часто нелогично и не всегда последовательно. Выводы и обобщения по теме вопросов содержат более трёх логически незаконченных положений. Ответы на вопросы неполные.	21 – 30
Неудовлетворительно	Правильные ответы на менее половины вопросов. Отсутствие владения основными понятиями курса. Материал изложен нелогично, непоследовательно и неправильно. Выводы и обобщения по теме вопросов почти всегда содержат логически незаконченные темы.	0 – 20