Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Смирнов Сергей Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Должность: врио ректора

Дата подписания: 10.08.2023 16:00 ТБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Уникальный программный ключ:

69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько

2023 г. мая

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

Квантовая механика

Направление подготовки 03.03.02 Физика

профиль

Физика конденсированного состояния вещества

Для студентов 3,4 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н., доцент Зубков В.В.

I. Аннотация

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины является: формирование у студентов основных представлений о квантовых закономерностях

Задачами освоения дисциплины являются:

- изучение основных физических моделей и процессов в рамках как нерелятивистской, так и релятивистской квантовой механики;
- установление связи между различными физическими явлениями, вывод основных законов в виде математических уравнений.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Квантовая механика» изучается в модуле Теоретическая физика Блока 1. Дисциплины обязательной части учебного плана ООП.

Раздел теоретической физики «Квантовая механика» излагается в 6-7 семестрах и его главной задачей является создание фундаментальной базы знаний, на основе которой в дальнейшем можно развивать более углубленное и детализированное изучение всех разделов физики: теоретической физики и дисциплин модуля «Физика конденсированного состояния». Также, освоение данной дисциплины необходимо, как предшествующее, для дисциплин, формирующих профессиональные компетенций в рамках «Элективных модулей».

Для успешного освоения дисциплины необходимо уверенно владеть математическим аппаратом в рамках курсов «Математический анализ», «Аналитическая геометрия и линейная алгебра», «Дифференциальные уравнения». Некоторые необходимые элементы математического и функционального анализа и алгебры, не входящие в стандартный курс высшей математики, читаемой для физиков, вводятся по мере необходимости.

3. Объем дисциплины: <u>10</u> зачетных единиц, <u>360</u> академических часов, **в том числе**:

контактная аудиторная работа: лекции 58 часов, практические занятия 58 часа;

самостоятельная работа: 244 часа, в том числе контроль 27 часов.

4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие; УК-1.2. Определяет, интерпретирует и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи; УК-1.5. Рассматривает и предлагает возможные варианты решения поставленной задачи, оценивая их достоинства и недостатки.
ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физикоматематических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.	ОПК-1.1. Анализирует физические объекты и процессы с применением базовых знаний в области физико-математических наук; ОПК-1.2. Применяет знания в области физико-математических наук при решении практических задач в сфере профессиональной деятельности.
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные.	ОПК-2.2. Решает теоретические задачи и проводит моделирование физических объектов, систем и процессов в рамках научного исследования.

5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения

Зачет в 6 семестре, экзамен в 7 семестре.

6. Язык преподавания: русский.

П. Содержание дисциплины, структурированное по темам с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

1. Для студентов очной формы обучения

1. для студентов очной формы обучения				
			гактная	
		рабо	га (час.)	Rı
Наименование разделов и тем	Всего (час.)	Лекции	Практические работы	Самостоятельная работа (час.)
1. Исторические предпосылки создания квантовой	5	2	1	2
механики.				
2. Линейные операторы. Задача на собственные	6	2	1	2
функции и собственные значения. Эрмитовы				
операторы и их свойства.				
3. Уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности.	6	2	2	1
Стационарное решение.	7		2	1
4. Соотношение неопределенности Гейзенберга.	7	2	2 2	1
5. Задача движения в поле центральных сил. Водородоподобный атом.	7	2	2	1
6. Квантовый осциллятор. Спектр. Матричное	6	2	2	1
представление.	o	2	2	1
7. Матричное представление квантовой механики.	6	2	2	1
Эрмитовы матрицы. Унитарные матрицы и различные				
преобразования. Свойство унитарных матриц.				
Определение функции операторов.				
8. Момент импульса. Правила коммутации.	6	2	2	1
Собственные функции и собственные значения.	_			
9. Гейзенберговское представление. Гейзенберговское	5	2	2	1
уравнение движения. Связь с уравнениями				
Гамильтона. 10.Законы сохранения и сохраняющиеся величины.	7	2	2	1
Преобразования симметрии. Общие свойства	,	2	<u> </u>	1
преобразования. Понятие о теории групп и				
неприводимых представлениях.				
11.Стационарная теория возмущений (невырожденный	7	2	2	1
случай и с учётом вырождения).				
12.Вариационный принцип. Метод Ритца (для	4	2	1	1
основных и возбуждённых состояний).				
13.Нестационарная теория возмущений. Золотое	5	2	1	1
правило Ферми. Борновское приближение.				-
14. Теория спина Паули. Матрицы Паули. Вектор	6	2	2	1
спина. Магнитный момент.	7	2	2	1
15.Спинорбитальное расщепление в атомах. 16.Аномальный эффект Зеемана.	6	2	2	1
17.Системы тождественных частиц. Принцип Паули.	6	2	2	1
Метод Хартри-Фока.	U	<u> </u>	<u> </u>	1
more and market				

18.Двухэлектронная система. Атом гелия. Парагелий,	5	2	1	2
ортогелий.				
19. Релятивистская квантовая механика. Уравнение	5	2	1	2
Дирака. Плоские волны.				
20. Релятивистские поправки к уравнению	6	2	1	2
Шредингера. Уравнение Паули.				
21. Испускание и поглощение излучения.	5	2	1	2
Коэффициент Эйнштейна. Случай центральных сил.				
Правило отбора.				
22. Периодическая таблица Менделеева. Векторная	6	2	1	2
модель атома.				
23. Тонкая структура атомных уровней. Правило	7	2	2	2
интервалов Ланде, множитель Ланде.				
24. Молекула водорода. Обменное взаимодействие.	6	2	1	2
Энергия связи.				
25. Метод фазовых функций. Фазовое уравнение.	8	2	2	2
26. Движение электрона в периодическом поле.	9	4	1	2
Энергетические зоны. Теорема Блоха.				
27. Система тождественных частиц. Распределение	7	2	2	2
Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.				
28. Приближение свободных электронов в теории	8	4	1	2
металлов. Эффективная масса электрона.				
контроль	27			
ОЛОТИ	180	62	46	42

Ш. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

- Планы практических (семинарских) занятий
- Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов

IV. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Форма проведения зачета/экзамена: студенты, освоившие программу курса могут получить зачет или оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

Если условия «Положения о рейтинговой системе …» не выполнены, то зачет или экзамен сдается согласно «Положению о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ» (протокол №11 от 28 апреля 2021 г.)

1. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-1: способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке

	о химии, оиологии, эколог	ии, наук 0 3 0	мис и челово	CKC
Этап				
формирования	Тиновию монтроли или			
компетенции, в	Типовые контрольные	Показатели и критерии оценивания		
котором	задания для оценки знаний,		ции, шкала о	
участвует	умений, навыков	NOMINOT CIT	<u> </u>	
•				
дисциплина	2	D v		TT V
Начальный	Задания для проверки	Высокий	Средний	Низкий
	сформированности знаний:	уровень	уровень	уровень
		(3 балла по	(2 балла по	(1 балл по
		каждому	каждому	каждому
		критерию)	критерию)	критерию)
	Евклидово и гильбертово	Дает	Дает	Дает
	пространства	определение	определение	определение
		евклидовому	евклидовому	евклидовому и
		И	И	гильбертову
		гильбертову	гильбертову	пространствам
		пространства	пространства	. Испытывает
		м. Описывает свойства	м. Описывает свойства	трудности (путается) в
		пространств.	пространств.	описании
		Понимает их	Затрудняется	свойств
		сходство и	ответить в	евклидового и
		различие.	чем их	гильбертового
		1	сходство и	пространств.
			различие.	Затрудняется
				ответить в чем
				их сходство и
				различие.
	Базис. Линейные операторы.	Имеет четкие	Имеет четкие	Имеет четкие
	Среднее значение оператора.	представлени	представлени	представления
	Функции операторов	я о физических	я о физических	о физических величинах и их
		величинах и	величинах и	связей с
		их связей с	их связей с	операторами.
		операторами.	операторами.	Не умеет
		И умеет	Плохо умеет	оценивать
		оценивать	оценивать	СВЯЗЬ
		связь	связь	измеряемых
		измеряемых	измеряемых	величин с
		величин с	величин с	собственными
		собственным	собственным	значениями
		и значениями	и значениями	операторов.
Промежуточный	Задания для проверки	операторов. Высокий	операторов.	Низкий
проможуточный	l		Средний	
	сформированности умений:	уровень	уровень	уровень
		(3 балла по	(2 балла по	(1 балл по
		каждому	каждому	каждому
		критерию)	критерию)	критерию)
	Найти вероятность отражения	Понимает	Понимает	Понимает
	частицы при прохождении над	физику	физику	физику
	одномерным потенциальным	явления,	явления,	явления,

	Задания для проверки сформированности знаний: Знать постулаты квантовой механики.	ответ. Высокий уровень (3 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Умеет правильно перевести	Средний уровень (2 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Неуверенно переводит физическую	Низкий уровень (1 балл по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Но не умеет правильно связать
	сформированности знаний: Знать постулаты квантовой	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Умеет	уровень (2 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Неуверенно	уровень (1 балл по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Но не умеет
	сформированности знаний: Знать постулаты квантовой	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики.	уровень (2 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики.	уровень (1 балл по каждому критерию) Знает постулаты квантовой механики. Но
	сформированности знаний: Знать постулаты квантовой	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой	уровень (2 балла по каждому критерию) Знает постулаты квантовой	уровень (1 балл по каждому критерию) Знает постулаты квантовой
	сформированности знаний: Знать постулаты квантовой	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию) Знает постулаты	уровень (2 балла по каждому критерию) Знает постулаты	уровень (1 балл по каждому критерию) Знает постулаты
	сформированности знаний: Знать постулаты квантовой	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию) Знает	уровень (2 балла по каждому критерию) Знает	уровень (1 балл по каждому критерию) Знает
	сформированности знаний:	Высокий уровень (3 балла по каждому критерию)	уровень (2 балла по каждому критерию)	уровень (1 балл по каждому критерию)
	= =	Высокий уровень (3 балла по каждому	уровень (2 балла по каждому	уровень (1 балл по каждому
	= =	Высокий уровень (3 балла по	уровень (2 балла по	уровень (1 балл по
	= =	Высокий уровень (3	уровень (2	уровень (1
i e	= =	Высокий	_	
	Задания для проверки		Средний	Низкий
		ответ.		
		_		
		правильный	ответ.	
		Получает	правильный	
		случаем.	Получает	
		классическим	случаем.	
		случаях. Сравнение с	сравнении с классическим	
		м и точном	решения и в	
		приближенно	точного	
		решение в	получении	ответ.
		квантовое	трудности в	неправильный
		получить	Возникают	Получает
		Умеет	механики.	механики.
		механики.	квантовой	квантовой
		квантовой	соотношения	соотношения
		соотношения	основные	основные
		основные	записывает	записывает
		записывает	неуверенно	трудом
		теории, и	теории, но	теории, и с
		квантовой	квантовой	квантовой
	а-частице (в системе центра масс).	ий аппарат	ий аппарат	й аппарат
	упругого рассеяния α-частицы на	математическ	математическ	математически
	Найти дифференциальное сечение	Понимает	Понимает	Понимает
			решение.	
			Получает	
			соотношения.	
			записывая необходимые	
			Шредингера,	
			уравнения	
			решении	
			функцию при	
		решение.	волновую	
		Получает	ые на	
		соотношения.	накладываем	
		необходимые	условия	соотношения.
		записывая	физические	необходимые
		применяет ее,	использует	записывая
		уверенно	Неуверенно	применяет ее,
		му случаю и	му случаю	С трудом
		стационарно	стационарно	случаю.
		К	К	стационарному
	барьера).	в применении	в применении	применении к
	(энергия частицы больше высоты	уравнение Шредингера	уравнение Шредингера	уравнение Шредингера в
	; V(x) = 0 при x > a	задачи. Знает	задачи. Знает	задачи. Знает
	барьером $V(x) = V_0$ при $ x > a$; $V(x) = 0$ при $ x > a$	условии	условии	условии
	\int барьером $V(x) = V_0$ при $ x > a$	указанного в	указанного в	указанного в

		U	
	язык	квантовой	механики с
	квантовой	механики.	решением
	механики.		квантовой
			задачи.
Уравнение Дирака для электрона	Знает	Знает	Знает
во внешнем электромагнитном	физический	физический	физический
поле. Уравнение Паули.	смысл	смысл	смысл
	уравнений.	уравнений.	уравнений.
	Записывает	Записывает	Записывает
	уравнение	уравнение	уравнение
	Дирака и	Дирака и	Дирака и
	Паули.	Паули.	Паули. Не
	Выводит их	Испытывает	может вывести
	из уравнения	трудности	их из
	Шредингера.	при выводе	уравнения
		их из	Шредингера.
		уравнения	
		Шредингера.	

2. Типовые контрольные задания для проверки уровня сформированности компетенции ОПК-3: способность использовать базовые теоретические знания фундаментальных разделов общей и теоретической физики для решения профессиональных задач

Начальный задания для проверки сформированности знаний: уровень уровень уровень уровень (3 балла по каждому критерию) критерию) Свойства скалярного произведения. Знает определение скалярного произведения . Выводит из определения доказательств а свойств скалярного произведения . Испытывает сложность с доказательств а свойств скалярного произведения . Приводит произведения . Не может вывести их из определение . Скалярного произведения . Приводит произведения . Не может произведения . Приводит произведения . Не может . Произведения . Не может . Произведения . Не может . Произведения . Приводит произведения . Приводит произведение . Скалярного	Этап формирования компетенции, в котором участвует дисциплина	Типовые контрольные задания для оценки знаний, умений, навыков	Показатели и критерии оценивани компетенции, шкала оценивания		
сформированности знаний: уровень (3 балла по каждому критерию) уровень (2 балла по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (2 балла по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (2 балла по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (2 балла по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (1 балл по каждому критерию) уровень (2 балла по каждому критерию) уровень (2 балла по каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) уровень каждому критерию) завет скалярного произведения скалярного произведения определение эрмитову оператору. завет скалярного произведения определение эрмитову оператору. уровень скалярного произведения скалярного произведения скалярного произведения скалярного произведения определение эрмитову оператору. уров	Начальный	Задания для проверки	Высокий	Средний	Низкий
Свойства скалярного произведения. Свойства скалярного произведения. Свойства скалярного произведения произведения скалярного произведения а свойств скалярного произведения		_ 	<i>уровень</i>	_	уровень
Каждому критерию) критерию) Свойства скалярного произведения. Определение скалярного произведения скалярного произведения выводит из определение скалярного произведения доказательств а свойств скалярного произведения скалярного произведения доказательств а свойств скалярного произведения доказательств ом свойств скалярного произведения доказательств ом свойств ом свойств ом свойств ом свойств произведения доказательст ом свойств произведения доказательст ом свойст опроизведения доказательст ом свойст опроизведения доказательст ом свойст опроизведения доказательст ом свойст опроизведения доказательст опроизведения доказательст определение опред			* -	* *	* -
Критерию) критерию) Свойства скалярного произведения. Выводит из определения Выводит из определения скалярного произведения Выводит из определения доказательств а свойств скалярного произведения . Приводит примеры. Свойства эрмитовых операторов. Критерию) Критерию Критерию Критерию Критерию Определение скалярного произведения Калярного произведения Канат Приводит примеры. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение эрмитову оператору. Оператору. Критерию Определение определения определения определение определение определение опред			`	,	`
Свойства скалярного произведения. Знает определение скалярного произведения Выводит из определения Опроизведения Определение Опроизведения Определение Определение Опроизведения Определение Опреде				•	•
произведения. Определение скалярного произведения скалярного произведения лемпроизведения допределение скалярного произведения допределения доказательств а свойств скалярного произведения доказательств а свойств скалярного произведения доказательств а свойств скалярного произведения доказательств доказательств а свойств скалярного произведения дом свойств произведения допроизведения допределение допредел		Свойства сканавного			
скалярного произведения произведения произведения произведения произведения произведения произведения произведения сложность с доказательств а свойств а свойств скалярного произведения произведения произведения произведения примеры. Свойства эрмитовых операторов. Скалярного скалярного произведения произведения примеры. Свойства эрмитовых операторов. Свойства эрмитовых операторов. Скалярного произведения примеры. Свойства эрмитовых операторов. Свойства эрмитовых операторов. Скалярного произведения примеры. Свойства эрмитовых операторов. Скалярного произведения определение определение определение эрмитову оператору. Окалярного произведения произведения определение определение определение эрмитову оператору.		<u> </u>			
произведения произведения и примеры. Такти приводит произведения и примеры. Такти примеры и произведения и п		произведения.	-	-	-
. Выводит из определения определения доказательств а свойств скалярного произведения произведения примеры. Свойства эрмитовых операторов. Выводит из определения доказательств доказательств ом свойств скалярного произведения произведения произведения определение. Приводит примеры. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение эрмитову оператору. Ображдания доказательств свойства скалярного произведения произведения определение определение эрмитову оператору. Ображдания доказательств свойства скалярного произведения примеры. Дает определение определение эрмитову оператору. оператору.			-	-	-
определения доказательств доказательств а свойства а свойств скалярного произведения доказательств ом свойств скалярного произведения доказательств ом свойств произведения. Приводит примеры. Приводит примеры. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение эрмитову оператору. Оператору. Оператору.			•	*	
доказательств а свойств а свойств скалярного произведения. ———————————————————————————————————					1 0 10
а свойств скалярного скалярного произведения. Приводит примеры. Свойства эрмитовых операторов. Тори определение эрмитову оператору.			-	доказательств	скалярного
скалярного произведения произведения произведения произведения произведения произведения произведения определение скалярного примеры. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение определение определение определение определение эрмитову оператору. оператору. оператору.			а свойств	ом свойств	-
. Приводит примеры. , но дает им определения определение. Приводит примеры. определение. Скалярного произведения. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение эрмитову оператору. Дает определение эрмитову оператору. Дает определение определение эрмитову оператору. оператору.			скалярного	скалярного	
примеры. определение. Скалярного произведения. Приводит примеры. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение определение эрмитову оператору. оператору. оператору.			произведения	произведения	вывести их из
Приводит произведения. Свойства эрмитовых операторов. Дает определение определение определение эрмитову оператору. оператору. оператору.			. Приводит	, но дает им	определения
Свойства эрмитовых операторов. Дает Определение Определение Определение Определение Определение Определение Определение Определение Оператору. Оператору.			примеры.	определение.	скалярного
Свойства эрмитовых операторов. Дает определение определение эрмитову оператору. Оператору. Дает определение эрмитову оператору.				Приводит	произведения.
определение определение определение эрмитову эрмитову оператору. оператору.					
эрмитову эрмитову эрмитову оператору. оператору.		Свойства эрмитовых операторов.	' '	1 1	
оператору. оператору. оператору.			-	-	-
описывает описывает описывает его					
его свойства. его свойства. свойства.					
					Приводит (без
основные трудности с вывода) математическ выводом основные				* *	,
					математически

		ппа	мотомотиноск	о формули пла
		для эрмитовых	математическ их формул	е формулы для эрмитовых
		операторов	для	операторов.
		операторов	эрмитовых	операторов.
			операторов.	
Промежуточный	Задания для проверки	Высокий	Средний	Низкий
1 2	сформированности умений:	уровень	уровень	уровень
	epopmipodimoenia ymeniai.	(3 балла по	(2 балла по	(1 балл по
		каждому	каждому	каждому
		_	_	
	11 - ×	критерию) Понимает	критерию) Понимает	критерию) Понимает
	Найти уровни энергии и вектора состояния одномерного	физику	физику	физику
	гармонического осциллятора в	физику явления,	физику явления,	физику явления,
	постоянном внешнем поле	указанного в	указанного в	указанного в
		условии	условии	условии
	$H = p^2/2m + kx^2/2 - Fx.$	задачи. Знает	задачи. Знает	задачи. Знает
	Сравнить точный ответ с первой	математическ	математическ	математически
	поправкой к осцилляторным	ие приемы	ие приемы	е приемы
	уровням энергии, если внешнее	для	получения	получения
	поле рассматривается как	получения	точного	точного
	возмущение.	точного	решения	решения
		решения	гармоническо	гармоническог
		гармоническо	го	о осциллятора,
		го	осциллятора,	но не может
		осциллятора.	но возникаю	получить
		Получает	трудности с	точное
		решение.	получением точного	решение.
			решения.	
			Получает	
			решение.	
	Доказать, что если	Понимает	Понимает	Понимает
	$\left[\widehat{A},\widehat{B}\right]=1$, to $\left[\widehat{A},\widehat{B^2}\right]=2\widehat{B}$	математическ	математическ	математически
	[,-] -, [,-]	ий аппарат	ий аппарат	й аппарат
		квантовой	квантовой	квантовой
		теории, и	теории, но	теории, и с
		записывает	неуверенно	трудом
		основные	записывает	записывает
		соотношения	основные	основные
		квантовой	соотношения	соотношения квантовой
		механики. Получает	квантовой механики.	квантовои механики.
		правильный	Получает	Получает
		ответ.	правильный	неправильный
			ответ.	ответ.
	Задания для проверки	Высокий	Средний	Низкий
	сформированности знаний:	уровень (3	уровень (2	уровень (1
		балла по	балла по	балл по
		каждому	каждому	каждому
		критерию)	критерию)	критерию)
	Знать основные положения	Знает	Знает	Знает
	волновой механики.	основные	основные	основные
		положения	положения	положения
		волновой	волновой	волновой
		механики.	механики.	механики. Но
		Умеет	Умеет	не умеет
		правильно	правильно	оценивать
		оценивать	оценивать	средние
		средние	средние	значения
	•	l	I	I поблионовити
		значения наблюдаемых	значения наблюдаемых	наблюдаемых физических

	1	1	T	1
		физических	физических	величин.
		величин.	величин в	
			основных	
			частных	
		2	случаях.	
	Свободное движение	Знает	Знает	Знает
	релятивистского электрона.	основные	основные	основные
		положения	положения	положения
		квантовой	квантовой	квантовой
		физики для	физики для	физики для
		свободного	свободного	свободного
		движения	движения	движения
		релятивистск	релятивистск	релятивистско
		ОГО	ОГО	го электрона. Не может
		электрона. Записывает и	электрона. Записывает и	объяснить
		объясняет	объясняет	основных
		основные	некоторые из	физических
		физические	основных	формул.
		формулы.	физических	φοριτίζει
		формулы	формул.	
Заключительный	Задания для проверки	Высокий	Средний	Низкий
	сформированности	уровень (3	уровень (2	уровень (1
	1	, ,	· -	• - '
	владений:	балла по	балла по	балл по
		каждому	каждому	каждому
		критерию)	критерию)	критерию)
	Вычислить амплитуду упругого	Понимает	Понимает	Понимает
	рассеяния медленной частицы на	физику	физику	физику
	потенциальной яме $V\left(r\right) = -V_0$	явления,	явления,	явления,
		указанного в	указанного в	указанного в
	, r < a, V(r) = 0, r > a.	условии	условии	условии
		задачи. Знает	задачи. Знает	задачи. Знает
		математическ	математическ	математически
		ие приемы	ие приемы	е приемы
		для	получения	получения
		получения	точного	точного
		точного решения	решения, но	решения, но не
		Получает	возникаю трудности с	может получить
		решение.	получением	точное
		решение.	точного	решение.
			решения.	рошонно
			Получает	
			решение.	
	Показать, что между размером	Понимает	Понимает	Понимает
	участка Δx , в котором	физику	физику	физику
	локализована группа волн и	явления,	явления,	явления,
	разбросом волновых векторов Δk	указанного в	указанного в	указанного в
	группы волн существует	условии	условии	условии
	1	задачи.	задачи.	задачи.
	соотношение $\Delta x \cdot \Delta k \sim \pi$.	Использует	Использует	Использует
		математическ	математическ	математически
		ие приемы	ие приемы	е приемы для
		для	для	доказательства
		доказательств	доказательств	указанного в
		а указанного	а указанного	условии
		в условии	в условии	задачи
		задачи	задачи	соотношения.
		Соотношения.	соотношения. Испытывает	не может
	T. Control of the con	Успешно	richbiibibaci	провести
		проводит	трудности	доказательство

	доказательств	при	из-за
	0.	проведении	математически
		доказательств	х неточностей.
		a.	

V. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

- а) Основная литература:
- 1. Шпольский, Э. В. Атомная физика : учебник : в 2 томах / Э.В. Шпольский. 6-е изд, стер. Санкт-Петербург : Лань, 2021 Том 2 : Основы квантовой механики и строение электронной оболочки атома 2021. 448 с. ISBN 978-5-8114-1006-4. Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/167795. Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2. Савельев, И. В. Основы теоретической физики. В 2-х тт. Том 2. Квантовая механика: учебник для вузов / И. В. Савельев. 6-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 432 с. ISBN 978-5-8114-9395-1. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/193423. Режим доступа: для авториз. пользователей
- б) Дополнительная литература:
- 1. Блохинцев, Д. И. Основы квантовой механики: учебное пособие / Д. И. Блохинцев. 7-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2021. 672 с. ISBN 978-5-8114-0554-1. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/167719. Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 2. Демидович, Б. П. Математические основы квантовой механики: учебное пособие для вузов / Б. П. Демидович. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2022. 200 с. ISBN 978-5-8114-9077-6. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: https://e.lanbook.com/book/184056. Режим доступа: для авториз. пользователей.
- 3. Вайнберг, С. Квантовая теория поля. Т.1. Общая теория [Электронный ресурс] Электрон. дан. Москва : Физматлит, 2015. 648 с. Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/91164.

VI. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

- 1. Электронная библиотека издательства Лань: http://e.lanbook.com/
- 2. Университетская библиотека ONLINE: http://www.biblioclub.ru/
- 3. Сайт издательского дома ЮРАЙТ: http://www.biblio-online.ru/

VII. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины – планы практических (семинарских) занятий:

Семинар 1. Решение задач на тему «Исторические предпосылки создания квантовой механики».

Примеры задач:

Найти расщепление уровней энергии атома водорода в однородном магнитном поле \vec{H} .

Семинар 2. Решение задач на тему «Линейные операторы. Задача на собственные функции и собственные значения. Эрмитовы операторы и их свойства».

Примеры задач:

- I. Доказать, что если $\left[\hat{A},\hat{B}\right]=1$, то $\left[\hat{A},\widehat{B^2}\right]=2\hat{B}$
- 2. Доказать, что если \hat{A} и \hat{B} эрмитовы и не коммутируют, то оператор $i[\hat{A}, \hat{B}]$ эрмитов.

Семинар 3. Решение задач на тему «Уравнение Шредингера. Уравнение непрерывности. Стационарное решение».

Примеры задач:

Найти уровни энергии в одномерной симметричной потенциальной яме: $V(x) = -V_0 \operatorname{при} |x| < a$; $V(x) = 0 \operatorname{при} |x| > a$.

Семинар 4. Решение задач на тему «Соотношение неопределенности Гейзенберга.».

Примеры задач:

Показать, что между размером участка Δx , в котором локализована группа волн и разбросом волновых векторов Δk группы волн существует соотношение $\Delta x \cdot \Delta k \sim \pi$.

Семинар 5. Решение задач на тему «Задача движения в поле центральных сил. Водородоподобный атом.».

Примеры задач:

1. Рассчитать расщепление уровня атома водорода с n=2 в слабом однородном электрическом поле.

Семинар 6. Решение задач на тему «Квантовый осциллятор. Спектр. Матричное представление.».

Примеры задач:

1. Найти уровни энергии и вектора состояния одномерного гармонического осциллятора в постоянном внешнем поле $H = p^2/2m + kx^2/2 - Fx$. Сравнить точный ответ с первой поправкой к осцилляторным уровням энергии, если внешнее поле рассматривается как возмущение.

Семинар 7. Решение задач на тему «Матричное представление квантовой механики. Эрмитовы матрицы. Унитарные матрицы и различные преобразования. Свойство унитарных матриц. Определение функции операторов.».

Примеры задач:

1. Показать, что если оператор A — скаляр, то $\langle J'M'|A|JM \rangle = \delta_{JJ'}\delta_{MM'}\langle J|A|J \rangle$, т.е. его матричные элементы диагональны но J и M и не зависят от M.

Семинар 8. Решение задач на тему «Момент импульса. Правила коммутации. Собственные функции и собственные значения.». Примеры задач:

1. Указать, между какими уровнями заряженного сферического гармонического осциллятора возможны электромагнитные переходы в дипольном приближении. Вычислить время жизни первого возбужденного состояния осциллятора в этом приближении.

Семинар 9. Решение задач на тему «Гейзенберговское представление. Гейзенберговское уравнение движения. Связь с уравнениями Гамильтона.». Примеры задач:

1. Найти вероятность отражения частицы при прохождении над одномерным потенциальным барьером $V(x) = V_0$ при |x| > a; V(x) = 0 при |x| > a (энергия частицы больше высоты барьера).

Семинар 10. Решение задач на тему «Законы сохранения и сохраняющиеся величины. Преобразования симметрии. Общие свойства преобразования. Понятие о теории групп и неприводимых представлениях.». Примеры задач:

1. Найти вероятность перехода атома трития H^3 из 1s состояния в 1s состояние иона He^{3+} при β -распаде одного из нейтронов ядра.

Семинар 11. Решение задач на тему «Стационарная теория возмущений (невырожденный случай и с учётом вырождения).». Примеры задач:

2. Двухуровневая система с состояниями $|1\rangle$, $|2\rangle$, энергии которых есть $h\omega_1$, $h\omega_2$, подвергается действию не зависящего от времени возмущения W. Вычислить вероятность обнаружить то или иное состояние в момент времени t, если в момент времени t=0 система находилась в основном состоянии.

методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов:

- 1. Изучить рекомендуемую литературу.
- 2. Просмотреть задачи, разобранные на аудиторных занятиях.

- 3. Разобрать задачи, рекомендованные преподавателем для самостоятельного решения, используя, при необходимости, примеры решения аналогичных задач.
- 4. Обсудить проблемы, возникшие при решении задач с преподавателем.

VIII. Перечень педагогических И информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса дисциплине, обеспечения включая перечень программного И информационных справочных систем (по необходимости)

- 1. Лекции и практические занятия проводятся в аудиториях, оснащенных мультимедийной техникой. DLP проектор для демонстрации презентаций и учебных фильмов,
- 2. доступ к сети Интернет

IX. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Наименование специальных* помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебная	1 Экран настенный	Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на
аудитория для	Lumien	передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.
проведения	2. Комплект учебной	MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав
занятий	мебели на 24	№1051 от 05.08.2020 г.
лекционного	посадочных места	Acrobat Reader DC - бесплатно
типа, занятий	3. Меловая доска	Google Chrome – бесплатно
семинарского	4. Комплект	
типа, курсового	переносной техники	
проектирования	(ноутбук и проектор)	
(выполнения		
курсовых работ),		
групповых и		
индивидуальных		
консультаций,		
текущего		
контроля и		
промежуточной		
аттестации,		
Лекционная		
аудитория № 202		
Б (170002		
Тверская обл., г.		
Тверь, Садовый		
пер., д. 35)		
Учебная	1. Проектор	Microsoft Windows 10 Enterprise - Акт на
аудитория для	Panasonic PT-	передачу прав №1051 от 05.08.2020 г.
проведения	VW340ZE	MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав

занятий	2. экран	№1051 от 05.08.2020 г.
лекционного	ScreenMedia	Acrobat Reader DC - бесплатно
•		
типа, занятий	3. Ноутбук	Google Chrome – бесплатно
семинарского	(переносной)	
типа, курсового	4. Комплект учебной	
проектирования	мебели на 60	
(выполнения	посадочных мест	
курсовых работ),	5. Меловая доска	
групповых и		
индивидуальных		
консультаций,		
текущего		
контроля и		
промежуточной		
аттестации,		
Лекционная		
аудитория № 227		
(170002 Тверская		
обл., г. Тверь,		
Садовый пер., д.		
35)		

Помещения для самостоятельной работы:

Наименование	Оснащенность помещений для	Перечень лицензионного
помещений	самостоятельной работы	программного обеспечения.
		Реквизиты
		подтверждающего документа
Помещение для	1. Компьютер RAMEC STORM	Adobe Acrobat Reader DC -
самостоятельной	C2D 4600/160Gb/ 256mB/DVD-	бесплатно
работы, учебная	RW +Mонитор LG TFT 17"	Cadence SPB/OrCAD 16.6 -
аудитория для	L1753S-SF – 12 шт	Государственный контракт на
проведения занятий	2. Мультимедийный комплект	поставку лицензионных
лекционного типа,	учебного класса (вариант № 2)	программных продуктов 103 -
занятий	Проектор Casio XJ-M140,	ГК/09 от 15.06.2009
семинарского типа,	настенный проекц. экран Lumien	Google Chrome - бесплатно
курсового	180*180. ноутбук Dell N4050.	Java SE Development Kit 8 Update
проектирования	сумка 15,6", мышь	45 (64-bit) - бесплатно
(выполнения	3. Kommyratop D-Link	Kaspersky Endpoint Security 10 для
курсовых работ),	10/100/1000mbps 16-potr DGS-	Windows — Акт на передачу прав
групповых и	1016D	№2129 от 25 октября 2016 г. Lazarus 1.4.0 - бесплатно
индивидуальных		
консультаций,	4. Видеокамера IP-FALCON EYE	Lego MINDSTORM EV3 - бесплатно
текущего контроля	FE-IPC-BL200Р, ОнЛайн Трейд	Mathcad 15 M010 - Akt
и промежуточной	000	
аттестации,	5. Видеокамера IP-FALCON EYE	предоставления прав ИС00000027 от 16.09.2011
практики, Компьютерный	FE-IPC-BL200P, ОнЛайн Трейд	MATLAB R2012b - AKT
класс физико-	000	предоставления прав № Us000311
технического	6 Помомотромиом	от 25.09.2012
факультета.	б. Демонстрационное	Microsoft Express Studio 4 -
факультета.	оборудование комплект	Microsoft Express Studio 4 -

Компьютерная	«LegoMidstormsEV3»	бесплатно		
лаборатория	7. Комплект учебной мебели	МіКТеХ 2.9 - бесплатно		
робототехнических		MPICH 64-bit – бесплатно		
систем №4а		MSXML 4.0 SP2 Parser and SDK -		
(170002 Тверская		бесплатно		
обл., г. Тверь,		Microsoft Windows 10 Enterprise -		
Садовый пер., д. 35)		Акт приема-передачи № 369 от 21		
		июля 2017		
		MS Office 365 pro plus - Akt		
		приема-передачи № 369 от 21		
		июля 2017		

Х. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины (модуля)	Описание внесенных изменений	Дата и протокол заседания, утвердившего изменения
1	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
2	Раздел IV	Скорректированы задания для промежуточной аттестации в соответствии с обновленным «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) студентов ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г.
3	Раздел V	Обновлен перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
4	Раздел IX	Оснащенность аудиторного фонда для проведения учебных занятий и самостоятельной работы студентов согласно «Справки МТО ООП»	Протокол Совета ФТФ №5 от 31 октября 2017 г
5	Раздел IV	Скорректирован фонд оценочных средств для проверки уровня сформированности закрепленных за дисциплиной компетенций	Протокол Совета ФТФ № 6 от 15.01.2019 г.
6	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о промежуточной аттестации (экзаменах и зачетах) обучающихся по программам высшего образования ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
7	Раздел IV	Внесены изменения в соответствии с «Положением о рейтинговой системе обучения в ТвГУ»	Протокол Совета ФТФ № 10 от 19.05.2020 г.
8	Раздел IX	Актуализированы данные на основе Справки МТО ООП	Протокол Совета ФТФ №14 от 03.07.2021

9	Раздел V	Обновлен перечень основной и	
		дополнительной учебной	Протокол Совета ФТФ
		литературы, необходимой для	№14 от 03.07.2021
		освоения дисциплины	