

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова**

Кафедра теоретической физики

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета  
  
(подпись) И.С. Огнев

21 мая 2024 года

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Квантовая механика»**

Направление подготовки  
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)  
«Технологии беспроводной связи»

Форма обучения  
очная

Программа одобрена  
на заседании кафедры  
от «29» апреля 2024 года, протокол № 7

Программа одобрена НМК  
физического факультета  
протокол № 5 от «30» апреля 2024 г.

Ярославль

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Квантовая механика» являются изучение основ нерелятивистской квантовой механики и приобретение навыков использования аппарата квантовой механики для описания конкретных моделей, связанных со строением атома и элементарных частиц.

### 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Квантовая механика» относится к обязательной части образовательной программы и входит в модуль «Теоретическая физика».

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, линейной алгебры, дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать специальные функции математической физики и их свойства, знать основы теоретической механики и электродинамики, иметь представление об основных понятиях физики атома и атомного ядра.

Полученные в курсе «Квантовая механика» знания необходимы для изучения последующих дисциплин модуля «Теоретическая физика», а также для изучения последующих специальных курсов.

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

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ООП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>		
<b>ОПК-1</b> Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ИД-ОПК-1_1 Знает фундаментальные законы природы, а также основные методы, используемые в физике и математике	<b>Знать:</b> - основные теоремы и уравнения квантовой механики; - условия применения метода теории возмущений в квантовой механике.
	ИД-ОПК-1_2 Осуществляет постановку задачи, выбирает способ ее решения	<b>Уметь:</b> - воспроизводить ключевые физические принципы и математические приемы, используемые при построении квантовой механики; - определять корректность использования тех или иных физических предположений и математических методов, применяемых при формулировке и решении квантово-механических задач.

Формируемая компетенция (код и формулировка)	Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)	Перечень планируемых результатов обучения
	ИД-ОПК-1_3 Применяет базовые физические законы и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера	<p><b>Уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- работать с операторами и волновыми функциями в квантовой механике;</li> <li>- решать уравнения Шредингера для одномерного гармонического осциллятора и атома водорода;</li> </ul> <p><b>Владеть навыками:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- решения уравнения Шредингера для произвольных систем;</li> <li>- практического применения теории возмущений для решения физических задач, связанных с движением атомных частиц;</li> <li>- работы со спинowymi волновыми функциями.</li> </ul>

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 акад. часов.

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
1	Введение. Место квантовой механики в физике.	6	4	6				4	Задания для самостоятельной работы
2	Математический аппарат квантовой механики.	6	12	10		1		10	Задания для самостоятельной работы,  Тесты на самопроверку по разделам темы в ЭУК «Кв. механика» в LMS Moodle  Самостоятельная работа №1
3	Приложения квантовой механики.	6	12	11		1		6	Задания для самостоятельной работы

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости  Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Контактная работа					самостоятельная работа	
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания		
4	Спин электрона. Частица во внешнем электромагнитном поле.	6	2	1		1		2	
5	Приближенные методы квантовой механики. Теория возмущений	6	4	6		1		4	Задания для самостоятельной работы  Тест на самопроверку по разделам темы в ЭУК «Кв. механика» в LMS Moodle
							0,3	9,7	Зачет
	<b>ИТОГО 108 часов</b>		<b>34</b>	<b>34</b>		<b>4</b>	<b>0,3</b>	<b>35,7</b>	

### Содержание разделов дисциплины:

#### 1. Введение. Место квантовой механики в физике.

1.1 Состояние физики к 1900 г. Экспериментальные данные, приведшие к созданию квантовой механики. Место квантовой механики в физике. Условия применимости квантовой механики.

1.2 Гипотеза де Бройля. Волны де Бройля. Корпускулярно-волновой дуализм.

1.3 Волновая функция. Принцип суперпозиции. Разложение волновой функции по плоским волнам де Бройля. Статистическая интерпретация волновой функции по Борну. Естественные условия, налагаемые на волновую функцию. Волновая функция в координатном и импульсном представлениях.

1.4 Правило квантования Бора-Зоммерфельда.

#### 2. Математический аппарат квантовой механики.

2.1. Описание физических величин операторами. Алгебра операторов.

2.2 Среднее значение физической величины в квантовой механике. Операторы координаты и импульса в координатном и импульсном представлениях. Оператор момента импульса, кинетической и потенциальной энергии, гамильтониан.

2.3 Понятие оператора, эрмитово сопряженного к данному. Самосопряженные (эрмитовы) операторы. Самосопряженность операторов, описывающих физические величины.

2.4 Операторы отклонения от среднего значения физической величины и среднеквадратичного отклонения. Собственные значения и собственные функции эрмитовых операторов и их свойства. Дискретный, непрерывный и смешанный спектры. Примеры нахождения собственных значений операторов  $P_x$ ,  $M_z$ . Основные свойства

собственных функций эрмитовых операторов в случае дискретного и непрерывного спектров. Нормировка волновой функции непрерывного спектра на  $\delta$ -функцию.

2.5 Условие возможности одновременного точного измерения нескольких физических величин в одном состоянии системы. Определение волновой функции (состояния) микрообъекта полным набором независимых физических величин, характеризующих внешние условия.

2.6 Соотношение неопределенностей для физических величин. Вывод соотношения неопределенностей из аппарата квантовой механики.

2.7 Уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Вид волновой функции для стационарных задач. Сохранение полной вероятности в квантовой механике. Плотность тока вероятности. Уравнения непрерывности.

### **3. Приложения квантовой механики.**

3.1 Свободная частица. Частица в прямоугольной потенциальной яме.

3.2 Одномерный потенциальный барьер. Коэффициенты прохождения и отражения частицы при движении сквозь потенциальный барьер, при условии, что полная энергия частицы меньше высоты барьера.

3.3 Одномерный гармонический осциллятор. Спектр энергии и волновые функции в решении уравнения Шредингера.

3.4 Пространственное квантование момента импульса.

3.5 Общая теория повышающих и понижающих операторов в квантовой механике. Повышающие и понижающие операторы момента импульса. Собственные функции и собственные значения оператора квадрата момента импульса.

3.6 Общая теория движения частицы в поле центральных сил.

3.7 Движение в кулоновском поле. Водородоподобные атомы. Спектр энергии и волновые функции.

### **4. Спин электрона. Частица во внешнем электромагнитном поле.**

4.1 Спин электрона. Экспериментальное обоснование существования собственного момента импульса электрона. Опыт Штерна-Герлаха.

4.2 Оператор спина. Матрицы Паули.

4.3 Собственные значения и функции оператора проекции спина на оси декартовой системы координат.

4.4 Уравнение Шредингера для электрона в электромагнитном поле с учетом спина (уравнение Паули).

### **5. Приближенные методы квантовой механики. Теория возмущений**

5.1 Метод теории возмущений в квантовой механике

5.2 Метод теории возмущений в стационарных задачах с дискретным спектром без вырождения. 5.3 Метод теории возмущений в стационарных задачах с дискретным спектром при наличии вырождения.

5.4 Расщепление спектральных линий водородоподобного атома во внешнем электрическом поле. Эффект Штарка.

5.5 Расщепление спектральных линий водородоподобного атома во внешнем магнитном поле. Эффект Зеемана.

5.6 Влияние конечных размеров ядра водородоподобного атома на его спектр.

**5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

**Вводная лекция** — это первая лекция по дисциплине. Она дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. На этой лекции рассказывается о методических и организационных особенностях работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой для ее освоения учебно-методической литературы.

**Академическая лекция с элементами лекции-беседы** — последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

**Практическое занятие** — занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по закреплению полученных на лекции знаний.

**Консультации** — вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

**Электронный учебный курс «Квантовая механика» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ**, в котором:

- представлены задания для самостоятельной работы обучающихся по темам дисциплины и рекомендации по их выполнению;
- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлены правила прохождения промежуточной аттестации по дисциплине;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения занятий и консультаций по дисциплине в случае проведения их в дистанционном формате;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины (при необходимости).

## **6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTeX;
- Adobe Acrobat Reader.

Для формирования электронного учебного курса «Квантовая механика» используется система управления электронными курсами LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ.

## **7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)**

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT»  
[http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk\\_cat\\_find.php](http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php)

Электронная библиотека образовательной платформы Юрайт <https://urait.ru/>

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины**

### **а) основная литература**

1. Ефремов Ю.С. Квантовая механика. Москва. Юрайт. 2024  
<https://urait.ru/viewer/kvantovaya-mehanika-539571#page/1> (электронный ресурс)

### **б) дополнительная литература**

1. Блохинцев Д.И. Основы квантовой механики. СПб.: Лань, 2004.
2. Давыдов А.С. Квантовая механика. М. Наука, 2007.
3. Нарынская Е.Н. Методические указания к решению задач по квантовой механике. Учебно-методическое пособие. Ярославль. ЯрГУ, 2019.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20190705.pdf> (электронный ресурс)
4. Поваров А.В. Повышающий и понижающий операторы в квантовой механике. Методические указания. Ярославль. ЯрГУ, 2010.  
<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20100757.pdf> (электронный ресурс)

## **9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения практических занятий;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций;
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Доцент кафедры  
теоретической физики, к.ф.-м.н.  
*должность, ученая степень*

*подпись*

Е.Н. Нарынская  
*И.О. Фамилия*

**Приложение № 1 к рабочей программе дисциплины  
«Квантовая механика»**

**Фонд оценочных средств  
для проведения текущего контроля успеваемости  
и промежуточной аттестации студентов  
по дисциплине**

**1. Типовые контрольные задания и иные материалы,  
используемые в процессе текущего контроля успеваемости**

**Задания для самостоятельной работы**  
*(данные задания выполняются студентами самостоятельно  
и преподавателем в обязательном порядке не проверяются)*

**Задания по теме № 1 «Введение. Место квантовой механики в физике»:**

Раздел 1.4: используя правило квантования Бора-Зоммерфельда, найти:

- уровни энергии частицы массы  $m$  с зарядом  $q$ , движущейся в постоянном однородном магнитном поле;
- спектр энергии водородоподобного атома. Рассмотреть случай эллиптических орбит.

**Задания по теме № 2 «Математический аппарат квантовой механики»:**

Раздел 2.2: Найти выражение для операторов координаты  $\hat{x}$  и проекции импульса  $\hat{p}_x$  в импульсном представлении;

Разделы 2.1-2.2: Выполнить задания для самостоятельного решения к главе 2. Операторы в квантовой механике. Алгебра операторов. № 1-9 (стр. 31) из учебно-методического пособия «Методические указания к решению задач по квантовой механике» / Е.Н. Нарынская / ЯрГУ, 2019.

<http://www.lib.uniyar.ac.ru/edocs/iuni/20190705.pdf>

**Задания по теме № 3 «Приложения квантовой механики»:**

Раздел 3.2: Проверить, что сумма коэффициентов прохождения  $D$  и отражения  $R$  равна 1.

Раздел 3.5: С помощью повышающего и понижающего операторов найти сферические функции  $Y_{lm}(\theta, \varphi)$  для квантового состояния с  $l=2$ .

**Задания по теме № 5 «Приближенные методы квантовой механики»:**

Раздел 5.5: Найти расщепление спектральных линий водородоподобного атома во внешнем магнитном поле (эффект Зеемана) для случая  $n=1$ .

**Тест для самопроверки  
по работе с операторами в квантовой механике  
(тест проводится в ЭУК «Квантовая механика» в LMS Moodle)**

В тесте представлены задания на проверку знаний алгебры операторов, навыков и умений работы с операторами. Тест содержит теоретические и вычислительные вопросы. В тесте 18 вопросов. Правильный ответ на каждый вопрос оценивается в 1 балл. Время прохождения теста не ограничивается. Вопросы можно пропускать и возвращаться к



ответу на них позднее. Материал считается освоенным, если по результатам теста набрано не менее 15 баллов.

Примерные вопросы теста:

Вопрос 1 Оператор  $\hat{A} = x + \partial / \partial x$  является

- 1) линейным;
- 2) и линейным, и самосопряженным;
- 3) не линейным, не самосопряженным.

Вопрос 2 Коммутатор  $[\hat{M}^2, \hat{M}_i]$ , где  $i = x, y, z$

- 1) равен нулю при  $i = x, y, z$ ;
- 2) не равен нулю при любых  $i$ ;
- 3) равен нулю при  $i = z$ .

Вопрос 3 Самосопряженность операторов, изображающих физическую величину, является следствием требования

- 1) сохранением физической величины с течением времени;
- 2) равенства нулю отклонения от среднего значения физической величины;
- 3) вещественности среднего значения физической величины;
- 4) нет правильного ответа.

Вопрос 4 Коммутатор  $[x^3, \hat{M}_y]$  равен

- 1)  $-3i \hbar z x^2$ ;
- 2)  $3i \hbar z x^2$
- 3) 0.

Вопрос 5 Оператор, эрмитово сопряженный к оператору  $\hat{A} = \sin \varphi \cdot \partial / \partial \varphi$  равен

- 1)  $\hat{A}^+ = -\sin \varphi \cdot \partial / \partial \varphi$
- 2)  $\hat{A}^+ = -\cos \varphi$
- 3)  $\hat{A}^+ = -\cos \varphi - \sin \varphi \cdot \partial / \partial \varphi$

Вопрос 6 Два оператора  $\hat{A}$  и  $\hat{B}$  коммутируют. Это означает, что

- 1) операторы  $\hat{A}$  и  $\hat{B}$  – самосопряженные;
- 2) физические величины, соответствующие операторам  $\hat{A}$  и  $\hat{B}$  могут быть одновременно измерены;
- 3) операторы  $\hat{A}$  и  $\hat{B}$  - вещественные;
- 4) нет правильного ответа.

Вопрос 7 Оператор  $\left( \frac{\partial}{\partial y} y \right)^2$  имеет вид

- 1)  $\frac{\partial^2}{\partial y^2} y^2$
- 2) 1
- 3)  $1 + 3y \frac{\partial}{\partial y} + y^2 \frac{\partial^2}{\partial y^2}$

Вопрос 8 Если два оператора коммутируют, то они обладают одинаковым набором собственных функций

- 1) верно
- 2) неверно

### Правильные ответы

Вопрос №	Вариант ответа		Вопрос №	Вариант ответа
1	1		5	3
2	1		6	2
3	3		7	3
4	2		8	1

### Самостоятельная работа № 1

*(проверка сформированности ОПК-1, индикатор ИД-ОПК-1\_3  
(в части умений работы с операторами))*

Самостоятельная работа проводится на практическом занятии.

### Примеры заданий:

#### Вариант 1

1. Раскрыть скобки в операторном выражении:

$$\left( \frac{\partial}{\partial x} - \frac{1}{x} \right)^2$$

2. Вычислить следующие коммутаторы:

$$\left[ \frac{\partial}{\partial x}, 6x^5 \right], \quad [\vec{\nabla}, r^2], \quad [y^2, \hat{M}_z]$$

3. Найти оператор, эрмитово-сопряженный оператору  $\hat{A} = \frac{\partial^2}{\partial \varphi^2}$

#### Вариант 2

1. Раскрыть скобки в операторном выражении:

$$\left( \frac{\partial}{\partial y} y \right)^2$$

2. Вычислить следующие коммутаторы:

$$\left[ \frac{\partial}{\partial \theta}, \cos \theta \sin \varphi \right], \quad [\vec{\nabla}, (\vec{r} \cdot \vec{a}) \vec{r}], \quad [\hat{p}_y, \hat{M}_x]$$

3. Найти оператор, эрмитово-сопряженный оператору  $\hat{A} = i \frac{\partial^2}{\partial y^2}$

### Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по следующему принципу: правильно выполненное

- задание № 1 – 2 балла;
- задание № 2 – 1 коммутатор – 1 балл, 2 коммутатор – 3 балла, 3 коммутатор – 2 балла;
- задание № 3 – 2 балла.

Каждое из заданий может быть оценено половиной заявленных по нему баллов, в случае, когда при его выполнении правильно применено определение оператора (коммутатора и т.д.), правильно использованы свойства операторов (коммутаторов и т.д.), но имеются ошибки в численных расчетах.

Полностью неправильно выполненное задание – 0 баллов.

Максимальное количество баллов по итогам самостоятельной работы – 10 баллов,

Набранное количество баллов - 9-10 соответствует оценке «отлично», 7-8 баллов – оценке «хорошо», 5-6 баллов – оценке «удовлетворительно», менее 5 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

### Правила выставления оценки по результатам самостоятельной работы:

Оценка по результатам самостоятельной работы считается в баллах по каждому заданию по следующему принципу:

- правильно выполненное задание – 4 балла;
- при выполнении задания правильно применено определение матричного элемента оператора, правильно использованы свойства операторов и волновых функций, но имеются ошибки в численных расчетах – 3 балла;
- при выполнении задания правильно применено определение матричного элемента оператора, с ошибками использованы (или не использованы) свойства операторов и волновых функций – 2 балла;
- при выполнении задания неправильно применено определение матричного элемента оператора, не использованы (или неправильно использованы) свойства операторов и волновых функций – 0 баллов

Набранное количество баллов 7-8 соответствует оценке «отлично», 5-6 баллов – оценке «хорошо», 3-4 балла – оценке «удовлетворительно», менее 3 баллов – оценке «неудовлетворительно» (умения и навыки на данном этапе освоения дисциплины не сформированы).

## **2. Промежуточная аттестация по дисциплине.**

Зачет выставляется по итогам выполнения теста.

Тест содержит как теоретические вопросы, так и вычислительные. В тесте 30 вопросов, за правильный ответ на каждый вопрос дается 1 балл. На каждый вопрос дается одна попытка ответа. На прохождение теста дается время 1,5 часа. Оценка «зачет» выставляется студенту, набравшему не менее 22 баллов по итогам тестирования.

Тестирование проводится в ЭУК «Квантовая механика» в LMS Moodle.

## **Приложение № 2 к рабочей программе дисциплины «Квантовая механика»**

### **Методические указания для студентов по освоению дисциплины**

Основной формой изложения учебного материала по дисциплине «Квантовая механика» являются лекции. Это связано с тем, что в основе квантовой механики лежит особый математический аппарат, с помощью которого квантовая механика решает довольно сложные и громоздкие задачи. По большому числу тем предусмотрены практические занятия, на которых происходит закрепление лекционного материала путем применения его к конкретным физическим задачам и отработка навыков работы с математическим аппаратом квантовой механики.

Для успешного освоения дисциплины очень важно решение достаточно большого количества задач, как в аудитории, так и самостоятельно в качестве домашних заданий. Примеры решения задач разбираются на лекциях и практических занятиях, при необходимости по наиболее трудным темам проводятся дополнительные консультации. Основная цель решения задач – помочь усвоить фундаментальные понятия и основы математического аппарата квантовой механики.

Задания для самостоятельного решения формулируются на лекциях и практических занятиях. В качестве заданий для самостоятельной работы дома студентам предлагаются задачи, аналогичные разобранным на лекциях и практических занятиях или немного более сложные, которые являются результатом объединения нескольких базовых задач. Полный список заданий для самостоятельной работы по темам (разделам) дисциплины приведен в ЭУК в LMS Moodle «Квантовая механика». Вопросы, возникающие в процессе или по итогам решения этих задач, можно задать на консультациях или в форуме (чате) в ЭУК в LMS Moodle.

Для самостоятельной работы, в том числе и повтора разобранных лекции и практических занятиях материала первого семестра изучения дисциплины рекомендуется использовать учебно-методическое пособие «Методические указания к решению задач по квантовой механике» (автор Е.Н. Нарынская), 2019 год издания. Данное пособие состоит из четырех разделов, в которых рассматриваются задачи на использование основных понятий аппарата квантовой механики. Материал каждого раздела включает в себя краткое изложение теоретического материала по заданной теме, который затем иллюстрируется подробным решением типичных задач. В заключение каждого раздела приводятся задания для самостоятельного решения, ответы к этим заданиям и указания по их решению приведены в конце данного учебно-методического пособия.