

ИНСТИТУТ ЛАЗЕРНЫХ И ПЛАЗМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ

ОДОБРЕНО

НТС ИНТЭЛ Протокол №2 от 26.04.2023 г.

НТС ЛАПЛАЗ Протокол №1/04-577 от 27.04.2023 г.

НТС ИФИБ Протокол №3 от 11.05.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА

Направление подготовки
(специальность)

- [1] 03.03.02 Физика
- [2] 12.03.01 Приборостроение
- [3] 12.03.05 Лазерная техника и лазерные технологии
- [4] 03.03.01 Прикладные математика и физика
- [5] 16.03.02 Высокотехнологические плазменные и энергетические установки
- [6] 11.03.04 Электроника и наноэлектроника
- [7] 01.03.02 Прикладная математика и информатика
- [8] 12.03.03 Фотоника и оптоинформатика

Семестр	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	В форме практической подготовки/В СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП	
5	4-5	144-180	32	48	0		28-64	0	Э
6	4-5	144-180	45	30	0		15-60	0	Э
Итого	8-10	288-360	77	78	0	0	43-124	0	

АННОТАЦИЯ

Курс нерелятивистской квантовой механики является частью фундаментального цикла основных разделов теоретической физики, изучаемых студентами. Курс построен на основе классического учебника Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица и включает изложение как принципов квантовой механики, так и значительного числа приложений. Изложение и объем материала рассчитаны на подготовку специалистов, занимающихся исследовательской работой в экспериментальной и теоретической физике.

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью курса квантовой механики является ознакомление студентов с основными понятиями и принципами квантовой механики и ее математическим аппаратом. В результате усвоения курса студенты будут способны применять методы квантовой механики к исследованию простейших квантовых систем: атома водорода, ротатора, осциллятора и др., а также для решения простейших задач. Владение квантовой механикой в таком объеме позволит студентам в будущем изучать другие разделы современной физики.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Для освоения курса студентам необходимы знания классической механики и электродинамики, а также знание соответствующих разделов математики: линейной алгебры, теории операторного исчисления и уравнений математической физики. Знания, полученные при изучении курса квантовой механики, необходимы для работы по специальности и освоения последующих курсов теоретической физики: статистической физики, релятивистской квантовой механики, теоретической физики твердого тела. Кроме того, знание квантовой механики совершенно необходимо при освоении многих специализированных дисциплин по теоретической и экспериментальной физике, изучаемых студентами старших курсов.

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ

Универсальные и(или) общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 [6] – Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	З-ОПК-1 [6] – Знание основных законов высшей математики, общей и теоретической физики, применительно к инженерным задачам У-ОПК-1 [6] – Умение применять основные положения и законы высшей математики, общей и теоретической физики, естественных наук к решению задач инженерной деятельности В-ОПК-1 [6] – Владение методами высшей математики и естественных наук применительно к задачам электроники и наноэлектроники

<p>ОПК-1 [8] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики</p>	<p>З-ОПК-1 [8] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [8] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с фотонными технологиями обработки информации, проектированием, конструированием и технологиями производства элементов, приборов и систем фотоники и оптоинформатики В-ОПК-1 [8] – Владеть методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.</p>
<p>ОПК-1 [1] – Способен применять базовые знания в области физико - математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности</p>	<p>З-ОПК-1 [1] – знать фундаментальные основы, полученные в области естественных и математических наук. У-ОПК-1 [1] – уметь использовать на практике базовые знания, полученные в области естественных и математических наук; применять для анализа и обработки результатов физических экспериментов. В-ОПК-1 [1] – владеть навыками обобщения, синтеза и анализа базовых знаний, полученных в области естественных и математических наук, владеть научным мировоззрением</p>
<p>ОПК-1 [4] – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности</p>	<p>З-ОПК-1 [4] – Знать фундаментальные основы, полученные в области информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, знать методы анализа информации. У-ОПК-1 [4] – Уметь использовать на практике углубленные фундаментальные знания, полученные в области естественных и гуманитарных наук. В-ОПК-1 [4] – Владеть навыками обобщения, синтеза и анализа фундаментальных знаний, полученные в области информационных технологий, естественных и гуманитарных наук, владеть научным мировоззрением</p>
<p>ОПК-1 [3] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники</p>	<p>З-ОПК-1 [3] – Знать основные законы естественнонаучных и инженерных дисциплин и методы математического анализа. У-ОПК-1 [3] – Уметь применять знания основных законов естественнонаучных и инженерных дисциплин, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием, конструированием и технологиями производства лазерной техники. В-ОПК-1 [3] – Владеть основными методами, способами и приемами решения типичных задач естественнонаучных, общих математических и инженерных дисциплин.</p>

<p>ОПК-1 [5] – Способен использовать фундаментальные законы природы и основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности</p>	<p>З-ОПК-1 [5] – Знать фундаментальные законы природы и основные и основные законы естественнонаучных дисциплин У-ОПК-1 [5] – Уметь использовать физические законы при анализе и решении проблем профессиональной деятельности; применять изученные закономерности к решению физических задач и анализировать полученные решения В-ОПК-1 [5] – Владеть умением выводить основные соотношения между физическими величинами, следующие из постулатов теории или из результатов эксперимента; умением применить основные законы естественнонаучных дисциплин при решении задач; анализировать полученные решения задач в профессиональной деятельности; проводить численные вычисления с требуемой степенью точности;</p>
<p>ОПК-1 [2] – Способен применять естественнонаучные и общеинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в инженерной деятельности, связанной с проектированием и конструированием, технологиями производства приборов и комплексов широкого назначения</p>	<p>З-ОПК-1 [2] – знать методы математического анализа и моделирования; знать фундаментальные законы и понятия естественнонаучных дисциплин; знать основные тенденции развития техники и технологий в области приборостроения. У-ОПК-1 [2] – уметь применять методы математического анализа и моделирования для решения практических задач; уметь применять методы теоретического и экспериментального исследования для проектирования и конструирования приборов и комплексов широкого назначения. В-ОПК-1 [2] – владеть навыками применения знаний математического анализа в инженерной практике при моделировании; владеть навыками применения знаний естественнонаучных дисциплин в инженерной практике; владеть навыками применения общеинженерных знаний в инженерной деятельности.</p>
<p>ОПК-1 [7] – Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности</p>	<p>З-ОПК-1 [7] – знать естественнонаучные методы познания окружающего мира, знать фундаментальный математический аппарат; У-ОПК-1 [7] – уметь применять естественнонаучные и математические методы исследования различных явлений, процессов и задач В-ОПК-1 [7] – владеть навыками исследования различных явлений и процессов с использованием естественнонаучного и математического подхода</p>
<p>ОПК-2 [1] – Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные</p>	<p>З-ОПК-2 [1] – знать типовые методы физических измерений, теоретические основы физических методов исследования. У-ОПК-2 [1] – уметь анализировать и обрабатывать данные физического эксперимента и представлять их в ясной и удобной форме</p>

	В-ОПК-2 [1] – владеть навыками обращения с типовыми приборами для электронно-физических и электротехнических измерений, методами анализа и обработки экспериментальной информации.
ОПК-2 [5] – Способен применять методы математического анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности	З-ОПК-2 [5] – Знать основные понятия и методы математического, векторного и тензорного анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности У-ОПК-2 [5] – Уметь решать типовые задачи, возникающие в ходе профессиональной деятельности методами математического, векторного и тензорного анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности В-ОПК-2 [5] – Владеть методами математического, векторного и тензорного анализа, моделирования, оптимизации и статистики для решения задач, возникающих в ходе профессиональной деятельности
ОПК-2 [4] – Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	З-ОПК-2 [4] – Знать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности У-ОПК-2 [4] – Уметь выбирать и использовать современные информационные технологии и программные средства для решения задач профессиональной деятельности В-ОПК-2 [4] – Владеть навыками применения современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности
УК-1 [2, 4, 5, 6, 7, 8] – Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	З-УК-1 [2, 4, 5, 6, 7, 8] – Знать: методики сбора и обработки информации; актуальные российские и зарубежные источники информации в сфере профессиональной деятельности; метод системного анализа У-УК-1 [2, 4, 5, 6, 7, 8] – Уметь: применять методики поиска, сбора и обработки информации; осуществлять критический анализ и синтез информации, полученной из разных источников В-УК-1 [2, 4, 5, 6, 7, 8] – Владеть: методами поиска, сбора и обработки, критического анализа и синтеза информации; методикой системного подхода для решения поставленных задач
УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5, 7] – Способен использовать знания естественнонаучных дисциплин, применять методы	З-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5, 7] – знать: основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

<p>математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования в поставленных задачах</p>	<p>У-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5, 7] – уметь: использовать математические методы в технических приложениях, рассчитывать основные числовые характеристики случайных величин, решать основные задачи математической статистики; решать типовые расчетные задачи В-УКЕ-1 [1, 2, 3, 4, 5, 7] – владеть: методами математического анализа и моделирования; методами решения задач анализа и расчета характеристик физических систем, основными приемами обработки экспериментальных данных, методами работы с прикладными программными продуктами</p>
---	---

Профессиональные компетенции в соответствии с задачами и объектами (областями знаний) профессиональной деятельности:

Задача профессиональной деятельности (ЗПД)	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции; Основание (профессиональный стандарт-ПС, анализ опыта)	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции				
научно-исследовательский				<p>Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований. участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении</p>	<p>Деятельность по разработке материалов, покрытий, приборов</p>	<p>ПК-1 [4] - Способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.049, 40.011, 40.044, 40.104</p>	<p>З-ПК-1[4] - Знать способы сбора, анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования. ; У-ПК-1[4] - Уметь синтезировать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования. ; В-ПК-1[4] - Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.</p>
<p>Проведение научных и аналитических исследований по отдельным разделам (этапам, заданиям) темы (проекта) в рамках предметной области по профилю специализации в соответствии с утвержденными планами и методиками исследований. участие в проведении наблюдений и измерений, выполнении эксперимента и обработке данных с использованием современных компьютерных технологий; участие в проведении теоретических исследований, построении</p>	<p>Деятельность по разработке материалов, покрытий, приборов</p>	<p>ПК-1 [4] - Способен проводить сбор, анализ научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 25.049, 40.011, 40.044, 40.104</p>	<p>З-ПК-1[4] - Знать способы сбора, анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования. ; У-ПК-1[4] - Уметь синтезировать и анализировать научно-техническую информацию по тематике исследования. ; В-ПК-1[4] - Владеть навыками сбора, синтеза и анализа научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования.</p>				

<p>физических, математических и компьютерных моделей изучаемых процессов и явлений, в проведении аналитических исследований в предметной области по профилю специализации; участие в создании новых методов и технических средств исследований и новых разработок;</p>			
<p>Разработка математических моделей, алгоритмов и методов для решения различных задач.</p>	<p>Математические модели и алгоритмы.</p>	<p>ПК-2 [7] - Способен понимать, применять и совершенствовать современный математический аппарат</p> <p><i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.001</p>	<p>3-ПК-2[7] - знать современный математический аппарат, используемый при описании, решении и анализе различных прикладных задач; У-ПК-2[7] - использовать современный математический аппарат для построения математических моделей и алгоритмов решения различных прикладных задач; В-ПК-2[7] - владеть навыками применения современного математического аппарата для построения математических моделей различных процессов, для обработки экспериментальных, статистических и теоретических данных, для разработки новых алгоритмов и методов исследования задач различных типов</p>

Использование современных информационных технологий и Интернет ресурсов для поиска и систематизации информации.	Информационные и Интернет ресурсы, содержащие результаты научных исследований и научно-техническую документацию.	ПК-3 [7] - Способен осуществлять целенаправленный поиск в сети Интернет и других источниках информации о научных достижениях в области прикладной математики, а также о современных программных средствах, относящихся к предмету исследований <i>Основание:</i> Профессиональный стандарт: 06.013	З-ПК-3[7] - знать основные референтные базы данных научных публикаций, поисковые системы научной литературы;; У-ПК-3[7] - уметь осуществлять поиск научной литературы с использованием существующих поисковых систем и референтных баз данных;; В-ПК-3[7] - владеть навыками поиска научной литературы;
---	--	--	---

4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

Направления/цели воспитания	Задачи воспитания (код)	Воспитательный потенциал дисциплин
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование ответственности за профессиональный выбор, профессиональное развитие и профессиональные решения (В18)	Использование воспитательного потенциала дисциплин профессионального модуля для формирования у студентов ответственности за свое профессиональное развитие посредством выбора студентами индивидуальных образовательных траекторий, организации системы общения между всеми участниками образовательного процесса, в том числе с использованием новых информационных технологий.
Профессиональное воспитание	Создание условий, обеспечивающих, формирование научного мировоззрения, культуры поиска нестандартных научно-технических/практических решений, критического отношения к исследованиям лженаучного толка (В19)	1.Использование воспитательного потенциала дисциплин/практик «Научно-исследовательская работа», «Проектная практика», «Научный семинар» для: - формирования понимания основных принципов и способов научного познания мира, развития исследовательских качеств студентов посредством их вовлечения в исследовательские проекты по областям научных исследований. 2.Использование воспитательного потенциала дисциплин "История науки и

		инженерии", "Критическое мышление и основы научной коммуникации", "Введение в специальность", "Научно-исследовательская работа", "Научный семинар" для: - формирования способности отделять настоящие научные исследования от лженаучных посредством проведения со студентами занятий и регулярных бесед; - формирования критического мышления, умения рассматривать различные исследования с экспертной позиции посредством обсуждения со студентами современных исследований, исторических предпосылок появления тех или иных открытий и теорий.
--	--	--

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Разделы учебной дисциплины, их объем, сроки изучения и формы контроля:

№ п.п	Наименование раздела учебной дисциплины	Недели	Лекции/ Практ. (семинары)/ Лабораторные работы, час.	Обязат. текущий контроль (форма*, неделя)	Максимальный балл за раздел**	Аттестация раздела (форма*, неделя)	Индикаторы освоения компетенции
	<i>5 Семестр</i>						
1	Основные понятия квантовой механики. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Одномерное движение.	1-8	16/24/0		25	к.р-8	З-ОПК-1, У-ОПК-1, В-ОПК-1, З-ОПК-1, У-ОПК-

							У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, З- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, З- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, З- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, З- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, З-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, З-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, З-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, З-УК-
--	--	--	--	--	--	--	--

							1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
2	Момент импульса. Движение в центральной поле. Атом водорода. Спин	9-16	16/24/0		25	к.р-16	3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК-

							1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 2,
--	--	--	--	--	--	--	--

							3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
	<i>Итого за 5 Семестр</i>		32/48/0		50		
	Контрольные мероприятия за 5 Семестр				50	Э	В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1,

							В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК-
--	--	--	--	--	--	--	---

							3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК-
--	--	--	--	--	--	--	---

							1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1
	<i>6 Семестр</i>						
1	Теория возмущений. Квазиклассическое приближение. Тождественность частиц	1-8	23/15/0		25	к.р-8	3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК-

							У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ- 1
2	Атомы и молекулы. Теория рассеяния	9-15	22/15/0		25	к.р-15	3- ОПК- 1, У-

							1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У-
--	--	--	--	--	--	--	--

							3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 1, У- ОПК- 1, В- ОПК- 1, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В-
--	--	--	--	--	--	--	--

							ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3- ОПК- 2, У- ОПК- 2, В- ОПК- 2, 3-ПК- 1, У- ПК-1, В- ПК-1, 3-ПК- 2, У- ПК-2, В- ПК-2, 3-ПК- 3, У- ПК-3, В- ПК-3, 3-УК- 1, У- УК-1, В- УК-1, 3- УКЕ- 1, У- УКЕ- 1, В- УКЕ-
--	--	--	--	--	--	--	--

							1
--	--	--	--	--	--	--	---

* – сокращенное наименование формы контроля

** – сумма максимальных баллов должна быть равна 100 за семестр, включая зачет и (или) экзамен

Сокращение наименований форм текущего контроля и аттестации разделов:

Обозначение	Полное наименование
к.р	Контрольная работа
Э	Экзамен

КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

Недели	Темы занятий / Содержание	Лек., час.	Пр./сем., час.	Лаб., час.
	<i>5 Семестр</i>	32	48	0
1-8	Основные понятия квантовой механики. Уравнение Шредингера. Стационарные состояния. Одномерное движение.	16	24	0
1 - 3	Операторы и операции с ними. Волновая функция Вводится понятие операторов, рассматриваются их свойства и возможные операции с ними. Вводится важнейшее понятие квантовой механики - волновая функция как способ наиболее полного описания квантовомеханической системы. Рассматриваются основные свойства волновой функции. Особое внимание уделяется трактовке квадрата её амплитуды как вероятности результата соответствующего измерения.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
4 - 5	Гамильтониан. Оператор импульса. Представление Гейзенберга. Уравнение Шредингера Вводится понятие оператора Гамильтона, собственное значение которого имеет смысл полной энергии квантовомеханической системы. Вводится понятие оператора импульса, рассматриваются способы импульсного и координатного описания квантовомеханических системы. С помощью оператора Гамильтона строится уравнение Шредингера.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
6	Основные свойства уравнения Шредингера. Стационарные состояния. Волновой пакет. Соотношение неопределенности Рассматриваются основные свойства уравнения Шредингера и стационарные состояния как простейший пример его применения к описанию квантовомеханических систем с постоянным по времени потенциалом. Вводится понятие волнового пакета. Из общих соображений выводится соотношение неопределённостей Гейзенберга для различных пар сопряжённых величин (импульс-координата, энергия-время).	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Одномерное движение. Потенциальная яма. Линейный	Всего аудиторных часов		

	гармонический осциллятор. В качестве примера рассматривается квантовомеханическая система с одной степенью свободы. Вводится понятие потенциального барьера, потенциальной ямы. Рассматривается важнейший чисто квантовый эффект - туннелирование. Особое внимание уделяется линейному гармоническому осциллятору, для которого строится полное решение уравнения Шрёдингера с применением свойств рядов и полиномов Эрмита. Строится энергетический спектр квантового осциллятора, на примере которого проявляется ещё один чисто квантовый эффект - ненулевая энергия основного состояния, так называемые "нулевые колебания".	4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-16	Момент импульса. Движение в центральном поле. Атом водорода. Спин	16	24	0
9 - 10	Момент импульса. Собственные значения и векторы. Сложение моментов Вводится понятие момента импульса в квантовой механике, рассматриваются его свойства, собственные значения и проекции на выделенные пространственные оси. Строится представление квантовомеханической системы на основе собственных векторов момента импульса. Рассматривается сложение моментов в квантовой механике.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
11	Движение в центральном поле. Общие свойства. Разложение плоской волны по сферическим. Рассматриваются квантовомеханические системы со сферически симметричным потенциалом. Отдельно выводится уравнение для радиальной функции, строятся её асимптотики и полный спектр состояний. Показывается, что волновая функция, описывающая квантовомеханическую систему с центральным полем, факторизуется по сферическим функциям.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
13 - 14	Атом водорода. Связанные состояния. Непрерывный спектр. В качестве примера центрального поля рассматривается кулоновский потенциал. Развивается модель водородоподобного атома, в рамках которой возникает случайное кулоновское вырождение состояний. Вводится понятие энергии ионизации и непрерывного спектра состояний.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
15 - 16	Спин. Матрицы Паули. Вводится одно из фундаментальных чисто квантовых понятий - спин. Рассматривается оператор спина и его собственные значения. Показывается, что в матричном представлении операторам спина отвечают так называемые матрицы Паули. Вводится понятие спинора.	Всего аудиторных часов		
		4	6	0
		Онлайн		
		0	0	0
	<i>6 Семестр</i>	45	30	0
1-8	Теория возмущений. Квазиклассическое приближение. Тожественность частиц	23	15	0
1 - 2	Стационарные возмущения. Секулярное уравнение. Эффект Штарка	Всего аудиторных часов		
		6	4	0

	Знакомство с теорией возмущений в рамках квантовой механики начинается с рассмотрения стационарной теории возмущений как без вырождения, так и с вырождением. В качестве конкретного примера применения построенной модели изучается поведение атома водорода в слабом однородном электрическом поле. Показывается, каким образом происходит расщепление вырожденных уровней энергии за счёт поправки к энергии возбуждённого состояния, - эффект Штарка.	Онлайн		
		0	0	0
3 - 4	Возмущения, зависящие от времени. Соотношение неопределенности для энергии. Изучаются основы нестационарной теории возмущений. Особое внимание уделяются адиабатическим и внезапным возмущениям, периодическим возмущениям. Из выражения для вероятности перехода под действием нестационарного возмущения выводится соотношение неопределённостей для энергии и времени.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
5 - 6	Волновая функция и граничные условия в квазиклассическом случае. Правила квантования Бора-Зоммерфельда. Прохождение через потенциальный барьер Для достаточно глубокой и широкой потенциальной ямы оказывается применимым квазиклассическое приближение, т.к. в таком потенциале возможно существование высоковозбуждённых энергетических уровней. Выводится правило квантования Бора-Зоммерфельда для нахождения таких состояний для различных граничных условий на волновую функцию.	Всего аудиторных часов		
		6	4	0
		Онлайн		
		0	0	0
7 - 8	Принцип неразличимости тождественных частиц. Обменное взаимодействие Строится так называемое представление взаимодействия, в рамках которого возникает важный унитарный оператор – S-матрица. Вводится в рассмотрение фундаментальный принцип неразличимости тождественных частиц, проводится разделение квантовых частиц на фермионы и бозоны. Из принципа неразличимости тождественных частиц следует существование явления обменного взаимодействия и, следовательно, обменного расщепления уровней.	Всего аудиторных часов		
		5	3	0
		Онлайн		
		0	0	0
9-15	Атомы и молекулы. Теория рассеяния	22	15	0
9 - 10	Водородоподобные уровни энергии. Уравнение Томаса-Ферми. Периодическая система элементов. Атом в электрическом и магнитном полях Для атомов с большим числом электронов строится описательная модель, призванная описать изменения глобальных характеристик системы с изменением атомного числа. В рамках модели выводится уравнение относительно соответствующих волновых функций, называемое универсальным уравнением Томаса-Ферми. Отдельно рассматриваются особенности поведения атомов в электрическом и магнитном полях.	Всего аудиторных часов		
		8	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
11 - 13	Общая теория рассеяния. Формула Борна.	Всего аудиторных часов		

	Квазиклассический случай. Рассеяние быстрых и медленных частиц. Формула Резерфорда. Столкновения тождественных частиц. Рассматриваются основы квантовой теории рассеяния. Для упругих бинарных соударений частиц выводится формула, описывающая борновское приближение. Изучаются процессы рассеяния быстрых электронов атомом, а также рассеяние медленных частиц. Рассеяние кулоновским полем приводит к формуле Резерфорда. Отдельно рассматриваются особенности столкновений тождественных частиц.	7	5	0
		Онлайн		
		0	0	0
14 - 15	Аналитические свойства амплитуды рассеяния. Резонансное рассеяние. Неупругое рассеяние. формулы Брейта и Вигнера. Сечения вблизи порога реакции Строится функция амплитуда рассеяния, проводится анализ её аналитических свойств с привлечением методов ТФКП. Рассматривается резонансное рассеяние медленных части. Проводится обобщение теории рассеяния на случай неупругих столкновений частиц, выводятся формулы Брейта и Вигнера, многоканальное рассеяние, а также сечения рассеяния вблизи порога реакции при неупругом взаимодействии частиц.	Всего аудиторных часов		
		7	5	0
		Онлайн		
		0	0	0

Сокращенные наименования онлайн опций:

Обозначение	Полное наименование
ЭК	Электронный курс
ПМ	Полнотекстовый материал
ПЛ	Полнотекстовые лекции
ВМ	Видео-материалы
АМ	Аудио-материалы
Прз	Презентации
Т	Тесты
ЭСМ	Электронные справочные материалы
ИС	Интерактивный сайт

6. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В курсе квантовой механики используются традиционные образовательные технологии: лекции, семинарские занятия с разбором задач и примеров, текущие домашние задания и большие домашние задания.

7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения представлена в следующей таблице:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационное мероприятие (КП 1)	Аттестационное мероприятие (КП 2)
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
УК-1	З-УК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-УК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-УК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
УКЕ-1	З-УКЕ-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-УКЕ-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-УКЕ-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-1	З-ПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-2	З-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ОПК-1	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	З-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ОПК-1	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-2	З-ПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	У-ПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-2	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
ПК-3	З-ПК-3	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15

	У-ПК-3	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15
	В-ПК-3	Э, к.р-8, к.р-16	Э, к.р-8, к.р-15

Шкалы оценки образовательных достижений

Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего и промежуточного контроля.

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов	Оценка по 4-ех балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоению учебной дисциплины
90-100	5 – «отлично»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.
85-89	4 – «хорошо»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 – «удовлетворительно»	E	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.
60-64			
Ниже 60	2 – «неудовлетворительно»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 K17 Руководство к решению задач по физике "Основы квантовой физики. Строение вещества. Атомная и ядерная физика" : учебное пособие для вузов, Москва: НИЯУ МИФИ, 2012
2. 530 Л22 Теоретическая физика Т.3 Квантовая механика. Нерелятивистская теория, , Москва: Физматлит, 2008
3. ЭИ М91 Квантовая механика : , С. Е. Муравьев, Москва: МИФИ, 2009

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА:

1. 53 Ф73 Задачи по квантовой механике Т.1 , , : URSS, 2008
2. 53 Ф73 Задачи по квантовой механике Т.2 , , : URSS, 2008
3. 530 Л22 Теоретическая физика Т.3 Квантовая механика. Нерелятивистская теория, , : Физматлит, 2004

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ:

Специальное программное обеспечение не требуется

LMS И ИНТЕРНЕТ-РЕСУРСЫ:

<https://online.mephi.ru/>

<http://library.mephi.ru/>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Специальное материально-техническое обеспечение не требуется

10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ

Методические рекомендации по освоению теоретического материала.

Для успешного изучения курса необходимо придерживаться определенной методики занятий. Основное условие успеха — систематические занятия.

Для успешного освоения теоретической части курса необходимо регулярно посещать лекции и вести конспект. После каждой лекции следует внимательно разбирать лекционный материал, причём при необходимости следует проделывать некоторые дополнительные выкладки, если такие были оставлены лектором для самостоятельной работы. Перед началом каждой лекции имеет смысл просмотреть конспект, чтобы усвоение нового материала проходило лучше, так как в большинстве случаев изложение опирается на материал, прочитанный на предыдущих занятиях.

Для полного освоения курса недостаточно изучать лишь лекционный материал. В ходе освоения курса следует читать книги, предложенные в списке литературы по курсу.

Настоятельно рекомендуется также использовать литературу, обозначенную как «дополнительная», а также самостоятельно или с помощью преподавателя искать и другие источники. При работе с литературой почти бесполезно только читать предложенный материал. Следует проделывать все или хотя бы основные выкладки. Важно осознавать, что только самостоятельно проделанные выкладки приводят к пониманию материала. Все, что осталось непонятым, следует спросить у преподавателя на ближайшем занятии. Если даже целый раздел остался неясным, это не показатель ваших способностей; скорее всего вы еще не начали задавать вопросы себе и другим. А изучить теоретическую физику без вопросов: зачем?, почему?, откуда? — невозможно. То же касается и разбора лекционного материала.

Методические рекомендации для подготовки к семинарским занятиям и решению задач.

Программа курса и семестровый календарный план составлены так, что темы семинарских занятий следуют за темами лекций. И программа курса, и семестровый календарный план доступны каждому студенту на сайте учебного управления университета. Подготовиться к очередному семинарскому занятию - это, прежде всего, проработать лекционный материал, согласно методическим рекомендациям, данным выше. Все невыясненные вопросы теории можно (и нужно) задать преподавателю в начале семинарского занятия. На семинаре, как правило, разбираются вопросы и качественные задачи, дающие возможность более глубоко постичь изучаемый раздел курса. Кроме того, на семинаре учат правильно ставить и решать задачи, анализировать решение задач. По пройденной на семинаре теме даются задачи для самостоятельного (домашнего) решения. Усвоение курса во многом зависит от осмысленного выполнения домашнего задания, вдумчивого решения большого количества задач.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами.

Прежде всего нужно хорошо вникнуть в условие задачи, записать кратко ее условие.

Следует прикинуть, какие основные законы и уравнения и в каких приближениях следует использовать и записать их, после чего попытаться решить.

Задача должна быть сначала решена в максимально общем виде.

Получив решение в общем виде, нужно проверить, правильную ли оно имеет размерность.

Если это возможно, исследовать поведение решения в предельных случаях и изобразить характер изучаемой зависимости графически.

Если возможно, при получении того или иного результата, следует указать границы его применимости.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если вы решаете задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Не следует бояться непривычно длинных математических выкладок, т.к. подобные «длинные» задачи приближены к реальным задачам, с которыми вы можете столкнуться в будущем в научной или другой работе.

Не следует смущаться тем, что некоторые задачи не решаются «с ходу». Достоверно установлено, что процесс творчества в области точных наук (а решение задач есть вид творчества) протекает по следующей схеме. Сначала идет подготовительная стадия, в ходе которой ученый настойчиво ищет решение проблемы. Если решение найти не удастся и проблема оставлена, наступает вторая стадия (стадия инкубации) — ученый не думает о

проблеме и занимается другими вопросами. Однако в подсознании продолжается скрытая работа мысли, которая часто приводит в конечном итоге к третьей стадии - внезапному озарению и получению требуемого решения. Нужно иметь в виду, что стадия инкубации не возникает сама собой - для того чтобы пустить в ход машину бессознательного, необходима настойчивая интенсивная работа в ходе подготовительной стадии.

Решение задач, как мы уже отмечали, есть также вид творчества и подчиняется тем же закономерностям, что и работа ученого над научной проблемой. Правда, в некоторых случаях, вторая стадия - стадия инкубации - может быть выражена настолько слабо, что остается незамеченной.

Из сказанного вытекает, что решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены.

В рекомендуемых сборниках задач, в разделе, который следует за ответами, содержатся указания к решению более трудных задач. Обращаться к ним нужно лишь после того, как несколько попыток решить задачу не приведут к успеху.

Методические рекомендации для подготовки к контрольным и проверочным работам.

Контрольные работы проводятся для проверки качества усвоения материала и выполнения заданий студентами. Они основываются строго на пройденном материале и не выходят за рамки излагаемого курса. Своевременное изучение лекционных материалов и выполнение заданий гарантирует успешное выполнение контрольных и проверочных работ. При подготовке следует руководствоваться общепринятыми установками, т.е. повторить изученный материал, запомнить основные идеи, принципы и результаты курса. Не следует пытаться «вызубрить» материал, достаточно понять и запомнить логику вывода тех или иных результатов и решения задач и осознать их физический и математический смысл. При выполнении контрольной или проверочной работы необходимо записывать все основные шаги при решении задачи, не «перескакивая» к какому-то промежуточному или окончательному результату без каких-либо на то физических или математических обоснований.

Никаких особых требований к оформлению работ нет. Работа должна быть записана так, чтобы была понятна логика решения задач. Окончательный ответ необходимо выделить каким-либо способом так, чтобы проверяющему было понятно, что это и есть ответ к задаче.

11. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

Проведение практических занятий и выполнение самостоятельных работ

Студенты должны, используя прослушанный на лекциях материал, научиться решать задачи по курсу. Следует использовать различные приемы вовлечения студентов в творческий процесс освоения учебного материала: опрос студентов по содержанию прочитанных лекций, вызов студентов к доске для решения текущих задач, самостоятельное решение задачи со сверкой промежуточных и конечного результатов решения, показ преподавателем на доске решения типовых задач, самостоятельные работы.

Организация контроля

Контроль знаний осуществляется и путем проведения контрольных или самостоятельных работ с последующей проверкой.

На основании этих результатов выставляется оценка по аттестации разделов.

Проведение зачетов и экзаменов

Для допуска к промежуточной аттестации необходимо иметь положительные оценки по каждой теме. Во время аттестации студент получает индивидуальный билет и готовит ответы на вопросы по курсу.

Автор(ы):

Муравьев Сергей Евгеньевич, к.ф.-м.н., доцент

Рецензент(ы):

Яковлев Валерий Петрович., д.ф.-м.н. профессор