

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Теплофизика

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**КВАНТОВАЯ МЕХАНИКА**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.04</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 5;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>180 часов</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 48 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 97,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b>	
<b>Контрольная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2019**

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Бобров В.Б.
	Идентификатор	R84cde94f-BobrovVB-6549f943

(подпись)

В.Б. Бобров

(расшифровка подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

(подпись)

Д.Н. Герасимов

(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** Целью освоения дисциплины является изучение основ квантовой механики как базы для последующего освоения статистической физики, теории теплофизических свойств веществ, физики плазмы, физики твёрдого тела и применения полученных знаний в практике теплофизических исследований.

### Задачи дисциплины

- Освоение представлений о причинах, научных, технологических и мировоззренческих последствиях революции в физике XX века, приведших к созданию квантовой физики;
- Овладение основными идеями и положениями, лежащими в основе классической и квантовой физики;
- Овладение навыками применения математического аппарата, методами решения задач квантовой механики и анализу их результатов;
- Освоение представлений о применении методов квантовой механики в теплофизике.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-3 Способен проводить расчеты теплофизических характеристик процессов, протекающих в конкретных технических устройствах и аппаратах энергетического оборудования	ИД-2 <sub>ПК-3</sub> Владеет навыками расчета теплофизических свойств рабочих тел, используемых в энергетическом оборудовании	знать: - Методы описания стационарных связанных состояний и состояний рассеяния одной микрочастицы во внешнем силовом поле, а также системы двух взаимодействующих микрочастиц; - Основные экспериментальные факты, необъяснимые с позиций классической физики и приведшие к созданию квантовой физики; - Основные принципы и теоретический аппарат классической и квантовой физики.  уметь: - Вычислять энергетические и другие физические характеристики микрочастиц вещества, используя уравнение Шредингера.; - Оценивать степень влияния квантовых эффектов на теплофизические свойства веществ и протекание теплофизических процессов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать По высшей математике – Теорию комплексных чисел; – Линейную алгебру и основы теории линейных пространств, в том числе комплексных; – Теорию пределов; – Дифференциальное и интегральное исчисление; – Теорию рядов; – Обыкновенные линейные дифференциальные уравнения и простейшие методы их решения (в частности, метод разложения решения в ряд); – Линейные дифференциальные уравнения с частными производными и простейшие методы их решения (в частности, метод разделения переменных); – Векторный анализ (дифференциальные операторы, интегралы по контуру, поверхности и объёму); – Основы теории линейных функциональных пространств, в том числе комплексных; – Элементы теории обобщённых функций (дельта-функция Дирака); – Элементы теории операторов в линейных функциональных пространствах По физике – Законы классической механики и их математическую формулировку (в виде дифференциальных уравнений); – Динамические переменные (скорость, импульс, кинетическая энергия, момент импульса материальной точки, системы материальных точек, центра масс системы, потенциальная энергия системы в поле внешних сил, потенциальная энергия взаимодействия материальных точек); – Законы сохранения динамических переменных, интегралы движения; – Основы молекулярной физики и теории теплоты (тепловое движение молекул, температура, давление как средние значения соответствующих динамических переменных молекул по тепловому движению, закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул, элементарная теория теплоёмкости идеальных газов и твёрдых тел); – Основы теории электричества и электромагнитного поля; – Основы теории распространения электромагнитных волн и физической оптики.

- уметь По высшей математике – выполнять вычисления с комплексными числами; – решать алгебраические уравнения, используя аналитические и графоаналитические методы; – решать неоднородные и однородные системы линейных алгебраических уравнений; – вычислять производные от простейших функций одной и нескольких переменных; – разлагать функции в степенные и функциональные ряды; – раскрывать неопределённости при вычислении пределов; – строить графики функций, используя их особые точки (корни, экстремумы, точки перегиба) и асимптоты; – вычислять неопределённые и определённые, а также несобственные интегралы от простейших функций одной и нескольких переменных; – выполнять алгебраические операции с векторами (сложения, скалярного и векторного умножения); – вычислять результаты воздействия дифференциальных операторов (градиента, дивергенции, ротора) на скалярные и векторные функции координат. По физике применять дифференциальные уравнения движения материальных точек для расчёта их траекторий; – выполнять для описания движения систем материальных точек переход от декартовых координат к координатам центра масс и относительного движения (в частности, в задаче о движении двух взаимодействующих материальных точек); – применять для решения уравнений движения законы сохранения импульса, момента импульса, энергии; – использовать закон равномерного распределения энергии по степеням свободы молекул для анализа экспериментальных данных о термодинамическом поведении веществ; – использовать законы электростатики для описания взаимодействия между заряженными микрочастицами (электронами, атомными ядрами); – применять теорию электромагнитных волн для вывода соотношений между частотой, длиной волны и скоростью распространения плоской монохроматической волны.

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания	
				Контактная работа						СР					
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль		
КПР	ГК	ИККП	ТК												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1	Квантовая физика — революция в естествознании	56	5	16	-	20	-	-	-	-	-	20	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 9–33, [2], стр. 11–26, 40–46, [3], стр. 13–37, Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.1: Механика. – М.: Физматлит, 2001, 2012. – 224 с. 2. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.2: Теория поля. – М.: Физматлит, 2001, 2012. – 536 с. 3. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка ответов на вопросы: - Дайте сравнительную характеристику вещества и поля в классической картине мира. - Вспомните изучавшиеся в курсе общей физики закономерности, которые описывают сосуществование вещества и электромагнитного поля. - Какие результаты измерений характеристик излучения абсолютно чёрного тела и нагретых газов классическая физика не может объяснить? - Какие результаты измерений характеристик фотоэффекта классическая физика не может объяснить? - Какие результаты измерений</p>	
1.1	Основы классической физики	28		8	-	10	-	-	-	-	-	-	10		-
1.2	Физические основания квантовой механики	28		8	-	10	-	-	-	-	-	-	10		-

																<p>теплоёмкости твёрдого тела и газов классическая физика не может объяснить? - Почему с точки зрения классической физики вещество неустойчиво? - Как, зная потенциальную энергию материальной точки во внешнем поле, подсчитать действующую на неё силу? - Почему нельзя определить потенциальную энергию силы Лоренца, которая действует на заряженную материальную точку, движущуюся в магнитном поле? - Запишите потенциальную энергию системы материальных точек в виде суммы потенциальной энергии системы во внешнем силовом поле и потенциальной энергии взаимодействия частиц между собой. В чём принципиальное различие зависимости этих двух вкладов от координат частиц? - Напишите уравнения движения двух взаимодействующих заряженных частиц. - Докажите, что энергия системы материальных точек в отсутствии внешних сил является интегралом движения. - Оцените отношение сил тяготения и электростатического взаимодействия двух электронов. - Какие длины волн и частоты электромагнитного поля соответствуют радиоволнам в FM–диапазоне, инфракрасному излучению, свету в видимом диапазоне, ультрафиолетовому свету, гамма-излучению? - Кого из выдающихся физиков XX века, внесших крупный вклад в создание квантовой физики, вы знаете? - Связаны ли, на ваш взгляд, длина де Бройля микрообъекта и неопределённость его положения в пространстве? - Что можно утверждать о вероятности локализации микрообъекта в пространственной области, размер которой порядка или меньше его длины волны Де Бройля? - Не опровергает</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

													ли основные принципы квантовой физики реальная возможность наблюдать объекты размером в несколько нанометров (т.е. содержащие порядка десятков атомов) и манипулировать ими с помощью сканирующего туннельного микроскопа? - Какое наиболее важное изменение в картине мира произошло в результате создания квантовой физики? - Прокомментируйте эксперимент по измерению положения и скорости микрообъекта в одном опыте с позиций принципа дополнительности. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 1-108
2	Уравнение Шрёдингера	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b>
2.1	Уравнение Шрёдингера для микрочастиц	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 70–90, [2], стр. 6–14 Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с. 2. Бобров В.Б. Основные положения нерелятивистской квантовой механики. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 108 с. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка ответов на вопросы и к решению задач: - Записать уравнение Шредингера для волновой функции микрочастицы, имеющей одну степень свободы и находящейся во внешнем поле. Сформулировать начальные и граничные условия для волновой функции. - Записать уравнение Шредингера для системы, состоящей из N взаимодействующих частиц, находящихся во внешнем поле, с использованием оператора Гамильтона. Записать явный вид оператора Гамильтона для такой системы. - Является

																<p>ли волновая функция действительной функцией? На примере микрочастицы, имеющей одну степень свободы, сформулировать требования, предъявляемые в волновой функции. Для чего нужна волновая функция? Каков физический смысл волновой функции для системы, состоящей из <math>N</math> взаимодействующих частиц? - Дать определение понятию «замкнутая квантовая система». Найти общее решение уравнения Шредингера для волновой функции микрочастицы, имеющей одну степень свободы и находящейся в статическом внешнем поле, методом разделения пространственно-временных переменных. Дать определение понятию «стационарное состояние» для такой частицы. - Записать общее решение уравнения Шредингера для волновой функции замкнутой системы, состоящей из <math>N</math> взаимодействующих частиц, находящихся в статическом внешнем поле, используя метод разделения пространственно-временных переменных. Дать определение понятию стационарное состояние для такой системы. - Вычислить волновые функции стационарных состояний <math>u_n(x)</math> и соответствующие энергетические уровни <math>E_n</math> микрочастицы массы <math>m</math>, находящейся в бесконечно глубокой потенциальной одномерной "яме". - Вычислить волновые функции стационарных связанных состояний <math>u_n(x)</math> и соответствующие энергетические уровни <math>E_n</math> микрочастицы массы <math>m</math>, находящейся в потенциальной "яме" конечной глубины и ограниченной с одной стороны непроницаемой стенкой. - Вычислить волновые функции и энергетические уровни микрочастицы массы <math>m</math> с одной степенью свободы, находящейся в стационарных</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---



													<p>связанных состояниях в поле силы гармонического осциллятора. - Вычислить волновые функции и энергетические уровни микрочастицы массы <math>m</math>, находящейся в стационарных связанных состояниях в в бесконечно глубокой потенциальной трехмерной "яме". - Вычислите коэффициент отражения микрочастицы массы <math>m</math> от потенциального барьера и коэффициент прохождения сквозь барьер (коэффициент прозрачности) для заданного одномерного потенциального барьера прямоугольной формы. Принять, что частица «падает» на барьер слева направо, - Чем отличаются стационарные связанные состояния и стационарные состояния рассеяния? Сформулировать основные особенности связанных состояний и состояний рассеяния. Какие эффекты, необъяснимые с позиций классической физики, имеют место при решении задач о стационарных связанных состояниях и стационарных состояниях рассеяния?</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[3], 71-109 [5], 1-108 [6], 71-109</p>
3	Операторы импульса, координаты и энергии микрочастицы	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b></p> <p>Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 42–66, [2], стр. 6-14 Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с. 2. Бобров В.Б. Основные положения нерелятивистской квантовой механики. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 108 с.</p>
3.1	Операторы импульса, координаты и энергии в квантовой механике	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	

																						<p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b>          Подготовка ответов на вопросы и к решению задач: - Дать определение понятиям «оператор, собственная функция и собственное значение оператора». Что означает выражение «собственная функция, отвечающая собственному значению»? - Какой математический объект отображает понятие динамической переменной (динамической функции) в квантовой механике? Каков физический смысл собственных функций и собственных значений оператора, представляющего некоторую динамическую переменную в квантовой механике? - Сформулировать требования, предъявляемые к собственной функции оператора импульса свободной микрочастицы. В чем состоит принцип соответствия Бора и как этот принцип используется при построении оператора импульса? Записать оператор импульса и его собственную функцию для одномерного случая. - Используя метод разделения пространственных переменных для решения уравнения Шредингера для свободной микрочастицы с тремя степенями свободы, определить оператор импульса и его собственную функцию для трехмерного случая. - Дать определение одномерной дельта - функции Дирака и сформулировать ее свойства. Построить обобщение этой функции на трехмерный случай. - Записать уравнение на собственные значения и собственные функции оператора координаты. Как воздействует оператор координаты на произвольную волновую функцию и на свою собственную функцию? Записать общую собственную функцию операторов трех декартовых проекций пространственной переменной</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

														микрочастицы. - Использовать принцип соответствия Бора для определения оператора Гамильтона. Записать операторы кинетической и потенциальной энергии для одной микрочастицы и системы взаимодействующих микрочастиц. Записать уравнение Шредингера и стационарное уравнение Шредингера, используя оператор Гамильтона. <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 1-108
4	Статистические характеристики динамических переменных	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 21-37, 49–61, [2], стр. 70–105 Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с. 2. Бобров В.Б. Основные положения нерелятивистской квантовой механики. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 108 с.	
4.1	Динамические переменные в квантовой механике	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка ответов на вопросы и к решению задач: - Дать определение понятиям «функциональное пространство, скалярное произведение функций и ортогональность функций в функциональном пространстве». Зависит ли скалярное произведение функций от порядка сомножителей? - Чему равна вероятность перехода между состояниями системы, если описывающие их волновые функции ортогональны? Вывести соотношение, выражающее принцип микроскопической обратимости. - Дать определение понятиям «сопряженный и самосопряженный оператор». Построить оператор, сопряженный оператору	

													<p>дифференцирования. Доказать, что квадрат любого самосопряженного оператора также является самосопряженным. - Доказать, что операторы импульса, координаты и оператор Гамильтона являются самосопряженными. - Доказать, что любое собственное значение самосопряженного оператора является действительным числом, а любые собственные функции самосопряженного оператора, отвечающие различным собственным значениям, ортогональны. Почему динамические переменные в квантовой механике представляются только самосопряженными операторами? - Что означает понятие «полная система собственных функций»? Выполнить разложение произвольной волновой функции по некоторому полному набору функций и установить, чему равны коэффициенты в таком разложении. Чему равна сумма квадратов модулей таких коэффициентов? - С использованием понятия вероятности того, что динамическая переменная может принимать одно из возможных дискретных значений, записать среднее (ожидаемое) значение динамической переменной в квантовой механике? Как связана вероятность того или иного результата измерения динамической переменной в состоянии, описываемом некоторой волновой функцией, с коэффициентами разложения этой функции в ряд по собственным функциям оператора, который представляет данную динамическую переменную и обладает дискретным спектром собственных значений? - С использованием понятия плотности вероятности того, что динамическая переменная может принимать одно из возможных непрерывных значений,</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													записать среднее (ожидаемое) значение динамической переменной в квантовой механике? Как связана плотность вероятности того или иного результата измерения динамической переменной в состоянии, описываемом некоторой волновой функцией, с коэффициентами разложения этой функции в интеграл по собственным функциям оператора, который представляет данную динамическую переменную и обладает непрерывным спектром собственных значений? - Вычислить среднее (ожидаемое) значение координаты и импульса микрочастицы с одной степенью свободы, находящейся в стационарном состоянии в поле, задаваемом как «потенциальная яма со стенками бесконечной высоты». - Доказать первую и вторую теоремы Эренфеста для микрочастицы с одной степенью свободы. Каков физический смысл теорем Эренфеста? <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 1-108
5	Соотношения неопределённости	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b>
5.1	Соотношения неопределённости в квантовой механике	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 66–69, [2], стр. 6–14 Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с. 2. Бобров В.Б. Основные положения нерелятивистской квантовой механики. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 108 с. <b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка ответов на вопросы и к решению задач: - Сформулировать основные правила алгебры операторов. Можно ли построить

													<p>оператор, который бы являлся дробной степенью исходного оператора?</p> <p>Сформулировать условия равенства двух операторов. - Найти коммутатор операторов координаты и кинетической энергии микрочастицы с одной степенью свободы. - Найти коммутатор операторов импульса и потенциальной энергии микрочастицы с одной степенью свободы. - Вывести коммутационное соотношение между операторами импульса и Гамильтона для микрочастицы с одной степенью свободы. - Вывести коммутационное соотношение между операторами координаты и Гамильтона для микрочастицы с одной степенью свободы. - Вывести правило вычисления оператора, сопряженного произведению операторов. Является ли коммутатор самосопряженных операторов также самосопряженным оператором? Является ли оператор кинетической энергии микрочастицы положительно определенным? - Вывести неравенство Гейзенберга. На этой основе доказать соотношение неопределенностей между координатой и импульсом микрочастицы с одной степенью свободы. - Вывести соотношение неопределенностей между операторами координаты и кинетической энергии, а также между импульсом и потенциальной энергией микрочастицы с одной степенью свободы. - Сформулировать прямую и обратную теоремы об общих собственных функциях коммутирующих операторов. Всегда ли динамические переменные, операторы которых коммутируют, имеют одновременно определенные значения. Могут ли иметь одновременно определенные значения динамические переменные, операторы</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													<p>которых не коммутируют? - Записать динамическое уравнение Гейзенберга для оператора, зависящего от времени. Используя динамическое уравнение Гейзенберга и коммутационные соотношения между операторами координаты и Гамильтона и между операторами импульса и Гамильтона для для микрочастицы с одной степенью свободы, вывести теоремы Эренфеста для микрочастицы с одной степенью свободы и массой <math>m</math>.</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 1-108</p>
6	Микрочастица в поле центральной силы	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b></p>
6.1	Поведение микрочастицы в центральном поле	12	2	-	4	-	-	-	-	-	6	-	<p>Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 107–141, [2], стр. 15–27 Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с. 2. Бобров В.Б. Основные положения нерелятивистской квантовой механики. – М.: Изд-во МЭИ, 2019. – 108 с.</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка ответов на вопросы и к решению задач: - Записать определение момента импульса для микрочастицы в классической механике. Доказать закон сохранения момента импульса для классической микрочастицы в поле центральной внешней силы. - Записать определение момента импульса для микрочастицы в квантовой механике. Доказать, что операторы проекций момента импульса являются самосопряженными. - Используя определения операторов проекций момента</p>

																		<p>импульса, вычислить коммутаторы операторов различных проекций момента импульса. - Что следует из того факта, что операторы проекций момента импульса микрочастицы не коммутируют друг с другом? - Используя определения операторов проекций момента импульса и квадрата момента импульса, вычислить коммутаторы операторов различных проекций момента импульса. - Что следует из того факта, что операторы проекций момента импульса микрочастицы коммутируют с оператором квадрата момента импульса? - Как корректно сформулировать закон сохранения момента импульса микрочастицы с учетом требований квантовой механики? Остается ли справедливым с учетом требований квантовой механики закон сохранения энергии микрочастицы в поле центральной силы? - Как получить выражения для операторов квадрата момента импульса и его проекций в сферических координатах? Записать соответствующие выражения. - Какие динамические переменные одновременно имеют определенные значения, т.е. являются интегралами движения в задаче о стационарных состояниях микрочастицы в поле центральной силы? - Методом разделения переменных показать, как задачу об определении стационарных состояний микрочастицы в поле центральной силы свести к системе уравнений для радиальных и угловых волновых функций. - Для каких операторов угловые волновые функции являются собственными функциями? Записать «угловые» уравнения с использованием операторов момента импульса. - Буквально ли совпадает</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--



														радиальное уравнение с уравнением Шредингера для микрочастицы с одной степенью свободы? Записать выражение для эффективной потенциальной энергии микрочастицы, фигурирующей в радиальном уравнении. Что является причиной вырождения энергетических уровней микрочастицы в поле центральной силы? Имеются ли среди них невырожденные энергетические уровни? <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 1-216 [2], 110-135 [4], 1-100
7	Стационарные состояния системы двух взаимодействующих микрочастиц	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Самостоятельное изучение теоретического материала [1], стр. 146–157, 346-364 Литература 1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3: Квантовая механика (нерелятивистская теория). – М.: Физматлит, 2001, 2002. – 808 с.	
7.1	Две взаимодействующие микрочастицы в квантовой механике	20	4	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Подготовка ответов на вопросы и к решению задач: - Записать стационарное уравнение Шредингера для замкнутой системы двух частиц, потенциал взаимодействия между которыми зависит от расстояния между частицами. Методом разделения переменных показать, что это уравнение можно свести к системе уравнений для центра масс и относительного расположения исходных частиц. - Какое состояние замкнутой системы описывает волновая функция подсистемы, зависящей от координат центра масс? Почему решение уравнения Шредингера для этой подсистемы имеет вид	

													<p>волновой функции свободной частицы? Какова масса этой частицы? - Какие обобщенные переменные удобно использовать для описания относительного расположения частиц? Используя метод разделения переменных записать систему уравнений для определения волновой функции относительного расположения частиц, а также выражение для приведенной массы двух частиц. - Представить качественный график потенциальной энергии, описывающей химическую связь в двухатомной молекуле. Определить на этом графике области действия межатомного притяжения и отталкивания, равновесное расстояние между атомами и энергию диссоциации молекулы. Как изменяется вид эффективной потенциальной энергии взаимодействия атомов в молекуле при изменении вращательного (азимутального) квантового числа? Каков вид эффективной потенциальной энергии при достижении вращательным квантовым числом значений, соответствующих состояниям предельной устойчивости молекулы в классическом и квантовом случае? - Изобразите качественно относительное расположение колебательных уровней энергии при фиксированном вращательном состоянии и опишите характер колебательно-вращательного энергетического спектра двухатомной молекулы. При каком условии для описания колебательно-вращательного спектра молекулы можно использовать модель «гармонический осциллятор - жесткий ротатор»? Как по порядку величины отличаются кванты колебательной и вращательной энергии? - Записать выражения для потенциальной энергии и эффективной потенциальной взаимодействия</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	---

														<p>электрона и ядра в атоме водорода и водородоподобном ионе. Как изменяется вид эффективной потенциальной энергии в атоме водорода и водородоподобном ионе при изменении вращательного (азимутального) квантового числа? Имеются ли предельные значения вращательного квантового числа как в двухатомной молекуле? - Записать радиальное уравнение для атома водорода в безразмерных переменных. Чему равны характерные значения расстояния и энергии, используемые при переходе к безразмерным переменным? - Найти асимптотики радиального уравнения для связанных состояний в атоме водорода в безразмерных переменных при малых и больших расстояниях. Пояснить ход решения радиального уравнения для атома водорода в безразмерных переменных при определении связанных состояний. Установить соотношение между коэффициентами разложения в ряд функции, определяющей вид радиальной волновой функции. Каково соотношение между главным, орбитальным (колебательным) и азимутальным квантовыми числами в атоме водорода? - Используя выражение для радиальной волновой функции основного состояния атома водорода, найти наиболее вероятное и среднее расстояние электрона от ядра в основном состоянии. - Руководствуясь формулой для подсчета энергетических уровней, изобразите качественно энергетический спектр атома водорода в виде зависимости от колебательного (орбитального) квантового числа при нескольких значениях азимутального квантового числа (<math>l=0; 1;2</math>). На основе полученного изображения объясните природу случайного вырождения</p>
--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

													энергетических уровней в атоме водорода. - Какие экспериментальные данные (и с какой точностью) подтверждают результаты теоретического расчета энергетических уровней атома водорода и водородоподобных ионов? <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 1-100
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	-	48	-	2	-	-	0.5	64	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	-	48		2		-	0.5		97.5	

**Примечание:** Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

### 3.2 Краткое содержание разделов

#### 1. Квантовая физика — революция в естествознании

##### 1.1. Основы классической физики

Основы классической механики для систем многих частиц. Основные положения специальной теории относительности. Основы классической теории электромагнитного поля.

##### 1.2. Физические основания квантовой механики

Истоки квантовой теории. Корпускулярно-волновой дуализм. Волновая функция и ее интерпретация.

#### 2. Уравнение Шрёдингера

##### 2.1. Уравнение Шрёдингера для микрочастиц

Волновая функция. Вычисление волновой функции. Замкнутая микросистема.

#### 3. Операторы импульса, координаты и энергии микрочастицы

##### 3.1. Операторы импульса, координаты и энергии в квантовой механике

Как построить оператор динамической переменной. Оператор импульса. Оператор координаты. Оператор Гамильтона.

#### 4. Статистические характеристики динамических переменных

##### 4.1. Динамические переменные в квантовой механике

Пространство волновых функций. Сопряжённые и самосопряжённые операторы. Собственные функции и собственные значения самосопряжённых операторов. Распределение вероятностей динамической переменной. Теоремы Эренфеста.

#### 5. Соотношения неопределённостей

##### 5.1. Соотношения неопределённостей в квантовой механике

Коммутация операторов. Свойства произведений операторов. Теорема Гейзенберга. Общие собственные функции коммутирующих самосопряжённых операторов. Когда динамические переменные могут, а когда не могут одновременно иметь определённые значения?. Динамическое уравнение Гейзенберга.

#### 6. Микрочастица в поле центральной силы

##### 6.1. Поведение микрочастицы в центральном поле

Момент импульса. Оператор момента импульса. Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса. Стационарные состояния микрочастицы в поле центральной силы.

#### 7. Стационарные состояния системы двух взаимодействующих микрочастиц

##### 7.1. Две взаимодействующие микрочастицы в квантовой механике

Переносное и относительное движение двух частиц. Двухатомная молекула. Атом водорода и водородоподобные ионы.

### 3.3. Темы практических занятий

1. Переносное и относительное движение двух частиц;
2. Момент импульса. Оператор момента импульса. Стационарные состояния микрочастицы в поле центральной силы;
3. Коммутация операторов. Неравенство Гейзенберга.;
4. Теоремы Эренфеста. Соотношение неопределенностей;
5. Сопряжённые и самосопряжённые операторы. Распределение вероятностей динамической переменной;
6. Функциональное пространство. Скалярное произведение функций. Амплитуда и вероятность перехода  
.;
7. Оператор энергии (оператор Гамильтона).;
8. Оператор координаты;
9. Оператор импульса;
10. Двухатомная молекула;
11. Решение уравнения Шредингера методом разделения переменных. Стационарные состояния;
12. Корпускулярно-волновой дуализм. Дифракция электронов;
13. Фотоны. Эффект Комптона.;
14. Черное излучение. Фотоэффект..Теплоемкость твердых тел. Атом Бора;
15. Истоки квантовой теории;
16. Уравнения Максвелла. Электромагнитные волны;
17. Основы классической теории электромагнитного поля;
18. Преобразования Лоренца. Энергия релятивистской частицы;
19. Основные положения специальной теории относительности;
20. Уравнение Шредингера для одной и нескольких микрочастиц.;
21. Классическая картина мира;
22. Основы классической механики для систем многих частиц;
23. Волновой пакет. Волновая функция и ее интерпретация;
24. Атом водорода и водородоподобные ионы.

### 3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

### 3.5 Консультации

#### Текущий контроль (ТК)

1. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Квантовая физика - революция в естествознании".
2. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация

может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Уравнение Шредингера".

3. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Операторы импульса, координаты и энергии микрочастицы".
4. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Статистические характеристики динамических переменных".
5. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Соотношение неопределенностей".
6. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Микрочастица в поле центральной силы".
7. Вне рамок контрольных мероприятий текущий контроль осуществляется посредством устного опроса студентов и обсуждения вопросов студентов на практических занятиях. В случае, если у студента появились дополнительные вопросы, он может задать их преподавателю в письменном виде посредством корпоративной электронной почты НИУ «МЭИ». При необходимости консультация может быть продолжена в формате видеосвязи с использованием одной из интернет-платформ. Непосредственно перед экзаменом проводится групповая консультация по всем разделам и темам курса "Квантовая механика", включая раздел "Стационарные состояния системы двух взаимодействующих микрочастиц".

### **3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)							Оценочное средство (тип и наименование)	
		1	2	3	4	5	6	7		
<b>Знать:</b>										
Основные принципы и теоретический аппарат классической и квантовой физики	ИД-2ПК-3	+	+	+	+	+			Контрольная работа/Контрольное мероприятие -1 Контрольная работа/Контрольное мероприятие – 3	
Основные экспериментальные факты, необъяснимые с позиций классической физики и приведшие к созданию квантовой физики	ИД-2ПК-3	+					+	+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие – 2	
Методы описания стационарных связанных состояний и состояний рассеяния одной микрочастицы во внешнем силовом поле, а также системы двух взаимодействующих микрочастиц	ИД-2ПК-3						+	+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие – 4	
<b>Уметь:</b>										
Оценивать степень влияния квантовых эффектов на теплофизические свойства веществ и протекание теплофизических процессов	ИД-2ПК-3	+					+	+	+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие -1 Контрольная работа/Контрольное мероприятие – 2
Вычислять энергетические и другие физические характеристики микрочастиц вещества, используя уравнение Шредингера.	ИД-2ПК-3		+		+		+	+	Контрольная работа/Контрольное мероприятие – 3 Контрольная работа/Контрольное мероприятие – 4	



## **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)**

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

#### **5 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольное мероприятие -1 (Контрольная работа)
2. Контрольное мероприятие – 2 (Контрольная работа)
3. Контрольное мероприятие – 3 (Контрольная работа)
4. Контрольное мероприятие – 4 (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

#### Экзамен (Семестр №5)

Итоговая оценка (ИО) по курсу "Квантовая механика" выставляется на основании семестровой и экзаменационной составляющей и определяется как средневзвешенное значение следующих величин — балла текущего контроля (БТК) и оценки на экзамене (ОЭ):  
 $ИО = 0,4 * БТК + 0,6 * ОЭ$ .

В диплом выставляется оценка за 5 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. В 10 т. Т.1. Механика : Учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц . – 4-е изд., испр . – М. : Наука, 1988 . – 216 с. - ISBN 5-02-013850-9 .;
2. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: В 10 т. Т.2. Теория поля : Учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц . – 7-е изд., испр . – М. : Наука, 1988 . – 512 с. - ISBN 5-02-014420-7 .;
3. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика: В 10 т. Т.3 : Квантовая механика (нерелятивистская теория) : Учебное пособие для физических специальностей университетов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; Ред. Л. П. Питаевский . – 5-е изд., стереотип . – М. : Физматлит, 2001 . – 808 с. - ISBN 5-922100-57-2 .;
4. Бобров, В. Б. Основные положения классической механики, специальной теории относительности и классической теории электромагнитного поля : учебное пособие по курсу "Квантовая механика" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. Б. Бобров, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2020 . – 100 с. - ISBN 978-5-7046-2355-7 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11327](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11327);
5. Бобров, В. Б. Основные положения нерелятивистской квантовой механики : учебное пособие по курсу "Квантовая механика" по направлению "Ядерная энергетика и теплофизика" / В. Б. Бобров, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2019 . – 108 с. - ISBN 978-5-7046-2236-9 .

[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11048](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=11048);

6. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.- "Квантовая механика (нерелятивистская теория)" Т. 3, (5-е изд., стер.), Издательство: "ФИЗМАТЛИТ", Москва, 2001 - (808 с.)

[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=2380](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=2380).

### 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. Windows / Операционная система семейства Linux;
3. Acrobat Reader.

### 5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. База данных журналов издательства Elsevier - <https://www.sciencedirect.com/>
2. Электронные ресурсы издательства Springer - <https://link.springer.com/>
3. Журналы Institute of Physics (IOP), Великобритания - <https://iopscience.iop.org/>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-209, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, экран интерактивный, мультимедийный проектор, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Квантовая механика

(название дисциплины)

## 5 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

КМ-1 Контрольное мероприятие -1 (Контрольная работа)

КМ-2 Контрольное мероприятие – 2 (Контрольная работа)

КМ-3 Контрольное мероприятие – 3 (Контрольная работа)

КМ-4 Контрольное мероприятие – 4 (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	5	8	13	16
1	Квантовая физика — революция в естествознании					
1.1	Основы классической физики		+	+	+	
1.2	Физические основания квантовой механики		+	+		
2	Уравнение Шрёдингера					
2.1	Уравнение Шрёдингера для микрочастиц		+		+	+
3	Операторы импульса, координаты и энергии микрочастицы					
3.1	Операторы импульса, координаты и энергии в квантовой механике		+		+	
4	Статистические характеристики динамических переменных					
4.1	Динамические переменные в квантовой механике		+		+	+
5	Соотношения неопределённостей					
5.1	Соотношения неопределённостей в квантовой механике		+	+	+	
6	Микрочастица в поле центральной силы					
6.1	Поведение микрочастицы в центральном поле		+	+	+	+
7	Стационарные состояния системы двух взаимодействующих микрочастиц					
7.1	Две взаимодействующие микрочастицы в квантовой механике		+	+	+	+

	Bec KM, %:	15	30	30	25
--	------------	----	----	----	----