

**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: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная


**Рабочая программа дисциплины**  
**ФИЗИКА СПЕЦИАЛЬНАЯ**

<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.03</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>5 семестр - 4; 6 семестр - 4; всего - 8</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>288 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 60 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>5 семестр - 32 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>6 семестр - 14 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>5 семестр - 77,5 часа; 6 семестр - 99,5 часа; всего - 177,0 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>Коллоквиум</b> <b>Контрольная работа</b> <b>Решение задач</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>5 семестр - 0,5 часа;</b>
<b>Экзамен</b>	<b>6 семестр - 0,5 часа; всего - 1,0 час</b>

**Москва 2023**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Афанасьев В.П.
	Идентификатор	Rd662399b-AfanasyevVP-e234fce

В.П. Афанасьев


**СОГЛАСОВАНО:**

Руководитель  
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaee29

А.С. Дмитриев

Заведующий выпускающей  
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

Ю.Ю. Пузина

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины:** изучение квантовомеханического описания процессов взаимодействия ускоренных электронов и ионов с атомами, изучение методов описания конденсированных систем, в том числе квантовой жидкости (гелия-II), а также методов физической кинетики для описания процессов тепло- и массопереноса в идеальном газе

### Задачи дисциплины

- приобретение навыков вычисления дифференциальных сечений упругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах;
- приобретение навыков вычисления дифференциальных сечений неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах, учитывающих процессы как локальных, так и нелокальных процессов потерь энергии;
- приобретение навыков молекулярно-кинетического метода описания процессов переноса в газах (в том числе и в условиях сильной термодинамической неравновесности), изучение методов описания конденсированного состояния вещества;
- приобретение навыков принятия и обоснования конкретных методических решений при выполнении расчетов различных процессов в конденсированных телах и газах.

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
ОПК-1 Способен проводить экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Владеет современными экспериментальными методами определения основных теплофизических величин	уметь: - выполнять расчеты длины пробегов электронов и ионов в твердых телах, выполнять расчеты транспортных пробегов электронов и ионов в твердых телах.
ОПК-1 Способен проводить экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании	знать: - способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности.
ПК-2 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах	ИД-4 <sub>ПК-2</sub> Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе	знать: - основные методы описания конденсированных систем.
РПК-1 Способен к проведению лабораторного и	ИД-1 <sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования конкретных процессов	знать: - способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных	гидродинамики и теплообмена	ионов в твердых телах.
РПК-1 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных	ИД-2 <sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования теплофизических свойств веществ	уметь: - выполнять расчеты тепломассопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности.
РПК-1 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных	ИД-3 <sub>РПК-1</sub> Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных	знать: - условия при которых необходимо квантовомеханическое описание процессов взаимодействия ускоренных частиц с твердыми телами.
РПК-1 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных	ИД-4 <sub>РПК-1</sub> Владеет методами математического моделирования теплофизических процессов	уметь: - выполнять расчеты теплофизических свойств конденсированных тел.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО**

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

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать Термодинамика
- знать Физика (общая)
- знать Математика
- знать Теория тепломассообмена
- знать Механика двухфазных систем

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 8 зачетных единиц, 288 часа.

№ 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	Основы квантовой механики	34	5	10	-	10	-	-	-	-	-	14	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы квантовой механики"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 7-19 [2], 3-16 [6], 13-41</p>
1.1	Основные постулаты квантовой механики	10		3	-	3	-	-	-	-	-	4	-	
1.2	Операторы координат, импульсов, моментов импульса	10		3	-	3	-	-	-	-	-	4	-	
1.3	Соотношения неопределенностей	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
1.4	Простейшие примеры применения квантовой механики	7		2	-	2	-	-	-	-	-	3	-	
2	Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния	44		12	-	12	-	-	-	-	-	20	-	
2.1	Классическая теория рассеяния	22	6	-	6	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 302-315 [2], 22-36</p>	
2.2	Теория Томсона	22	6	-	6	-	-	-	-	-	10	-		
3	Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях	30	10	-	10	-	-	-	-	-	10	-	<p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p>	
3.1	Вариационный принцип квантовой механики и	30	10	-	10	-	-	-	-	-	10	-		

	вариационный метод Ритца												[1], 267-270	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	2	-	-	0.5	77.5			
4	Молекулярная физика и кинетическая теория газов	22	6	6	2	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Молекулярная физика и кинетическая теория газов" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 7-19
4.1	Основные понятия и определения	22		6	2	-	-	-	-	-	-	14	-	
5	Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения	22		6	2	-	-	-	-	-	-	14	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [4], 3-20
5.1	Кинетическое уравнение Больцмана	22		6	2	-	-	-	-	-	-	14	-	
6	Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах	28		6	4	-	-	-	-	-	-	18	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [5], 21-39
6.1	Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о переконденсации	28		6	4	-	-	-	-	-	-	18	-	
7	Принципы физики конденсированных тел	36		10	6	-	-	-	-	-	-	20	-	<b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы физики конденсированных тел" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [3], 32-62 [5], 4-57, 77-115
7.1	Параметры конденсированного тела	12		3	2	-	-	-	-	-	-	7	-	
7.2	Кристаллическая решетка	12		3	2	-	-	-	-	-	-	7	-	

7.3	Электроны в конденсированном теле	12		4	2	-	-	-	-	-	-	6	-	
	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		28	14	-	-	2	-	-	0.5	66	33.5	
	Итого за семестр	144.0		28	14	-	2	-	-	0.5	99.5			
	<b>ИТОГО</b>	<b>288.0</b>	-	<b>60</b>	<b>14</b>	<b>32</b>	<b>4</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1.0</b>	<b>177.0</b>			

**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. Основы квантовой механики

#### 1.1. Основные постулаты квантовой механики

Экспериментальные основы квантовой механики. Квантовые состояния и волновые функции; основные свойства волновых функций. Операторы физических величин (наблюдаемых); средние значения и дисперсии наблюдаемых. Плотность вероятности распределения частиц в пространстве. Вектор потока плотности вероятности. Эрмитовы операторы, их собственные функции и собственные значения. Вырождение. Разложение по собственным функциям эрмитова оператора. Коммутационные соотношения.

#### 1.2. Операторы координат, импульсов, моментов импульса

Собственные функции и собственные значения операторов импульса, момента импульса. Операторы кинетической и потенциальной энергии. Оператор Гамильтона (гамильтониан).

#### 1.3. Соотношения неопределенностей

Физический смысл и простейшие оценки на их основе. Принцип причинности и уравнение Шредингера. Стационарное уравнение Шредингера. Дискретный и непрерывный спектры.

#### 1.4. Простейшие примеры применения квантовой механики

Одномерные задачи: спектр, качественные особенности волновых функций. Основные следствия коммутационных соотношений для компонент момента импульса.

### 2. Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния

#### 2.1. Классическая теория рассеяния

Виды сечений. Дифференциальное упругое сечение рассеяния, сечение Резерфорда, классический вывод. Полное и транспортное сечения рассеяния, полный и транспортный пробеги, физический смысл. Неупругое сечение рассеяния, локальные и нелокальные потери энергии механизмы описания явлений.

#### 2.2. Теория Томсона

Дифференциальное сечение неупругого рассеяния, вывод. Описание процесса ионизации в теории Томсона. Процесс ионизации, сечение ионизации. Средние потери энергии на единице длины, формула Бете-Блоха. Средний неупругий пробег, тормозной путь.

### 3. Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях

#### 3.1. Вариационный принцип квантовой механики и вариационный метод Ритца

Определение пси функций и энергий гармонического осциллятора на основе вариационного метода Ритца. Определение пси функций и энергий атома водорода на основе вариационного метода Ритца. Атомы во внешнем электромагнитном поле, эффект Штарка, эффект Зеемана.

### 4. Молекулярная физика и кинетическая теория газов

#### 4.1. Основные понятия и определения

Потенциалы взаимодействия. Функция распределения молекул газа по скоростям. Моменты функции распределения. Связь микроскопического и макроскопического уровней описания.

### 5. Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения

#### 5.1. Кинетическое уравнение Больцмана

Основные допущения при выводе. Моменты интеграла столкновений. H-функция и H-теорема. Постановка задачи для уравнения Больцмана. Методы решения кинетического уравнения Больцмана.

### 6. Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах

#### 6.1. Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о перекоонденсации

Получение выражения для плотности потока массы. Его асимптотики. Решение задачи о теплопереносе через плоский слой разреженного газа.

### 7. Принципы физики конденсированных тел

#### 7.1. Параметры конденсированного тела

Параметр взаимодействия. Параметр де Бройля. Концепция элементарных возбуждений. Энергетический спектр конденсированного тела.

#### 7.2. Кристаллическая решетка

Коллективные колебания кристаллической решетки. Фононы. Квантовая статистика Бозе-Эйнштейна. Акустические и оптические фононы. Теплоемкость кристаллической решетки. Модель Дебая. Теплопроводность кристаллической решетки (диэлектрики).

#### 7.3. Электроны в конденсированном теле

Квантовая статистика Ферми-Дирака. Вырожденный ферми газ. Теорема Блоха. Статистика и термодинамика электронов в конденсированном теле. Теплоемкость электронов. Зонная структура конденсированных тел.

### **3.3. Темы практических занятий**

1. Расчет энергии и пси функции основного и первых возбужденных состояний водородоподобных состояний на основе вариационного принципа Ритца;
2. Изучение свойств пси-функций, упражнения 1.4 – 1.6 из пособия [5];
3. Расчет дифференциальных сечений упругого рассеяния в первом борновском приближении, задачи 2.1 – 2.3 из пособия [5];
4. Определение параметра экранирования на основе сравнения формулы Резерфорда и данных по сечениям рассеяния взятых из NIST;
5. Расчет энергии и пси функции основного состояния гармонического осциллятора на основе вариационного принципа Ритца;
6. Прохождение частиц через потенциальные барьеры, упражнение 1.7 из пособия [5].

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Определение размеров капель, испаряющихся в парогазовую среду;
2. Исследование теплофизических характеристик капельных монодисперсных потоков;
3. Испарение с поверхности конденсированной фазы при вакуумировании парового

пространства.

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Основы квантовой механики"
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния"
3. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях"
4. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Молекулярная физика и кинетическая теория газов"
5. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения"
6. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах"
7. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Принципы физики конденсированных тел"

### **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>										
способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности	ИД-2 <sub>ОПК-1</sub>				+					Коллоквиум/Молекулярная физика и кинетическая теория газов
основные методы описания конденсированных систем	ИД-4 <sub>ПК-2</sub>								+	Коллоквиум/Физика конденсированных тел
способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах	ИД-1 <sub>РПК-1</sub>		+							Контрольная работа/Квантовомеханические эффекты в теории рассеяния Коллоквиум/Классическая теория рассеяния
условия при которых необходимо квантовомеханическое описание процессов взаимодействия ускоренных частиц с твердыми телами	ИД-3 <sub>РПК-1</sub>	+								Коллоквиум/Основы квантовой механики
<b>Уметь:</b>										
выполнять расчеты длины пробегов электронов и ионов в твердых телах, выполнять расчеты транспортных пробегов электронов и ионов в твердых телах	ИД-1 <sub>ОПК-1</sub>			+						Контрольная работа/Вариационный метод Ритца
выполнять расчеты теплопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности	ИД-2 <sub>РПК-1</sub>							+		Коллоквиум/Расчет процессов теплопереноса в разреженных газах
выполнять расчеты теплофизических свойств конденсированных тел	ИД-4 <sub>РПК-1</sub>					+				Решение задач/Расчет моментов неравновесных функций распределения

#### **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. Вариационный метод Ритца (Контрольная работа)
2. Квантовомеханические эффекты в теории рассеяния (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Классическая теория рассеяния (Коллоквиум)
2. Основы квантовой механики (Коллоквиум)

###### **6 семестр**

Форма реализации: Проверка задания

1. Расчет моментов неравновесных функций распределения (Решение задач)

Форма реализации: Устная форма

1. Молекулярная физика и кинетическая теория газов (Коллоквиум)
2. Расчет процессов тепломассопереноса в разреженных газах (Коллоквиум)
3. Физика конденсированных тел (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

###### Экзамен (Семестр №5)

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

###### Экзамен (Семестр №6)

Итоговая оценка по курсу выставляется на основе оценки за промежуточную аттестацию. Возможен случай, когда в силу значительно отличающейся текущей оценки может быть применен повышающий или понижающий коэффициент

В диплом выставляется оценка за 6 семестр.

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

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

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

1. Савельев, И. В. Основы теоретической физики: В 2 т. Т.2. Квантовая механика / И. В. Савельев . – М. : Наука, 1977 . – 352 с.;
2. Афанасьев, В. П. Учебное пособие по курсам "Физика плазмы и управляемый термоядерный синтез", "Экспериментальные термоядерные установки": Элементарные процессы и кинетика высокотемпературной неравновесной плазмы / В. П. Афанасьев ; Ред. И. Н. Крупенникова ; Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М . – 1988 . – 84 с.;

3. Королев, П. В. Методы описания конденсированных систем : учебное пособие по курсу "Физика конденсированных систем" по направлению "Нанотехнологии", и слушателей ФПКПиС МЭИ (ТУ) / П. В. Королев, А. П. Крюков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 64 с. - ISBN 978-5-383-00428-9 .  
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=1454>;
4. Крюков, А. П. Элементы физической кинетики : Учебное пособие по курсу "Основы криофизики" / А. П. Крюков, Моск. энерг. ин-т (МЭИ) . – М. : Изд-во МЭИ, 1995 . – 69 с. : 890.00 .;
5. Дмитриев, А. С. Основы криофизики конденсированных систем : учебное пособие по курсу "Криофизика", по направлению "Техническая физика" / А. С. Дмитриев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Изд-во МЭИ, 2006 . – 132 с. - ISBN 5-903072-78-X .;
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.

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

1. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
3. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
4. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
5. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ - <https://rosmintrud.ru/opendata>
9. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
10. База открытых данных Министерства экономического развития РФ - <http://www.economy.gov.ru>
11. База открытых данных Росфинмониторинга - <http://www.fedsfm.ru/opendata>
12. Электронная открытая база данных "Polpred.com Обзор СМИ" - <https://www.polpred.com>
13. Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» - <https://openedu.ru>
14. Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии - <http://protect.gost.ru/>
15. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

<b>Тип помещения</b>	<b>Номер аудитории, наименование</b>	<b>Оснащение</b>
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный	сервер, кондиционер

	зал ИВЦ	
	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-404, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-818, Учебная аудитория	парта со скамьей, стол преподавателя, стул, доска меловая
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	А-410, Учебная аудитория "А"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-423/1, Аудитория каф. "НТ"	стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

**БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ****Физика специальная**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Основы квантовой механики (Коллоквиум)  
 КМ-2 Классическая теория рассеяния (Коллоквиум)  
 КМ-3 Квантовомеханические эффекты в теории рассеяния (Контрольная работа)  
 КМ-4 Вариационный метод Ритца (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	10	14
1	Основы квантовой механики					
1.1	Основные постулаты квантовой механики		+			
1.2	Операторы координат, импульсов, моментов импульса		+			
1.3	Соотношения неопределенностей		+			
1.4	Простейшие примеры применения квантовой механики		+			
2	Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния					
2.1	Классическая теория рассеяния			+	+	
2.2	Теория Томсона			+	+	
3	Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях					
3.1	Вариационный принцип квантовой механики и вариационный метод Ритца					+
Вес КМ, %:			20	20	30	30

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

- КМ-5 Молекулярная физика и кинетическая теория газов (Коллоквиум)  
 КМ-6 Расчет процессов теплопереноса в разреженных газах (Коллоквиум)  
 КМ-7 Расчет моментов неравновесных функций распределения (Решение задач)  
 КМ-8 Физика конденсированных тел (Коллоквиум)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**



Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ- 5	КМ- 6	КМ- 7	КМ- 8
		Неделя КМ:	4	8	11	13
1	Молекулярная физика и кинетическая теория газов					
1.1	Основные понятия и определения		+			
2	Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения					
2.1	Кинетическое уравнение Больцмана				+	
3	Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах					
3.1	Решение линеаризованной одномерной стационарной задачи о переконденсации			+		
4	Принципы физики конденсированных тел					
4.1	Параметры конденсированного тела					+
4.2	Кристаллическая решетка					+
4.3	Электроны в конденсированном теле					+
Вес КМ, %:			20	40	20	20