

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


| | |
|--|---|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.03 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 5 семестр - 4; 6 семестр - 4; всего - 8 |
| Часов (всего) по учебному плану: | 288 часа |
| Лекции | 5 семестр - 32 часа; 6 семестр - 28 часа; всего - 60 часов |
| Практические занятия | 5 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | 6 семестр - 14 часов; |
| Консультации | 5 семестр - 2 часа; 6 семестр - 2 часа; всего - 4 часа |
| Самостоятельная работа | 5 семестр - 77,5 часа; 6 семестр - 99,5 часа; всего - 177,0 часа |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: | |
| Коллоквиум | |
| Контрольная работа | |
| Решение задач | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Экзамен | 5 семестр - 0,5 часа; |
| Экзамен | 6 семестр - 0,5 часа; |
| | всего - 1,0 час |

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

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

(подпись)

В.П. Афанасьев

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

| | | |
|---|--|--------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Дмитриев А.С. |
| | Идентификатор | R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaae29 |


(подпись)

А.С. Дмитриев

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

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

(подпись)

Ю.Ю. Пузина

(расшифровка
подписи)

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 |
|--|---|---|
| ПК-3 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей процессов в наноразмерных системах | ИД-4ПК-3 Готов анализировать процессы взаимодействия частиц на поверхности материалов и в конденсированной фазе | <p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- условия при которых необходимо квантовомеханическое описание процессов взаимодействия ускоренных частиц с твердыми телами;- способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах;- способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности;- основные методы описания конденсированных систем. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- выполнять расчеты длины пробегов электронов и ионов в твердых телах, выполнять расчеты транспортных пробегов электронов и ионов в твердых телах;- выполнять расчеты тепломассопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности;- 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><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Основы квантовой механики"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[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><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Классическая и квантовомеханическая теории рассеяния"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[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><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Квантовомеханические методы описания атомов во внешних полях"</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></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 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Молекулярная физика и кинетическая теория газов" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Кинетическое уравнение Больцмана и методы его решения" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Расчеты процессов тепло- и массопереноса в разреженных газах" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | - | <u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Принципы физики конденсированных тел" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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 | | | |
| | ИТОГО | 288.0 | - | 60 | 14 | 32 | 4 | - | - | 1.0 | 177.0 | | | |

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. Изучение свойств пси-функций, упражнения 1.4 – 1.6 из пособия [5];
2. Прохождение частиц через потенциальные барьеры, упражнение 1.7 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. Расчет энергии и пси функции основного и первых возбужденных состояний водородоподобных состояний на основе вариационного принципа Ритца.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Испарение с поверхности конденсированной фазы при вакуумировании парового пространства;
2. Определение размеров капель, испаряющихся в парогазовую среду;

3. Исследование теплофизических характеристик капельных монодисперсных потоков.

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 | | |
| Знать: | | | | | | | | | | |
| основные методы описания конденсированных систем | ИД-4ПК-3 | | | | | | | | + | Коллоквиум/Физика конденсированных тел |
| способы расчета процессов переноса в условиях существенной неравновесности | ИД-4ПК-3 | | | | + | | | | | Коллоквиум/Молекулярная физика и кинетическая теория газов |
| способы расчета сечений упругого и неупругого рассеяния электронов и ионов в твердых телах | ИД-4ПК-3 | | + | | | | | | | 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-4ПК-3 | + | | | | | | | | Коллоквиум/Основы квантовой механики |
| Уметь: | | | | | | | | | | |
| выполнять расчеты теплофизических свойств конденсированных тел | ИД-4ПК-3 | | | | | + | | | | Решение задач/Расчет моментов неравновесных функций распределения |
| выполнять расчеты тепломассопереноса в газах при любой степени термодинамической неравновесности | ИД-4ПК-3 | | | | | | | + | | Коллоквиум/Расчет процессов тепломассопереноса в разреженных газах |
| выполнять расчеты длины пробегов электронов и ионов в твердых телах, выполнять расчеты транспортных пробегов электронов и ионов в твердых телах | ИД-4ПК-3 | | | + | | | | | | Контрольная работа/Вариационный метод Ритца |

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/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=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.

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

| Тип помещения | Номер аудитории, наименование | Оснащение |
|---|-------------------------------|---|
| 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 зал ИВЦ | сервер, кондиционер |
| | 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 |