



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

**«Дальневосточный федеральный университет»**

**(ДФУ)**

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП

Директор департамента ДТФИТ ИНТиПМ

д.п.н., проф. Т.Н. Гнитецкая  
(подпись) (ФИО)



д.ф.-м.н., проф. К. В. Нефедев  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Научный руководитель ОП

«20» сентября 2023 г.

д.ф.-м.н., проф. Л. Л. Афремов  
(подпись) (ФИО)

#### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Физическая кинетика

Специальность 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика

Специализация Фундаментальная физика и информатика

(Совместно с ИАПУ ДВО РАН, ТОИ ДВО РАН)

Форма подготовки: очная

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 03.05.02 Фундаментальная и прикладная физика, утвержденного приказом Минобрнауки России от 1 марта 2018 г. N 158 (с изменениями и дополнениями) Рабочая программа обсуждена на заседании департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий, протокол № 1 от «20» сентября 2023 г.

Директор департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий д.ф.-м.н., проф. К.В. Нефедев  
Составитель: канд. физ.-мат. наук, доцент Гой А.А.

Владивосток

2023

Оборотная сторона титульного листа РПД

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента теоретической физики и интеллектуальных технологий:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

### *Физическая кинетика*

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единиц 144 академических часа. Является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений, профессионального блока дисциплин, модуль фундаментальной физики, изучается в 10 семестре и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 34 часов, практических 32 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – 51 час и подготовку к экзамену – 27 часов.

*Язык реализации: русский.*

**Цель:** изучение студентами-физиками основных понятий и концепций современной термодинамики необратимых процессов и физической кинетики, ознакомление с основными идеями, лежащими в основе описания случайных процессов, протекающих в природе в реальных условиях и в реальных системах, имеющих, как правило, очень большое число степеней свободы при наличии активного воздействия внешней среды, а также обучение студентов решению широкого класса задач физики неравновесных процессов.

#### **Задачи:**

- познакомить студентов с различными методами термодинамического описания неравновесных состояний и процессов;
- познакомить студентов с методами классического микроскопического описания неравновесных состояний и процессов;
- познакомить студентов с методами квантового микроскопического описания неравновесных систем и процессов;
- сформировать умения, позволяющие построить модель неравновесного явления в различных физических ситуациях, сделать оценки для наблюдаемых величин и применить адекватный математический аппарат;

- приобретение навыков самостоятельной работы, предполагающей вывод различных кинетических уравнений вместе с определением области применимости, определение иерархии времен и масштабов применительно к конкретной физической ситуации.

Дисциплина «Физическая кинетика» логически связана с содержанием следующих дисциплин «Теоретическая механика», «Квантовая механика» и «Термодинамика и статистическая физика», «Физика конденсированного состояния», «Введение в теорию квантовых измерений», «Физика полупроводников и низкоразмерных систем» и других.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	ПК-9. Способен вести научно-исследовательскую деятельность в области фундаментальных наук с использованием научной инфраструктуры, соответствующей современным технологическим требованиям	ПК-9.1 Организация и осуществление научно-исследовательской деятельности в области физики, направленной на развитие междисциплинарных и прикладных исследований.	<p>Знает теоретические основы фундаментальной физики, экспериментальное и математическое обоснование теорий и моделей физики;</p> <p>Знает нормы и правила при работе со спектральным оборудованием</p> <p>Умеет получать фундаментальные научные результаты, опираясь на собственную логику развития науки;</p> <p>Умеет проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений</p> <p>Владеет навыками проведения фундаментальных и поисковых научных исследований в интересах обороны страны и безопасности государства;</p> <p>Владеет навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных</p>

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ:

**Цель:** изучение студентами-физиками основных понятий и концепций современной термодинамики необратимых процессов и физической кинетики, ознакомление с основными идеями, лежащими в основе описания случайных процессов, протекающих в природе в реальных условиях и в реальных системах, имеющих, как правило, очень большое число степеней свободы при наличии активного воздействия внешней среды, а также обучение студентов решению широкого класса задач физики неравновесных процессов.

### **Задачи:**

- познакомить студентов с различными методами термодинамического описания неравновесных состояний и процессов;
- познакомить студентов с методами классического микроскопического описания неравновесных состояний и процессов;
- познакомить студентов с методами квантового микроскопического описания неравновесных систем и процессов;
- сформировать умения, позволяющие построить модель неравновесного явления в различных физических ситуациях, сделать оценки для наблюдаемых величин и применить адекватный математический аппарат;
- приобретение навыков самостоятельной работы, предполагающей вывод различных кинетических уравнений вместе с определением области применимости, определение иерархии времен и масштабов применительно к конкретной физической ситуации.

Дисциплина «Физическая кинетика» логически связана с содержанием следующих дисциплин «Теоретическая механика», «Квантовая механика» и «Термодинамика и статистическая физика», «Физика конденсированного состояния», «Введение в теорию квантовых измерений», «Физика полупроводников и низкоразмерных систем» и других.

В результате изучения данной дисциплины у студентов формируются следующие профессиональные компетенции:

Наименование категории (группы) компетенций	Код и наименование компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	ПК-9. Способен вести научно-исследовательскую деятельность в области фундаментальных наук с использованием научной инфраструктуры, соответствующей современным технологическим требованиям.	ПК-9.1 Организация и осуществление научно-исследовательской деятельности в области физики, направленной на развитие междисциплинарных и прикладных исследований.	<p>Знает теоретические основы фундаментальной физики, экспериментальное и математическое обоснование теорий и моделей физики;</p> <p>Знает нормы и правила при работе со спектральным оборудованием</p> <p>Умеет получать фундаментальные научные результаты, опираясь на собственную логику развития науки;</p> <p>Умеет проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений</p> <p>Владеет навыками проведения фундаментальных и поисковых научных исследований в интересах обороны страны и безопасности государства;</p> <p>Владеет навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных</p>

## II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётных единиц 144 академических часа. Является дисциплиной части, формируемой участниками образовательных отношений, профессионального блока дисциплин, модуль фундаментальной физики, изучается в 10 семестре и завершается экзаменом. Учебным планом предусмотрено проведение лекционных занятий в объеме 34 часов, практических 32 часов, а также выделены часы на самостоятельную работу студента – 51 час и подготовку к экзамену – 27 часов.

## III. СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Форма обучения – очная

№	Наименование раздела дисциплины	С е м е с	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК*	СР	Контроль	

		т р							
1	Раздел 1. Термодинамика неравновесных систем и процессов	10	10	-	12	-	17	9	
2	Раздел 2. Классическая кинетика	10	14	-	12	-	17	9	
3	Раздел 3. Квантовая кинетика	10	10	-	8	-	17	9	
	Итого:		34	-	32	-	51	27	экзамен

#### **IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

##### **Раздел 1. Термодинамика неравновесных систем и процессов**

##### **Тема 1. Приближение локального равновесия**

Неравновесные состояния и процессы. Два подхода к изучению неравновесных состояний и процессов. Потoki физических величин. Температура и энтропия. Производство энтропии. Приближение локального равновесия. Первое начало в локальной формулировке. Экстремальные свойства характеристических функций. Принцип экстремума. Классическая термодинамика и описание нашего Мира. Три раздела термодинамики.

##### **Тема 2. Полуфеноменологическая теория необратимых процессов Онсагера**

Энтропия неравновесной системы. Линейная связь между силами и потоками. Условия на кинетические коэффициенты. Соотношения взаимности Онсагера. Твердое тело с градиентом температуры. Определение сил и потоков для электронов в металлах. Коэффициенты теплопроводности, электропроводности и дифференциальной термоэдс. Явление Пельтье. Теорема о минимуме производства энтропии.

##### **Тема 3. Нелинейные необратимые процессы**

Проблемы описания нашего Мира в целом. Неустойчивости в простых динамических системах. Ячейки Бенара. Реакция Белоусова–Жаботинского. Синергетика. Школы синергетики. Диссипативные структуры. Универсальный

критерий эволюции Гленсдорфа-Пригожина. Ключевые положения синергетики.

## **Раздел 2. Классическая кинетика**

### **Тема 1. Неравновесная функция распределения**

Определение и эволюция неравновесной функции распределения. Дрейф и столкновения молекул. Кинематика столкновений. Рассеяние в системе центра масс. Дифференциальное сечение рассеяния. Кинетическое уравнение Больцмана. Распределение Максвелла.

### **Тема 2. Необратимость времени**

Обратимость времени в классической механике, в классической электродинамике и в нерелятивистской квантовой механике. Необратимость времени в термодинамике. Теорема возврата Пуанкаре и оценка цикла Пуанкаре.  $H$ -функция и энтропия.  $H$ -теорема Больцмана. Теорема о фазовом объеме, соответствующем равновесному состоянию.

### **Тема 3. Уравнение Фоккера-Планка**

Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера-Планка. Уравнение Фоккера-Планка для функции  $f(x; t)$ .

### **Тема 4. Цепочка уравнений Боголюбова для функций распределения**

Уравнение Лиувилля. Одночастичная и двухчастичная функции распределения. Первое уравнение цепочки Боголюбова. Принцип ослабления корреляций.

## **Раздел 3. Квантовая кинетика**

### **Тема 1. Основы квантовой кинетики**

Классические и квантовые степени свободы. Неравновесная матрица плотности. Квантовое уравнение Лиувилля. Уравнения Линдблада. Теория линейного отклика Кубо. Запаздывающая, причинная и опережающая функции Грина. Вывод кинетического уравнения для электронов, рассеивающихся на примесях.

## **Тема 2. Уравнения квантовой кинетики**

Квазиравновесное распределение. Граничные условия и уравнение Лиувилля для неравновесного статистического оператора. Интегральные уравнения и теория возмущений для неравновесного статистического оператора. Обобщенные кинетические уравнения.

## **Тема 3. Некоторые приложения квантовой кинетики.**

Основы квантовой теории ферромагнетизма, спиновые волны, зарядовые и спиновые флуктуации. Гигантское и туннельное магнетосопротивление, эффект Ханле, динамическое перемагничивание ферромагнетика.  
исчисления.

## **V. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практическое занятие 1.**

Коллоквиум «Термодинамика неравновесных систем и процессов»

### **Практическое занятие 2.**

Решение задач по термодинамике неравновесных систем и процессов.

**ЗАДАЧА №1.** Пусть  $p_s$  – вероятность того, что система находится в состоянии  $s$  с энергией  $E_s$ . Показать, что если энтропия выражается формулой

$$S = -k \sum_s p_s \ln p_s ,$$

то те значения  $p_s$  при которых  $S$  имеет максимальное значение при условии, что энергия системы равна  $E$ , подчиняются каноническому распределению.

**ЗАДАЧА №2.** Определить изменение энтропии  $\Delta S$  при диффузионном смешении идеальных газов двух сортов ( $n_1$  и  $n_2$  – число молей компонентов), первоначально находившихся в двух сосудах и имевших одинаковые давления и температуры. Принять, что в процессе диффузии не происходит изменения давления и температуры, а парциальное давление каждого компонента смеси пропорционально молярной концентрации.

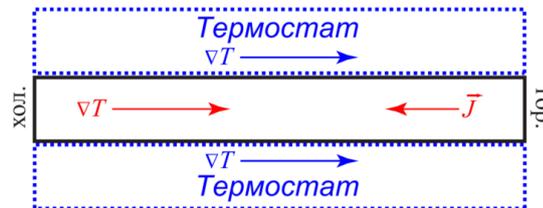
### **Практическое занятие 3.**

Коллоквиум «Линейные необратимые процессы»

#### Практическое занятие 4.

##### Решение задач по теории необратимых процессов Онсагера

**ЗАДАЧА №3.** Рассмотрим однородный ( $\rho = 1/v \approx \text{const}$ ) неравномерно нагретый ( $\nabla T \neq 0$ ) металлический проводник, по которому протекает постоянный ток с плотностью  $\vec{j} = -e\vec{J}$ .



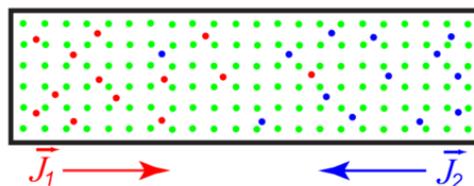
При прохождении электрического тока в объёме проводника будет выделяться тепло. Для поддержания постоянства  $\nabla T$  поместим проводник в термостат, способный поглощать это тепло.

Определите количество тепла, которое будет выделяться в единице объёма проводника в единицу времени (плотность мощности выделяющегося тепла, удельная тепловая мощность).

#### Практическое занятие 5.

##### Решение задач по теории необратимых процессов Онсагера

**ЗАДАЧА №4.** В рамках теории Онсагера рассмотрите процесс многокомпонентной диффузии. Пусть термодинамическая система состоит из частиц трёх сортов.



Частицы «зелёного» сорта в начальный момент времени равномерно распределены по объёму системы  $n_0(\vec{r}, t = 0) = \text{const}$ , а частицы «красного» и «синего» сортов – неравномерно, с концентрациями  $n_1(\vec{r}, t \neq 0) = \text{const}$  и  $n_2(\vec{r}, t \neq 0) = \text{const}$ .

Будем предполагать, что система равномерно нагрета ( $\nabla T = 0$ ) и концентрации  $n_1$  и  $n_2$  много меньше  $n_0$ .

- Определите термодинамические силы и потоки, запишите феноменологические соотношения, связывающие потоки и силы.
- Определите производство энтропии в единице объёма, вызванное многокомпонентной диффузией.
- Установите связь между кинетическими коэффициентами  $\mathcal{L}_{ik}$  и экспериментально измеряемым коэффициентом диффузии  $D_{ik}$  в обобщённом законе Фика

$$\vec{J}_i = - \sum_k D_{ik} \nabla n_k(\vec{r}).$$

### **Практическое занятие 6.**

Коллоквиум «Нелинейные необратимые процессы»

### **Практическое занятие 7.**

Коллоквиум «Кинетическое уравнение Больцмана»

### **Практическое занятие 8.**

Решение задач с использованием кинетического уравнения Больцмана

**ЗАДАЧА №5.** Используя кинетическое уравнение Больцмана, определите:

- среднее число столкновений в единицу времени, испытываемое молекулой газа, находящегося в равновесии;
- среднее время свободного пробега;
- среднюю длину свободного пробега и закон распределения длин свободного пробега;
- коэффициент внутреннего трения (вязкости) газа при его ламинарном течении.

### **Практическое занятие 9.**

Решение задач с использованием кинетического уравнения Больцмана

**ЗАДАЧА №6.** Внутри шара радиуса  $R$  с постоянной плотностью распределены частицы массой  $m$  при температуре  $T$ . В момент времени  $t = 0$  оболочка шара исчезает и начинается свободный разлёт частиц. Пренебрегая столкновениями частиц, определить плотность частиц как функцию времени и координаты.

**ЗАДАЧА №7.** Определить электропроводность однородного металла при температуре  $T$ , предполагая, что уравнение Больцмана для сильно вырожденного электронного газа имеет вид

$$\frac{\partial f}{\partial t} + v \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{r}} - eE \cdot \frac{\partial f}{\partial \vec{p}} = -\frac{f - f_0}{\tau},$$

где  $e$  – заряд электрона, а  $\vec{p}$  – его импульс. Равновесная функция распределения представляет собой распределение Ферми  $f_0(\epsilon)$ , где  $\epsilon = \epsilon(\vec{p})$  – энергия электрона. Предполагается, что электрическое поле  $E$  однородно и что время релаксации  $\tau$  зависит только от  $T$  и  $\epsilon$  (т.е.  $\tau$  зависит от  $\vec{p}$  только через  $\epsilon(\vec{p})$ ). В частности, вычислить электропроводность в случае, когда  $\epsilon(\vec{p})$  есть квадратичная функция  $\epsilon = \vec{p}^2/2m^*$ , где  $m^*$  – эффективная масса.

**Практическое занятие 10.**

Коллоквиум «Необратимость времени»

**Практическое занятие 11.**

Коллоквиум «Уравнения Смолуховского и Фоккера-Планка»

**Практическое занятие 12.**

Коллоквиум «Цепочка уравнений Боголюбова для функций распределения»

**Практическое занятие 13.**

Коллоквиум «Основы квантовой кинетики»

**Практическое занятие 14.**

Коллоквиум «Уравнения квантовой кинетики»

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства *	
				текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Термодинамика неравновесных систем и процессов	ПК-9.1 Организация и осуществление научно-исследовательской деятельности в области физики,	Знает теоретические основы фундаментальной физики, экспериментальное и математическое обоснование теорий и моделей физики;	УО-2 ПР-1	-

		направленной на развитие междисциплинарных и прикладных исследований.	<p>Знает нормы и правила при работе со спектральным оборудованием</p> <p>Умеет получать фундаментальные научные результаты, опираясь на собственную логику развития науки; Умеет проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений</p> <p>Владеет навыками проведения фундаментальных и поисковых научных исследований в интересах обороны страны и безопасности государства; Владеет навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных</p>		
2	Раздел 2. Классическая кинетика	ПК-9.1 Организация и осуществление научно-исследовательской деятельности в области физики, направленной на развитие междисциплинарных и прикладных исследований.	<p>Знает теоретические основы фундаментальной физики, экспериментальное и математическое обоснование теорий и моделей физики; Знает нормы и правила при работе со спектральным оборудованием</p> <p>Умеет получать фундаментальные научные результаты, опираясь на собственную логику развития науки; Умеет проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений</p> <p>Владеет навыками проведения фундаментальных и поисковых научных исследований в интересах обороны страны и безопасности государства;</p>	УО-2 ПР-2	-

			Владеет навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных		
3	Раздел 3. Квантовая кинетика	ПК-9.1 Организация и осуществление научно-исследовательской деятельности в области физики, направленной на развитие междисциплинарных и прикладных исследований.	Знает теоретические основы фундаментальной физики, экспериментальное и математическое обоснование теорий и моделей физики; Знает нормы и правила при работе со спектральным оборудованием  Умеет получать фундаментальные научные результаты, опираясь на собственную логику развития науки; Умеет проводить расчетные исследования на сертифицированных кодах в рамках поставленной задачи, оценивать погрешность результатов измерений  Владеет навыками проведения фундаментальных и поисковых научных исследований в интересах обороны страны и безопасности государства; Владеет навыками проведения экспериментальных измерений на установках и стендах, сопоставления расчетных и экспериментальных данных	УО-2 ПР-2	-
	Экзамен	ПК-9.1		-	УО-1

## **VII. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Самостоятельная работа определяется как индивидуальная или коллективная учебная деятельность, осуществляемая без непосредственного руковод-

ства педагога, но по его заданиям и под его контролем. Самостоятельная работа – это познавательная учебная деятельность, когда последовательность мышления студента, его умственных и практических операций и действий зависит и определяется самим студентом.

Самостоятельная работа студентов способствует развитию самостоятельности, ответственности и организованности, творческого подхода к решению проблем учебного и профессионального уровня, что в итоге приводит к развитию навыка самостоятельного планирования и реализации деятельности.

Целью самостоятельной работы студентов является овладение необходимыми компетенциями по своему направлению подготовки, опытом творческой и исследовательской деятельности.

Формы самостоятельной работы студентов:

- работа с основной и дополнительной литературой, Интернет ресурсами;
- самостоятельное ознакомление с лекционным материалом, представленным на электронных носителях, в библиотеке образовательного учреждения;
- поиск информации по теме, с последующим ее представлением в аудитории в форме доклада, презентаций;
- подготовка к выполнению аудиторных контрольных работ;
- выполнение домашних контрольных работ;
- решение задач;
- подготовка к зачетам;
- другие виды деятельности, организуемые и осуществляемые образовательным учреждением и органами студенческого самоуправления.

## **VIII. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основная литература**  
(печатные и электронные издания)

1. Левич, В.Г. Курс теоретической физики : учебное пособие для физико-технических специальностей вузов Т. 2 . Квантовая механика. Квантовая статистика и физическая кинетика / В. Г. Левич, Ю. А. Вдовин, В. А. Мямлин ; под ред В. Г. Левича. Москва : Наука, 1971 – 936 с.

URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:243090&theme=FEFU>

2. Караваев, Г.Ф Основы термодинамики и статистической физики в задачах (с решениями) : учебное пособие для вузов / Г. Ф. Караваев, В. В. Герасимов. Ростов-на-Дону : Феникс, 2012 – 175 с.

URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:671164&theme=FEFU>

3. Ансельм, А. И. Основы статистической физики и термодинамики : учебное пособие / А. И. Ансельм. — 2-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2007. — 448 с. — ISBN 978-5-8114-0756-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=Lan:Lan-692&theme=FEFU>

### **Дополнительная литература** (печатные и электронные издания)

1. Румер, Ю. Б. Термодинамика, статистическая физика и кинетика : учебное пособие для физических специальностей вузов / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин. Москва : Наука, 1977 – 552 с.

URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:245834&theme=FEFU>

2. Неравновесная термодинамика: методические указания к самостоятельной работе по дисциплине «Неравновесная термодинамика» / составители А. А. Шипельников, А. Н. Роговский, Т. В. Кравченко. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 61 с. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-55116&theme=FEFU>

3. Козлов, В. В. Ансамбли Гиббса и неравновесная статистическая механика / В. В. Козлов. — Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2008. — 204 с. — ISBN 978-5-93972-645-0. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-16490&theme=FEFU>

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. <http://elementy.ru/> – «Элементы большой науки», научно-популярный сайт о последних достижениях науки и техники.

2. <http://www.youtube.com/watch?v=gUrEkPyUDJ0&list=PLNgELESbeMrOVSBa-BPD6hjnC-7LWvjGD> – Статистическая физика. Лекции профессора кафедры статистической физики физического факультета Санкт-Петербургского государственного университета Аджемяна Л.Ц.

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

Лицензионное и свободное программное обеспечение – MS PowerPoint (Office 365), MiKTeX 2.9 и Adobe Acrobat Reader – 2023.

## **IX. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное освоение дисциплины предполагает активную работу студентов на всех занятиях аудиторной формы: лекциях и практиках, выполнение аттестационных мероприятий. В процессе изучения дисциплины студенту необходимо ориентироваться на проработку лекционного материала, подготовку к практическим занятиям, выполнение контрольных работ.

Освоение дисциплины «Физическая кинетика» предполагает рейтинговую систему оценки знаний студентов и предусматривает со стороны преподавателя текущий контроль за посещением студентами лекций, подготовкой и выполнением всех практических заданий, выполнением всех видов самостоятельной работы.

Промежуточной аттестацией по дисциплине «Физическая кинетика» является экзамен.

Студент считается аттестованным по дисциплине при условии выполнения всех видов текущего контроля и самостоятельной работы, предусмотренных учебной программой.

Шкала оценивания сформированности образовательных результатов по дисциплине представлена в фонде оценочных средств (ФОС).

## X. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:	
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, этаж 6, 94,34 кв.м., № помещения 2406	Лекционная аудитория оборудована маркерной доской, Мультимедийное оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 ССВА - 1 шт. Парты и стулья (L608)
Помещения для самостоятельной работы:	
690922, Приморский край, г. Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, этаж 10, 1016,2 кв.м., № помещения 477	Аудитории для самостоятельной работы студентов. Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду ДВФУ. Комплекты учебной мебели (столы и стулья). Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C). Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS). Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля (A1007 (A1042))

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.