

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
прикладной математики и  
информатики  
А.М. Райгородский**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Кинетические уравнения
<b>по направлению:</b>	Информатика и вычислительная техника
<b>профиль подготовки:</b>	Прикладная математика и информатика Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики кафедра анализа систем и решений
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 0 час.

семинары: 30 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: В.В. Веденяпин, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры анализа систем и решений 19.04.2024

## Аннотация

Курс знакомит пользователей с основными кинетическими методами для анализа химических и фазовых превращений в макроскопических системах. На основе полученных знаний они осваивают возможность составлять кинетические модели процессов в многокомпонентных, многофазных системах и решать соответствующие задачи аналитическими и численными методами, распознавать особенности кинетики гетерогенных процессов, определять лимитирующие стадии. Настоящая учебная дисциплина дает пользователям знания в области основных законов и понятий кинетики, знакомит с основными экспериментальными и теоретическими подходами к описанию кинетических процессов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- освоение студентами фундаментальных знаний в области оптимального управления сложными динамическими системами, поведение которых описывается дифференциальными уравнениями с частными производными, а также ознакомление с областями практического применения этих знаний.

#### Задачи дисциплины

- формирование у студентов базовых знаний в области оптимального управления сложными динамическими системами;
- приобретение студентами навыков постановки задач оптимизации, возникающих в математической физике;
- овладение студентами аналитическими и численными методами решения прикладных задач оптимизации сложных систем.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области информатики и вычислительной техники, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
	ОПК-3.3 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
	ОПК-3.6 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы	ОПК-3.7 Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности

математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке
	ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой
	ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы теории оптимизации сложных динамических систем;
- основные современные методы решения задач оптимального управления сложными системами;
- новейшие открытия в естествознании;
- постановку проблем физико-математического и компьютерного моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- использовать современную вычислительную технику;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- планировать оптимальное проведение вычислительного эксперимента.

владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов вычислительного эксперимента;
- научной картиной мира;
- методами математического моделирования сложных систем и управления этими системами.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Уравнения химической кинетики и Н-теорема. Возрастание энтропии.		6		8
2	Дискретные модели уравнения Больцмана.		8		8
3	Квантовые кинетические уравнения и квантовая энтропия.		8		8
4	Реактивные контрреактивные и хемореактивные силы.		8		6
Итого часов			30		30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

##### 1. Уравнения химической кинетики и Н-теорема. Возрастание энтропии.

Классификация уравнений химической кинетики. Линейные уравнения и Марковские процессы.

Уравнение Лиувилля и энтропия. Временные средние совпадают с экстремалами Больцмана. Фазы и ансамбли Гиббса.

##### 2. Дискретные модели уравнения Больцмана.

Разреженный газ. Уравнение Больцмана и проблемы вывода газодинамических уравнений. Линейные инварианты и равновесие. Модели для смесей газов.

##### 3. Квантовые кинетические уравнения и квантовая энтропия.

Соответствие квантовые гамильтонианы - кинетические уравнения. Дальнодействие и уравнения типа Власова. Плазма и гравитация.

##### 4. Реактивные контрреактивные и хемореактивные силы.

Фотофорез, электрофорез, горение, катализаторы и магнитофорез.

#### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Необходимое оборудование для практических занятий: аудитория, доска, компьютер и мультимедийное оборудование (проектор).

Обеспечение самостоятельной работы: рекомендованные в качестве основной литературы учебные пособия.

#### 6.Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

1. Лекции по теории газов [Текст] / Л. Больцман ; пер. с нем. под ред. Б. И. Давыдова .— М. : Гостехиздат, 1953 .— 554 с.

#### Дополнительная литература

1. Введение в современную кинетическую теорию [Текст] : курс лекций / Р. О. Зайцев .— М. : КомКнига, 2006, 2007 .— 480 с.

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

### **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

Необходимое программное обеспечение: ОС Windows, Microsoft Office.

### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения, понятия, аксиомы, алгоритмы.

Успешное освоение курса требует напряжённой самостоятельной работы студента. В программе курса приведено минимально необходимое время для работы студента над темой. Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение и конспектирование рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала (по учебной и научной литературе), подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения, доказательство отдельных утверждений, свойств;
- подготовку к экзамену.

Руководство и контроль за самостоятельной работой студента осуществляется в форме индивидуальных консультаций.

Литература для самостоятельной работы:

1. Веденяпин В. В. Кинетические уравнения Больцмана и Власова. - М.: Физматлит. 2001.
2. Теория оптимальных аэродинамических форм / Под ред. А. Миеле. - М.: Мир, 1969. 508 с.
3. Шмыглевский Ю.Д. Некоторые вариационные задачи газовой динамики. - М.: ВЦ АН СССР, 1963. 142 с.
4. Крайко А.Н. Вариационные задачи газовой динамики. - М.: Наука, 1979. 447 с.
5. Черноусько Ф.Л., Баничук Н.В. Вариационные задачи механики и управления. - М.: Нау-ка, 1973.
6. Шмыглевский Ю.Д. Некоторые вариационные задачи газовой динамики. - М.: ВЦ АН СССР, 1963. 142 с.
7. Л. Больцман Избранные труды. М., Наука, 1984.
8. В.В.Веденяпин. Кинетическая теория по Максвеллу, Больцману и Власову. М.МГОУ.2005.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Информатика и вычислительная техника  
**профиль подготовки:** Прикладная математика и информатика  
Физтех-школа Прикладной Математики и Информатики  
кафедра анализа систем и решений  
**курс:** 2  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** В.В. Веденяпин, д-р физ.-мат. наук, профессор

# 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен выбирать и (или) разрабатывать подходы к решению типовых и новых задач в области информатики и вычислительной техники, учитывая особенности и ограничения различных методов решения	ОПК-3.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-3.2 Способен разрабатывать и модернизировать программное и аппаратное обеспечение информационных и автоматизированных систем
	ОПК-3.3 Способен использовать исследовательские методы при решении новых задач, применяя знания из различных областей науки (техники)
	ОПК-3.6 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте
ПК-2 Понимает и способен применить в научно-исследовательской и прикладной деятельности основные законы естествознания, современный математический аппарат и алгоритмы, современные информационно-коммуникационные технологии	ОПК-3.7 Способен разрабатывать оригинальные алгоритмы и программные средства, в том числе с использованием современных интеллектуальных технологий, для решения профессиональных задач
	ПК-2.1 Знает основы научно-исследовательской деятельности в области информационных технологий, владеет знанием основ философии и методологии науки; знанием методов научных исследований и навыками их проведения
	ПК-2.2 Умеет применять полученные знания в области фундаментальных научных основ теории информации и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности
	ПК-2.4 Владеет методами и алгоритмами решения задач цифровой обработки сигналов, использования сети Интернет, аннотирования, реферирования, библиографического поиска, опыт работы с научными источниками
ПК-3 Владеет навыками участия в научных дискуссиях, выступления с сообщениями и докладами устного, письменного и виртуального (размещение в информационных сетях) характера, представления материалов собственных исследований	ПК-2.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области информационно-коммуникационных технологий
	ПК-3.1 Знает основы ведения научной дискуссии и формы устного научного высказывания
	ПК-3.2 Умеет вести корректную дискуссию в области информационных технологий задавать вопросы и отвечать на поставленные вопросы по теме научной работы
ПК-1 Готов к включению в профессиональное сообщество; способен	ПК-3.3 Имеет практический опыт участия в научных студенческих конференциях, очных, виртуальных, заочных обсуждениях научных проблем в области информационных технологий
	ПК-1.1 Знает принципы построения научной работы, методы сбора и анализа полученного материала, способы аргументации; владеет навыками подготовки научных обзоров, публикаций, рефератов и библиографий по тематике проводимых исследований на русском и английском языке

проводить под научным руководством локальные исследования на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности

ПК-1.2 Умеет решать научные задачи с пониманием существующих подходов к верификации моделей программного обеспечения в связи с поставленной целью и в соответствии с выбранной методикой

ПК-1.3 Имеет практический опыт выступлений и научной аргументации при анализе объекта научной и профессиональной деятельности

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Кинетические уравнения» обучающийся должен:

### знать:

- место и роль общих вопросов науки в научных исследованиях;
- современные проблемы теории оптимизации сложных динамических систем;
- основные современные методы решения задач оптимального управления сложными системами;
- новейшие открытия в естествознании;
- постановку проблем физико-математического и компьютерного моделирования;
- о взаимосвязях и фундаментальном единстве естественных наук.

### уметь:

- эффективно использовать на практике теоретические компоненты науки: понятия, суждения, умозаключения, законы;
- представить панораму универсальных методов и законов современного естествознания;
- использовать современную вычислительную технику;
- абстрагироваться от несущественных влияний при моделировании реальных физических ситуаций;
- планировать оптимальное проведение вычислительного эксперимента.

### владеть:

- планированием, постановкой и обработкой результатов вычислительного эксперимента;
- научной картиной мира;
- методами математического моделирования сложных систем и управления этими системами.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия или в конце занятия по пройденной теме.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Уравнения химической кинетики и Н-теорема. Возрастание энтропии.
2. Классификация уравнений химической кинетики.
3. Линейные уравнения и Марковские процессы.
4. Уравнение Лиувилля и энтропия. Временные средние совпадают с экстремалами Больцмана. Фазы и ансамбли Гиббса.
5. Дискретные модели уравнения Больцмана.
6. Разреженный газ. Уравнение Больцмана и проблемы вывода газодинамических уравнений.
7. Линейные инварианты и равновесие.
8. Модели для смесей газов.
9. Квантовые кинетические уравнения и квантовая энтропия.
10. Соответствие квантовые гамильтонианы - кинетические уравнения.
11. Дальнодействие и уравнения типа Власова. Плазма и гравитация.
12. Реактивные контрреактивные и хемореактивные силы. Фотофорез, электрофорез, горение, катализаторы и магнитофорез.

Примерный перечень билетов:



#### Билет 1

1. Разреженный газ. Уравнение Больцмана и проблемы вывода газодинамических уравнений.
2. Линейные инварианты и равновесие.

#### Билет 2

1. Дальнодействие и уравнения типа Власова. Плазма и гравитация.
2. Реактивные контрреактивные и хемореактивные силы.

#### Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 балла - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 балла - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно 1 балл - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также справочной литературой, вычислительной техникой.