

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования «Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б.Н.Ельцина»

Институт Физико-технологический  
Кафедра Технической физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

С.Т.Князев

2018 г.

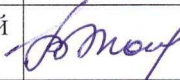
РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГАЗОВ

Рекомендована учебно-методическим советом Физико-технологического института  
для направлений подготовки и специальностей:

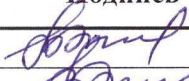
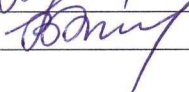
Код ООП	Направление/ Специальность	Направленность (профиль) программы магистратуры/ специализации	Номер учебного плана	Код дисциплины по учебному плану
14.05.01/02.01	Ядерные реакторы и материалы	Ядерные реакторы и материалы	5242	Б1.66.2

Екатеринбург, 2018

Рабочая программа дисциплины-модуля составлена авторами:


№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Кафедра	Подпись
2	Токманцев В.И.	д.т.н	Зав. кафедрой	Технической физики	

Рабочая программа одобрена на заседании кафедр (учебно-методических советов):

№	Наименование кафедры (УМС)	Дата заседания	Номер протокола	ФИО зав. кафедрой (предс. УМС)	Подпись
1	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	
2	Технической физики	26.04.2018	5	Токманцев В.И.	

Согласовано:

Начальник отдела проектирования образовательных программ и организации учебного процесса

  
Р.Х. Токарева

Председатель учебно-методического совета  
Физико-технологического института

  
В.В.Зверев

11.05.2018, протокол № 9



# 1 ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

## Кинетическая теория газов

Рабочая программа дисциплины «Кинетическая теория газов» составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Код направления/ специальности	Название направления/ специальности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
14.05.01	Ядерные реакторы и материалы	03.09.2015	956

### 1.1. Требования к результатам освоения дисциплины-модуля

Изучение дисциплины направлено на формирование компетенций:

**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК) в соответствии с ФГОС ВО:**

способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

способность использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции (ОК-2).

**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ (ПК):**

**научно-исследовательская деятельность:**

готовность к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов (ПК-2);

способность использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и тепломассопереноса в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения (ПК-3);

способность применять экспериментальные, теоретические и компьютерные методы исследований в профессиональной области (ПК-4);

способность оценить перспективы развития ядерной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательских работах (ПК-5);

способность самостоятельно выполнять экспериментальные или теоретические исследования для решения научных и производственных задач с использованием современной техники и методов расчета и исследования (ПК-6).

**проектная деятельность:**

готовность применять методы оптимизации, анализа вариантов, поиска решения многокритериальных задач, учета неопределенностей при проектировании ядерных установок и систем учета, контроля (ПК-16).

**производственно-технологическая деятельность:**

готовность разрабатывать способы применения ядерных установок, нейтронных пучков, методов экспериментальной физики в решении технических и технологических проблем (ПК-26);

способность разрабатывать способы проведения ядерно-физических экспериментов и технологий применения современных электронных устройств для целей защиты ядерных материалов (ПК-30).

**Дополнительные компетенции, согласованные с работодателями (ДОК, ДОПК, ДПК, ДППК):**

понимание физико-химических основ технологических процессов (ДПК1);

**1.2. Содержание результатов обучения**

В результате освоения дисциплины-модуля студент должен:

**Знать** современную картину мира на основе целостной системы естественно научных знаний.

**Уметь** использовать фундаментальные законы в области неравновесной термодинамики в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения.

**Владеть** способностью к созданию теоретических и математических моделей, описывающих газовое и конденсированное состояние вещества, а также процессы на заводах по разделению изотопов или в ядерных реакторах, ускорителях, масс-спектрометрах или воздействие ионизирующего излучения на человека и биологические структуры.

**1.3. Место дисциплины-модуля в структуре образовательной программы**

1. Пререквизиты	Физика; Математический анализ.
2. Коррективы*	Теплофизика, Физическая гидрогазодинамика.
3. Постреквизиты*	Физика жидкости; Теория тепломассопереноса; Физика твердого тела.

**1.4. Объем (трудоемкость) дисциплины**

№ п/п	Виды учебной работы, формы контроля	Объем дисциплины		Распределен не объема дисциплины по семестрам (час.)
		Всего , час.	В т.ч. контактная работа (час.)*	7 семестр
1.	Аудиторные занятия, час.	102	102	102
2.	Лекции, час.	68	68	68
3.	Практические занятия, час.	34	34	34
4.	Лабораторные работы, час.	0	0	0

5.	Самостоятельная работа студентов, включая все виды текущей аттестации, час.	96	15,75	96
6.	Вид промежуточной аттестации	18	2,33	Экзамен, 18
7.	Общая трудоемкость по учебному плану, час.	216	120,08	216
8.	Общая трудоемкость по учебному плану, з.е.	6	-	6

### 1.5. Краткое описание (аннотация) дисциплины-модуля

Содержание дисциплины направлено на изучение неравновесных свойств разреженных газов, как в условиях локального равновесия, так и при его нарушениях. Изучение дисциплин модуля позволит студентам овладеть необходимыми знаниями и умениями для успешного использования методов введения и расчёта локальных и нелокальных кинетических коэффициентов переноса газов при произвольных числах Кнудсена.

## 2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема* дисциплины	Содержание
P1	Введение	Основные направления применения газовых технологий. Газы как объект научных исследований. Общая характеристика газовых частиц. Классификация газов по степени разрежения и режимам переноса.
P2	Расчёт числа возможных состояний газовой системы.	Молекулярная динамика. Идея статистического описания. Неравновесный процесс как эволюцию систем к наиболее вероятному макросостоянию. Квантовомеханические энергетические уровни частицы в потенциальном ящике. Энергетическая плотность числа состояний одной частицы в потенциальном ящике. Постановка задачи для системы $N$ частиц в потенциальном ящике. Определение вероятности фиксированного состояния $N$ -частичной системы при заданном распределении частиц по энергии. Эволюция систем многих частиц к максимальному возможному числу микросостояний. Число возможных микросостояний системы при заданном распределении частиц по энергии. Число возможных микросостояний системы для макросостояния, задаваемого одночастичной функцией распределения. Определение распределения частиц по энергии, максимизирующего число возможных состояний при заданной суммарной энергии. Число возможных состояний и энтропия равновесной

		<p>системы. Условия равновесия подсистем, обменивающихся частицами, импульсом, энергией. Работа изменения объема газа и термодинамические потенциалы разреженного газа.</p>
<p>РЗ</p>	<p>Неравновесная термодинамика.</p>	<p>Локальная неравновесная термодинамика газов          Типы неравновесности в газах и времена их релаксации. Иерархия времен релаксации. Основная тенденция эволюции неравновесных систем. Уравнение баланса энтропии. Скорость изменения энтропии вдоль траектории движения элемента газа. Закон сохранения числа частиц. Закон сохранения импульса. Закон сохранения энергии. Плотность потока и производство энтропии. Сдвиговая и объемная вязкость. Феноменологические уравнения для потоков. Условия, накладываемые на кинетические коэффициенты требованием неотрицательности производства энтропии. Соотношения взаимности Онзагера. Система уравнений переноса частиц, импульса и энергии в локальной неравновесной термодинамике. Основные достоинства и недостатки локальной неравновесной термодинамики.</p> <p>Неравновесная термодинамика переноса газов в многофазных системах.</p> <p>Общая характеристика нелокальных методов. Постановка задачи переноса бинарной газовой смеси в пористой мембране. Уравнение баланса энтропии в объеме, включающем мембрану. Производство энтропии в мембранах с проницаемыми для тепла боковыми стенками. Термодинамические силы, вызывающие перенос газа в мембране. Термодинамические потоки числа частиц и тепла. Феноменологические выражения для потоков тепла и числа частиц. Эффекты переноса тепла при линейном распределении температуры в перегородке. Эффекты теплообмена газа с перегородкой. Эффекты среднеобъемного потока смеси через мембрану. Эффекты диффузионного потока. Производство энтропии и неравновесные процессы в замкнутой системе двух резервуаров, разделенных мембраной. Неравновесные процессы в частично замкнутой системе. Общая характеристика, достоинства и недостатки нелокальной неравновесной термодинамики макрообъектов.</p> <p>Макролокальная неравновесная термодинамика движения газов в мембранах с длинными каналами.</p> <p>Постановка задачи переноса газов в мембранах с длинными каналами. Уравнение</p>

		<p>баланса энтропии в элементе ячейки мембраны. Производство энтропии в единице длины ячейки. Феноменологические соотношения для потоков.</p>
P4	<p>Статистические методы расчёта кинетических коэффициентов.</p>	<p>Элементарные кинетические теории.  Введение. Коэффициенты диффузии случайного блуждания частиц. Свойства максвелловского распределения. Плотность столкновений молекул друг с другом в равновесном однокомпонентном газе. Плотность столкновений молекул равновесного газа с плоской поверхностью. Перенос газов через отверстие в свободномолекулярном режиме. Перенос газов в свободномолекулярном режиме в длинном канале. Кнудсеновское движение газов в каналах произвольной длины. Недостатки элементарных методов определения кинетических коэффициентов в кнудсеновском режиме. Кинетические коэффициенты локальной неравновесной термодинамики. Общие особенности элементарных кинетических теорий.  Основные понятия строгой кинетической теории. Неравновесная функция распределения и ее моменты. Функция рассеяния парного столкновения газовых молекул. Функция рассеяния газовых молекул на поверхности твердых тел.  Кинетическое уравнение Больцмана.</p>

### 3 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ (по формам обучения)

3.1. Распределение для изучаемой дисциплины аудиторной нагрузки и контрольных мероприятий по разделам для очной формы обучения





#### 4 ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ И АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

##### 4.1. Лабораторный практикум

Не предусмотрено

##### 4.2. Практические занятия

Номер раздела	Номер занятия	Тема занятия	Время на проведение занятия (час.)
P1	1-2	Введение	4
P2	3-5	Расчёт числа возможных состояний газовой системы	6
P3	6-12	Неравновесная термодинамика	14
P4	13-17	Статистические методы расчёта кинетических коэффициентов	10

Всего: 34

##### 4.3. Самостоятельная работа студентов

###### 4.3.1. Примерный перечень тем домашних работ

Не предусмотрено

###### 4.3.2. Примерный перечень тем графических работ

Не предусмотрено

###### 4.3.3. Примерный перечень тем рефератов (эссе, творческих работ)

Не предусмотрено

###### 4.3.4. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

не предусмотрено

###### 4.3.5. Примерный перечень тем расчетных работ (программных продуктов)

Не предусмотрено

###### 4.3.6. Примерный перечень тем расчетно-графических работ

Не предусмотрено

###### 4.3.7. Примерная тематика курсового проекта (работы) (индивидуального или группового)

Не предусмотрено

###### 4.3.8. Примерный перечень тем контрольных работ

1. Расчёт энтропии.
2. Неравновесная термодинамика.
3. Кинетическая теория газов.

###### 4.3.9. Примерная тематика коллоквиумов

1. Типы неравновесности в газах и времена их релаксации.
2. Основная тенденция эволюции неравновесных систем.
3. Уравнение баланса энтропии.

4. Законы сохранения числа частиц, импульса и энергии.
5. Соотношения взаимности Онзагера.
6. Основные достоинства и недостатки локальной неравновесной термодинамики.
7. Общая характеристика нелокальных методов.
8. Неравновесные процессы в частично замкнутой системе.
9. Общая характеристика, достоинства и недостатки нелокальной неравновесной термодинамики макрообъектов.

#### 4.3.10. Перевод иноязычной литературы

не предусмотрено

## 5 СООТНОШЕНИЕ РАЗДЕЛОВ ДИСЦИПЛИНЫ И ПРИМЕНЯЕМЫХ МЕТОДОВ И ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ

Код раздела, темы дисциплины	Активные и интерактивные методы обучения	Формы учебных занятий и виды учебной работы											
		Лекция	Практич., семинар. занятие	Лабораторное занятие	И/и семинар, семинар-конференция, коллоквиум	Домашняя работа	Графическая работа	Реферат, эссе, творч. работа	Расчетная работа (программный продукт)	Расчетно-графич. работа	Курс. проект (работа)	Контрольная работа	Коллоквиум
P1-P4	Методы активного обучения												
	Проектная работа												
	Обучение на основе опыта (кейс-анализ, case-study)		*									*	
	Имитационные технологии (деловые игры и др.)		*										
	Методы проблемного обучения (дискуссии, поисковые работы, исследовательский метод и т.п.)	*											*
	Командная работа		*										

## 6 ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ В РАМКАХ БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЫ

6.1. Весовой коэффициент значимости модуля (дисциплины) в рамках учебного плана – к дисц.=1

6.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0,6		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение лекций	7, 1-17 уч.нед.	30
Выполнение контрольной работы 1	7, 6-9 уч.нед.	35
Выполнение контрольной работы 2	7, 11-15 уч.нед.	35
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – к тек.лек.= 0,4		
Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен		
Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – к пром.лек.= 0,6		
2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов		

практических/семинарских занятий – к прак. = 0,4		
Текущая аттестация на практических занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
Посещение практических занятий	7, 1-17 уч.нед.	20
Сдача коллоквиума	7, 7-9 уч.нед.	80
Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям–1,0 (не предусмотрено)		
Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено		
3. Лабораторные занятия: не предусмотрено		

### 6.3. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы

Не предусмотрено

### 6.4. Коэффициент значимости семестровых результатов освоения модуля (дисциплины)

Порядковый номер семестра (по учебному плану), в котором осваивается модуль (дисциплина)	Коэффициент значимости результатов освоения модуля в семестре – к сем. п
Семестр 7	к сем. 7=1

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1. Рекомендуемая литература

#### 7.1.1. Основная литература

- Ландау, Л.Д. Теоретическая физика: Для вузов. В 10 т. Т. I. Механика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц ; под ред. Л.П. Питаевского. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2004. — 224 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/59267> >.
- Ландау, Л.Д. Курс теоретической физики. Статистическая физика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 616 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/2230> >.
- Ландау, Л.Д. Теоретическая физика. Т.4 Квантовая электродинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2006. — 720 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/2237> >.
- Новиков, И.И. Термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / И.И. Новиков. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2009. — 592 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/286> >.
- Ягодовский, Виктор Дмитриевич. Статистическая термодинамика в физической химии : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности 011000 - Химия и направлению - Химия / В. Д. Ягодовский .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005 .— 495 с. : ил. ; 22 см .— Предм. указ.: с. 488-490. — Библиогр.: с. 485-487 (58 назв.). — Допущено в качестве учебного пособия .— ISBN 5-94774-084-2. 52 экз
- Румер, Юрий Борисович. Термодинамика, статистическая физика и кинетика : [учебное пособие для физических специальностей вузов] / Ю. Б. Румер, М. Ш. Рывкин .— 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Наука, 1977 .— 552 с. : ил. — Библиогр.: с. 551-552 (52 назв.). 43 экз

#### 7.1.2. Дополнительная литература

- Гамбург, Ю.Д. Химическая термодинамика [Электронный ресурс] : учебник / Ю.Д.

Гамбург. — Электрон. дан. — Москва : Издательство "Лаборатория знаний", 2016. — 240 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/90244> >.

2. Ландау, Л.Д. Теоретическая физика Т.3. Квантовая механика (нерелятивистская теория) [Электронный ресурс] / Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2001. — 808 с. — <URL: <https://e.lanbook.com/book/2380> >.

### **7.1.3. Методические разработки**

1. В.Д. Селезнев, В.И. Токманцев. Неравновесная статистическая термодинамика разреженных газов. — Екатеринбург. УрО РАН, 2005. — 342с.
2. Физическая и химическая кинетика: курс лекций / В.Д. Селезнев. — Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2008. — 315 с.
3. Физическая и химическая кинетика: вопросы для текущего и итогового контроля знаний / В.Д. Селезнев, К.И. Корякин. — Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2008. — 14 с.

### **7.2. Программное обеспечение**

Microsoft Office (v. 2007 и выше);  
Adobe Reader (v. 8.0 и выше).

### **7.3. Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», информационно-справочные и поисковые системы**

1. <http://www.gpntb.ru> - Государственная публичная научно-техническая библиотека
2. <https://www.rsl.ru/> - Российская национальная библиотека
3. <http://www.extech.ru/> - Официальный сайт ФГУ НИИ РИНКЦЭ
4. <http://lib.urfu.ru> - Зональная научная библиотека УрФУ

### **7.4. Электронные образовательные ресурсы**

1. <http://www.rubricon.com/> - Портал РУБРИКОН
2. <http://www.rvb.ru/> - Русская виртуальная библиотека
3. <http://rusnauka.narod.ru/> Российская наука в Интернет

### **7.5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Обучение проводится последовательно путем чтения лекций с углублением и закреплением полученных знаний в ходе самостоятельной работы с последующим переводом знаний в умения в ходе практических занятий. На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения вопросы. Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются на практических занятиях

## **8 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

### **8.1. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ В РАМКАХ БРС**

В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре критерии оценивания достижений студентов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания, как и при проведении промежуточной аттестации по модулю, опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Студент демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Студент демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Студент может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Студент умеет корректно выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Студент умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Студент имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Студент имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Студент имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 8.2. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ НЕЗАВИСИМОГО ТЕСТОВОГО КОНТРОЛЯ

При проведении независимого тестового контроля как формы промежуточной аттестации применяется методика оценивания результатов, предлагаемая разработчиками тестов. Процентные показатели результатов независимого тестового контроля переводятся в баллы промежуточной аттестации по 100-балльной шкале в БРС:

- в случае балльной оценки по тесту (блокам, частям теста) переводится процент набранных баллов от общего числа возможных баллов по тесту;

- при отсутствии балльной оценки по тесту переводится процент верно выполненных заданий теста, от общего числа заданий.

### **8.3. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

**8.3.1. Примерные задания для проведения мини-контрольных в рамках учебных занятий**  
не предусмотрено

**8.3.2. Примерные контрольные задачи в рамках учебных занятий**  
не предусмотрено

**8.3.3. Примерные контрольные кейсы**  
не предусмотрено

**8.3.4. Перечень примерных вопросов для зачета**  
не предусмотрено

**8.3.5. Перечень примерных вопросов для экзамена**

1. Перечислите основные направления применения газовых технологий.
2. Какие теоретические методы применяются для исследования газов.
3. Какие основные предположения и допущения относительно взаимодействия газовых частиц используются в статистической термодинамике разреженных газов.
4. Что такое средняя длина свободного пробега молекул.
5. Перечислите режимы течения газа в зависимости от числа Кнудсена.
6. Сравните статистический подход в задачах о предсказании выпадения «орла» и «решки» при бросании монеты и о предсказании вероятности фиксированного состояния  $j$ -ой подсистемы.
7. Почему несмотря на детерминистическое развитие эволюции системы  $N$  частиц устанавливается независимость от времени некоторых характеристик.
8. Назвать предположения, необходимые для вывода максвелловской функции распределения по методу Максвелла.
9. Привести примеры начальных условий, при которых распределение частиц не максвеллизируется.
10. Что такое фазовое пространство и фазовая траектория.
11. Что такое статистический ансамбль. Найти число микросостояний для  $N$  частиц в равновесии.
12. Как для газовой среды получить уравнение Лиувилля для одночастичной функции распределения из уравнения для  $N$ -частичной функции распределения.
13. Как найти равновесную  $N$ -частичную функцию распределения.
14. Чем отличаются понятия «состояние одной частицы» и «состояние  $N$ -частичной системы».
15. Зачем необходимо разбивать всю систему  $N$  частиц на подсистемы с одинаковой энергией.
16. Что такое «микросостояние  $N$ -частичной системы».
17. Что такое «макросостояние  $N$ -частичной системы».

18.  $\Gamma = \prod_j \Gamma_j$ , почему  $\Gamma$  не стремится к  $\infty$  при  $j \rightarrow \infty$ .
19. В каком случае энтропия будет равной 0.
20. Как температура связана с энергией всех частиц системы.
21. Зачем необходимо рассмотрение поведения газовых частиц с точки зрения квантовой механики.
22. Что такое энергетическая плотность числа состояний одной частицы в потенциальном ящике.
23. Каковы особенности вывода выражения для плотности состояний для трёхмерной задачи.
24. Какова связь элемента фазового объёма ( $d\mathbf{p}d\mathbf{r}$ ) с числом состояний.
25. Как изобразить микросостояние  $N$  частиц на рисунке трёхмерного фазового пространства квантовых чисел одной частицы.
26. Как меняется это изображение микросостояния при столкновениях частиц.
27. Что значит «задать макросостояние системы».
28. Зачем для подсчёта числа состояний в  $N$ -частичной системе требуется рассматривать малые интервалы энергий  $\Delta E_j$ .
29. Какое макросостояние наиболее вероятное? Чем отличается одно макросостояние от другого.
30. Каким образом можно свести задачу определения числа состояний  $j$ -ой подсистемы частиц к задаче определения числа всевозможных размещений  $N_j$  частиц по  $G_j$  состояниям.
31. Какие предположения используются для нахождения числа всевозможных размещений  $N_j$  частиц по  $G_j$  состояниям.
32. Найти число возможных состояний  $N$ -частичной подсистемы, если все частицы подсистемы могут находиться только в одном состоянии.
33. Какова основная тенденция эволюции системы  $N$  частиц.
34. Как найти макросостояние, отвечающее максимуму вероятности его осуществления.
35. Что такое температура с точки зрения статистической физики газа.
36. В чём состоит постановка задачи определения условий равновесия.
37. Как вывести выражение для максвелловской функции распределения молекул по скоростям из условия максимизации числа возможных состояний  $N$ -частичной системы.
38. Как вывести выражение для числа микросостояний неравновесного газа в объёме  $V$ , состояние которого задано «крупнозернистой» функцией распределения  $f(\mathbf{r}, \mathbf{v}, t)$ .
39. Как на основе максвелловской функции распределения по скоростям получить равновесное распределение частиц по энергии.
40. Как на основе равновесной зависимости доли занятых состояний от энергии  $\bar{n}(E)$  найти равновесное распределение частиц по скоростям.

41. Дайте определение понятия времени релаксации.
42. Чем можно вызвать неравновесное состояние.
43. Перечислите основные типы неравновесности.
44. Что такое «среднее число столкновений, необходимое для эффективного обмена энергией». Каким оно может быть.
45. Что такое «иерархия времён релаксации».
46. Какие упрощённые описания неравновесных систем возможны, если времена релаксации различных параметров сильно отличаются.
47. Приведите примеры неравновесного состояния.
48. Каковы причины изменения числа возможных микросостояний в элементе объёма произвольного неравновесного газа.
49. Как составить уравнение баланса энтропии.
50. Что такое «плотность потока энтропии», каковы причины её ненулевого значения.
51. Что такое «плотность производства энтропии», каковы причины её ненулевого значения. Если нет столкновений, то чему равно производство энтропии.
52. Чем отличаются частная и полная производные энтропии по времени.
53. Какова основная идея получения выражений для плотности потока и плотности производства энтропии.
54. Почему в законе сохранения числа частиц перед оператором «div» ставится знак «-».
55. Каков физический смысл неконвективной плотности потока импульса.
56. Как записать второй закон Ньютона для элемента объёма газа.
57. Как перейти к уравнению баланса механической энергии от закона сохранения импульса.
58. Как перейти к уравнению баланса внутренней энергии от закона сохранения полной энергии.
59. Почему «не работает» закон сохранения внутренней энергии.
60. Что такое плотность потока тепла. В чём отличие от плотности потока энергии. От плотности потока внутренней энергии.
61. Почему плотность потока энтропии не зависит от вязких явлений, а плотность производства энтропии зависит.
62. Каков физический смысл компоненты тензора давления.
63. Что такое внутреннее произведение вектора на тензор второго ранга.
64. Какие типы возмущения тензора напряжений возможны.
65. Какой физический смысл объёмной и сдвиговой вязкости.
66. Что такое «термодинамические силы», «термодинамические потоки», «сопряжённые силы и потоки».
67. В чём заключается произвол в выборе термодинамических сил и потоков.
68. Почему возникают перекрёстные явления.
69. Каков физический смысл кинетических коэффициентов.
70. Почему на значения кинетических коэффициентов возникают ограничения.



71. В чём суть ограничений на кинетические коэффициенты, если действуют две силы.
72. Почему «равновесная» энтропия не зависит от «деталей» столкновений, а производство энтропии зависит.
73. Что такое «инвариантность уравнений по отношению к смене знака времени».
74. Какие уравнения называются обратимыми, какие – необратимыми.
75. Какие процессы называются необратимыми.
76. Каков физический смысл каждого члена уравнения диффузии.
77. Каков физический смысл каждого члена уравнения Навье – Стокса.
78. Каков физический смысл каждого члена уравнения переноса тепла в однокомпонентном газе.
79. Каковы достоинства локальной неравновесной термодинамики.
80. Каковы условия применимости локальной неравновесной термодинамики.
81. В чём суть нелокального подхода к анализу неравновесных систем.
82. Какие недостатки локального подхода преодолевает нелокальный подход.
83. Назовите силы, вызывающие перенос газа в мембране.
84. Назовите потоки, которые могут быть реализованы в мембранах.
85. Что такое тепловой крип.
86. Что такое диффузионное скольжение.
87. Каков характер скорости изменения производства энтропии в изолированной системе двух колб, соединённых мембраной.
88. В чём суть макролокального подхода.
89. Какие недостатки нелокального подхода может преодолеть макролокальный подход.
90. Чем отличаются кинетические коэффициенты локального, нелокального и макролокального подходов.

**8.3.6. Ресурсы АПИМ УрФУ, СКУД УрФУ для проведения тестового контроля в рамках текущей и промежуточной аттестации**  
не предусмотрено

**8.3.7. Ресурсы ФЭПО для проведения независимого тестового контроля**  
не предусмотрено

**8.3.8. Интернет-тренажеры**  
не предусмотрено

**8.3.9. Примерные задания в составе контрольных работ**

В рамках контрольной работы предусмотрен письменный ответ студента на один из вопросов по выбранной тематике из списка тем, указанных в п.4.3.7. Например, тема: кинетическая теория газов. Вопрос 1. Кинетическое уравнение Больцмана. В процессе ответа студент должен объяснить смысл уравнения, его место в кинетической теории, условия применения уравнения, а также привести само уравнение.

**8.3.10. Примерные задания в составе коллоквиума**

В рамках коллоквиума предусмотрен устный ответ студента на один из вопросов по выбранной тематике из списка тем, указанных в п.4.3.8. Например, вопрос: типы неравновесности в газах и времена их релаксации. В процессе ответа студент должен сформулировать определения неравновесных процессов и времени релаксации, привести типы неравновесности и их времена релаксации.

