

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

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по науке  
Кружаев В.В.  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2017 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕПЛОФИЗИКИ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ТЕПЛОТЕХНИКИ

<b>Перечень сведений о рабочей программе дисциплины</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> Теплофизика и теоретическая теплотехника	<b>Код ОП</b> 03.06.01
<b>Направление подготовки</b> Физика и астрономия	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 03.06.01
<b>Уровень подготовки</b> Подготовка кадров высшей квалификации	
<b>ФГОС ВО</b>	<b>Реквизиты приказа Минобрнауки РФ об утверждении ФГОС ВО:</b> № 867 от 30.07.2014 г., изменения № 464 от 30.04.2015 г.

**СОГЛАСОВАНО**  
УПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ  
КАДРОВ ВЫСШЕЙ  
КВАЛИФИКАЦИИ

Екатеринбург 2017

**Программа дисциплины составлена авторами:**

<b>№</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Кафедра</b>	<b>Подпись</b>
1	В.Г. Черняк	д.ф.-м.н., профессор	Профессор	физики конденсированного состояния и наноразмерных систем	

**Рекомендовано учебно-методическим советом  
Института естественных наук и математики**

Председатель учебно-методического совета  
Протокол № 1 от 26.09.2017 г.

Е.С. Буянова

**Согласовано:**

Начальник ОПНПК

О.А. Неволина

## 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ

Программа дисциплины составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования

Шифр направления	Название направления/направленности	Реквизиты приказа Министерства образования и науки Российской Федерации об утверждении и вводе в действие ФГОС ВО	
		Дата	Номер приказа
03.06.01	Физика и астрономия/ теплофизика и теоретическая теплотехника	30.07.2014 (ред. от 30.04.2015 № 464)	867

### 1.1. Цели дисциплины

Целью дисциплины «Современные проблемы теплофизики и теоретической теплотехники» является приобретение основных профессиональных компетенций в ходе углубленного изучения проблем и вопросов, стоящих перед научными работниками в настоящее время в области теплофизики.

### 1.2. Место дисциплины в структуре учебной деятельности и основной образовательной программы

Дисциплина «Современные проблемы теплофизики и теоретической теплотехники» относится к разделу Б.1 вариативной части ОП направления аспирантуры

В результате освоения данной дисциплины студент должен овладеть следующими компетенциями:

#### универсальные компетенции:

- способностью к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
- способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-5);

#### общепрофессиональные компетенции:

- способностью самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);

#### - профессиональные компетенции:

##### научно-исследовательская деятельность:

- способность осуществлять сбор, обработку, анализ и систематизацию информации по теме исследования, выбор методов и средств решения задач исследования (ПК-1);
- готовностью использовать современные достижения науки и передовых технологий в научно-исследовательских работах в области теплофизики и теоретической теплотехники (ПК-3).

## 2. СТРУКТУРА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ УЧЕБНОГО ВРЕМЕНИ

Наименования дисциплины	Семестр	Объем времени, отведенный на освоение дисциплины						
		Аудиторные занятия час.				Самост. работа час.	Аттестация по дисциплине (зачет, экзамен)	Всего час/з.е
		Всего	лекции	практические занятия	лабораторные работы			
Современные проблемы теплофизики и теоретической теплотехники	5	4	4			104	Зачёт, 5 семестр	108/3
Всего на освоение		4	4			104		108/3

## 3. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 3.1 Объем и содержание дисциплины

№ п/п	Тема, раздел	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
1	<b>Раздел 1. Термодинамика необратимых процессов в прерывных системах.</b> Тема 1.1 Кинетическая теория газов и термодинамика необратимых процессов. Тема 1.2 Законы сохранения Тема 1.3 Баланс энтропии в прерывных системах. Тема 1.4 Соотношения взаимности Онсагера	16	
2	<b>Раздел 2. Кинетические явления в газах.</b> Тема 2.1 Кнудсеновский слой. Скольжение и температурный скачок. Тема 2.2 Термомолекулярная разность давлений. Тема 2.3 Диффузионный бароэффект Тема 2.4 Свободномолекулярный режим переноса.	14	
3	<b>Раздел 3. Взаимодействие газ – поверхность.</b> Тема 3.1 Граничные условия для функции распределения разреженного газа. Тема 3.2 Свойства ядра рассеяния. Тема 3.3 Модели ядра рассеяния. Тема 3.4 Экспериментальные методы исследования взаимодействия газ – поверхность.	16	
4	<b>Раздел 4. Лазерная газокинетика.</b> Тема 4.1 Взаимодействие газа с резонансным лазерным излучением. Доплеровский сдвиг. Тема 4.2 Кинетические уравнения для функций распределения	16	

	возбужденных и невозбужденных молекул. Тема 4.3 Светоиндуцированный дрейф газа и теплоперенос. Тема 4.4 Светоиндуцированная анизотропия давления. Селективное охлаждение (нагрев) газа. Тема 4.5 Экспериментальные методы в лазерной газокинетике.		
5	<b>Раздел 5. Аэродисперсные системы</b> Тема 5.1 Общая характеристика и классификации аэродисперсных систем. Тема 5.2 Образование аэрозолей Тема 5.3 Механика аэрозолей Тема 5.4 Современные проблемы физики аэрозолей	16	
6	<b>Раздел 6. Теплофизика атмосферы. Климат</b> Тема 6.1 Тепловое излучение молекулярной атмосферы. Парниковый эффект Тема 6.2 Радиационный баланс на верхней границе атмосферы Тема 6.3 Тепловой баланс поверхности Земли Тема 6.4 Энергобалансные модели климата	16	
7	<b>Раздел 7. Теплопередающие системы</b> Тема 7.1 Энергетика фазовых превращений вещества. Тема 7.2 Основы теории тепловых труб. Тема 7.3 Методы расчета тепловых труб. Тема 7.4 Применения тепловых труб	14	
	<b>ИТОГО</b>	108	3

### 3.2. Распределение объема учебного времени дисциплины по темам и видам работ

№ п/п	Тема, раздел дисциплины	Объем учебного времени, отведенный на освоение дисциплины з/е/час					Самостоят. работа	Всего по разделам и темам
		Аудиторные занятия						
		всего	в т.ч. лекции	В т.ч. семинар/практ. занятия	В т.ч. лаб. раб			
1	Раздел 1. Термодинамика необратимых процессов в прерывных системах.	2	2			14	16	
2	Раздел 2. Кинетические явления в газах.					14	14	
3	Раздел 3. Взаимодействие газ – поверхность.					16	16	
4	Раздел 4. Лазерная газокинетика.					16	16	
5	Раздел 5. Аэродисперсные системы.					16	16	
6	Раздел 6. Теплофизика атмосферы. Климат.	2	2			14	16	
7	Раздел 7. Теплопередающие системы					14	14	

<b>Итого по дисциплине</b>	<b>4</b>	<b>4</b>			<b>104</b>	<b>108</b>
----------------------------	----------	----------	--	--	------------	------------

### 3.3. Самостоятельная работа аспирантов

Разделы и темы рабочей программы самостоятельного изучения	Перечень заданий для самостоятельной работы (рефераты, доклады, переводы, расчеты, планирование эксперимента и т.п.)	Трудоемкость	
		Час.	Зач. ед.
<p><b>Раздел 1. Термодинамика необратимых процессов в прерывных системах.</b></p> <p>Тема 1.1 Кинетическая теория газов и термодинамика необратимых процессов.</p> <p>Тема 1.2 Законы сохранения</p> <p>Тема 1.3 Баланс энтропии в прерывных системах.</p> <p>Тема 1.4 Соотношения взаимности Онсагера</p>	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	14	
<p><b>Раздел 2. Кинетические явления в газах.</b></p> <p>Тема 2.1 Кнудсеновский слой. Скольжение и температурный скачок.</p> <p>Тема 2.2 Термомолекулярная разность давлений.</p> <p>Тема 2.3 Диффузионный бароэффект</p> <p>Тема 2.4 Свободномолекулярный режим теплопереноса.</p>	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов или подготовка доклада).	14	
<p><b>Раздел 3. Взаимодействие газ – поверхность.</b></p> <p>Тема 3.1 Граничные условия для функции распределения разреженного газа.</p> <p>Тема 3.2 Свойства ядра рассеяния.</p> <p>Тема 3.3 Модели ядра рассеяния.</p> <p>Тема 3.4 Экспериментальные методы исследования взаимодействия газ – поверхность.</p>	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов или подготовка доклада).	16	
<p><b>Раздел 4. Лазерная газокинетика.</b></p> <p>Тема 4.1 Взаимодействие газа с резонансным лазерным излучением. Доплеровский сдвиг.</p> <p>Тема 4.2 Кинетические уравнения для функций распределения возбужденных и невозбужденных молекул.</p> <p>Тема 4.3 Светоиндуцированный дрейф газа и теплоперенос.</p> <p>Тема 4.4 Светоиндуцированная анизотропия давления. Селективное охлаждение (нагрев) газа.</p>	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов или подготовка доклада).	16	

Тема 4.5 Экспериментальные методы в лазерной газокинетике.			
<b>Раздел 5. Аэродисперсные системы</b> Тема 5.1 Общая характеристика и классификации аэродисперсных систем. Тема 5.2 Образование аэрозолей Тема 5.3 Механика аэрозолей Тема 5.4 Современные проблемы физики аэрозолей	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов).	16	
<b>Раздел 6. Теплофизика атмосферы. Климат</b> Тема 6.1 Тепловое излучение молекулярной атмосферы. Парниковый эффект Тема 6.2 Радиационный баланс на верхней границе атмосферы Тема 6.3 Тепловой баланс поверхности Земли Тема 6.4 Энергобалансные модели климата	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов или подготовка доклада).	14	
<b>Раздел 7. Теплопередающие системы</b> Тема 7.1 Энергетика фазовых превращений вещества. Тема 7.2 Основы теории тепловых труб. Тема 7.3 Методы расчета тепловых труб. Тема 7.4 Применения тепловых труб	Работа с рекомендованной литературой, анализ реферативных журналов и электронных источников с учетом содержания дисциплины (написание конспектов или подготовка доклада).	14	
<b>ИТОГО</b>		<b>104</b>	

#### 4. ТРЕБОВАНИЯ К ОЦЕНИВАНИЮ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Объективная оценка уровня соответствия результатов обучения требованиям к освоению ОП обеспечивается системой разработанных критериев (показателей) оценки освоения знаний, сформированности умений и опыта выполнения профессиональных задач.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
<b>Знания</b>	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия,	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира,

	проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
<b>Умения</b>	Аспирант 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	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	Аспирант умеет самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
<b>Личностные качества</b>	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

## 5. ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Кинетическая теория газов и термодинамика необратимых процессов.
2. Законы сохранения
3. Баланс энтропии в прерывных системах.
4. Соотношения взаимности Онсагера
5. Кнудсеновский слой. Скольжение и температурный скачок.
6. Термомолекулярная разность давлений.
7. Диффузионный бароэффект
8. Свободномолекулярный режим теплопереноса.
9. Граничные условия для функции распределения разреженного газа.
10. Модели ядра рассеяния.
11. Экспериментальные методы исследования взаимодействия газ – поверхность.
12. Взаимодействие газа с резонансным лазерным излучением. Доплеровский сдвиг.
13. Кинетические уравнения для функций распределения возбужденных и невозбужденных молекул.
14. Светоиндуцированный дрейф газа и теплоперенос.
15. Светоиндуцированная анизотропия давления. Селективное охлаждение (нагрев) газа.
16. Экспериментальные методы в лазерной газокинетике.

17. Общая характеристика и классификации аэродисперсных систем.
18. Образование аэрозолей
19. Механика аэрозолей
20. Современные проблемы физики аэрозолей
21. Тепловое излучение молекулярной атмосферы. Парниковый эффект
22. Радиационный баланс на верхней границе атмосферы
23. Тепловой баланс поверхности Земли
24. Энергобалансные модели климата.
25. Энергетика фазовых превращений вещества.
26. Основы теории тепловых труб.
27. Методы расчета тепловых труб.
28. Применения тепловых труб

## **6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1 Рекомендуемая литература**

#### **6.1.1 Основная литература**

1. Ю.Б. Румер, М.Ш. Рывкин. Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Новосибирск: Изд-во Новосибирского университета, 2001.
2. М.Н. Коган. Динамика разреженного газа, М., Наука, 1967.
3. В.Г. Черняк, П.Е. Суетин. Введение в кинетическую теорию разреженного газа. Учебное пособие. Свердловск: Изд-во УрГУ, 1989.
4. С. де-Гроот, П. Мазур. «Неравновесная термодинамика», М., Мир, 1964.
5. А.М. Шалагин. Особенности газовой кинетики в поле лазерного излучения. Соросовский образовательный журнал. 1998. № 11. С. 131
6. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. Ленинград, Гидрометеиздат 1991. 295 стр.
7. Тимофеев Ю.М., Васильев А.В. Теоретические основы атмосферной оптики. Издательство: «Наука» 2003 г., 474 стр.
8. Райст П. *Аэрозоли: введение в теорию*. М.: Мир, 1987.
9. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.Г., Швыдкий Д.В. *Теоретические основы очистки газов*. М.: Машиностроение-1, 2001.
10. Береснев С.А., Грязин В.И. *Физика атмосферных аэрозолей. Курс лекций*. Екатеринбург: Изд-во УрГУ, 2008.
11. Ивановский М. Н., Сорокин В. П., Ягодкин И. В. Физические основы тепловых труб. М.: Атомиздат, 1978.
12. Кисеев В.М. Физика теплопередающих систем. Екатеринбург, Уральский государственный университет, 2006

#### **6.1.2 Дополнительная литература**

1. Р.Г. Баранцев. «Взаимодействие разреженных газов с обтекаемыми поверхностями», М., Наука, 1975.
2. К. Черчиньяни. «Теория и приложение уравнения Больцмана». М., Мир, 1978.
3. И.П. Базаров, Э.В. Геворкян, П.Н. Николаев. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. М.: Изд-во Московского университета, 1989.
4. Матвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. 2-е изд. Л.: Гидрометеиздат, 1984. 752 стр.
5. С.П. Хромов, М.А. Петросянец, Метеорология и климатология. Издательство Московского Университета, 2001 г. 527 стр.
6. Грин Х., Лейн В. *Аэрозоли - дымы, пыли и туманы*. Л.: Химия, 1972.

7. Петрянов-Соколов И.В., Сутугин А.Г. *Аэрозоли*. М.: Наука, 1989.
8. Ивлев Л.С., Довгалоюк Ю.А. *Физика атмосферных аэрозольных систем*. СПб.: НИИХ СПбГУ, 1999.
9. Faghri A. *Heat pipe science and technology*. Washington: Taylor & Francis, 1995.
10. Теория теплообмена / Под ред. А. И. Леонтьева. М.: Высшая школа, 1979.
11. Воронин В. Г., Ревякин А. В., Сасин В. Я. и др. *Низкотемпературные тепловые трубы для летательных аппаратов*. М.: Машиностроение, 1976.

## 6.2. Электронные образовательные ресурсы

Все аспиранты имеют полный доступ к перечисленным ресурсам, в т.ч. через авторизованный доступ из сети интернет:

1. Международный индекс научного цитирования Scopus компании Elsevier B.V.
2. Международный индекс научного цитирования Web of Science компании Clarivate Analytics
3. Журналы издательства Wiley
4. Электронная библиотека IEEEEXPLORE Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)
5. Журналы American Physical Society (Американского физического общества)
6. Журналы Royal Society of Chemistry (Королевского химического общества)
7. MathSciNET - реферативная база данных American Mathematical Society (Американского математического общества)
8. Патентная база компании QUESTEL
9. Журнал Science Online
10. Журнал Nature
11. Журналы издательства Oxford University Press
12. Журналы издательства SAGE Publication
13. Журналы Американского института физики
14. Журналы Института физики (Великобритания)
15. Журналы Оптического общества Америки
16. Материалы международного общества оптики и фотоники (OSA)
17. Журналы издательства Cambridge University Press
18. Научные журналы по химии Thieme Chemistry Package компании Georg Thieme Verlag KG
19. База данных Annual Reviews Science Collection
20. База данных CASC- Коллекция компьютерных и прикладных наук компании EBSCO Publishing
21. База данных INSPEC на платформе компании EBSCO Publishing
22. База данных Association for Computing Machinery (ACM)
23. База диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global Журнальные базы данных мировой научной информации Freedom Collection компании Elsevier
24. Информационно-аналитическая система управления научными исследованиями Pure компании Elsevier B. V.
25. Наукометрическая база данных Scival компании Elsevier B. V.
26. Аналитическая и информационная база данных REAXYS компании Elsevier,
27. Научные базы данных компании EBSCO Publishing: Business Source Complete и Academic Search Complete, Информационно-поисковая система EBSCO Discovery Service, IEEE All- Society Periodicals Package,
28. Базы данных компании East View,
29. Электронная библиотека диссертаций РГБ;
30. Информационно-аналитическая система FIRA PRO компании ООО«Первое Независимое Рейтинговое Агентство»,
31. Электронная система нормативно-технической документации "Техэксперт" ком-

- пании КОДЕКС,
32. Базы данных «Интегрум Профи» компании «Интегрум медиа»,
  33. Наукометрические базы данных Incites и Journal Citation Report компании Clarivate Analytics,
  34. Информационно-аналитическая система SCIENCE INDEX компании «Научная электронная библиотека».

### **6.3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

1. Платформа Springer Link
2. Платформа Nature
3. База данных Springer Materials
4. База данных Springer Protocols
5. База данных zbMath
6. База данных Nano
7. База данных Кембриджского центра структурных данных CSD Enterprise