

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1146142	Тепломассоперенос

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Ядерные реакторы и материалы	<b>Код ОП</b> 1. 14.05.01/22.01
<b>Направление подготовки</b> 1. Ядерные реакторы и материалы	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 14.05.01

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Гадельшин Марат Шавкатович	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	технической физики
2	Иванов Андрей Геннадьевич	кандидат физико-математических наук, без ученого звания	Доцент	технической физики
3	Мелких Алексей Вениаминович	доктор физико-математических наук, доцент	Профессор	технической физики

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Р.Х. Токарева

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ **Тепломассоперенос**

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль «Тепломассоперенос» направлен на формирование у студентов базовых знаний в области теории явлений переноса массы, импульса и энергии в различных агрегатных состояниях как основы для использования при изучении ряда профилирующих дисциплин специальности. Цель обучения – формирование теоретических знаний явлений переноса и приобретение практических навыков при экспериментальном и расчетном методах анализа гидродинамических и тепловых процессов. Модуль образуют три дисциплины: Дисциплина «Теплофизика» направлена на формирование представлений об основных проблемах современной теплофизики (тепло- и массопереноса). В содержании дисциплин модуля студенты изучают физические аспекты процессов теплообмена, процессы теплопроводности в твердых телах, распространение тепла в жидкостях и газах, сложный теплообмен, теплообмен при кипении, теплообменные аппараты и теплообмен в ядерных реакторах и энергетических установках, теплообмен излучением. Дисциплина «Физическая кинетика газов» направлена на изучение неравновесных свойств разреженных газов, как в условиях локального равновесия, так и при его нарушениях. Изучение дисциплины 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. Дисциплина «Физическая гидрогазодинамика» посвящена изучению феноменологических свойств переноса массы, импульса и энергии в различных агрегатных состояниях сплошных сред как основы для использования при изучении ряда профилирующих дисциплин специальности. Рассматриваются основные законы сохранения, подробно излагаются наиболее часто используемые методы их решения для описания движения несжимаемых и сжимаемых жидкостей и газов с до- и сверхзвуковыми скоростями.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Физико-химическая кинетика	6
2	Физическая гидрогазодинамика	5
3	Теплофизика	7
ИТОГО по модулю:		18

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

<b>Пререквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Специальные разделы математики</li><li>2. Специальные разделы физики и химии</li><li>3. Специальные вопросы техники и технологии</li></ol>
<b>Постреквизиты и кореквизиты модуля</b>	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Теоретическая физика</li><li>2. Специальные технологии и безопасность</li></ol>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>3. Основы проектирования и расчета ядерно-энергетических установок</li> <li>4. Физика конденсированного состояния</li> <li>5. Проблемные вопросы физической химии</li> <li>6. Безопасность жизнедеятельности</li> </ul>
--	--

**1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю**

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Теплофизика	ОПК-2 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий	<p>З-1 - Привести примеры формулирования цели и задачи исследования, а также использования методов моделирования в выборе критериев оценки в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-2 - Обосновать значимость грамотной постановки цели и задачи исследования</p> <p>З-3 - Изложить критерии оценки и привести примеры приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-4 - Демонстрировать понимание фундаментальных законов природы, основных физических законов и основных принципов теоретической физики в формулировании цели и задачи исследования</p> <p>З-8 - Описать в соответствии с целями и задачами исследования в ядерной отрасли основные понятия и законы теплопереноса</p> <p>У-1 - Определять необходимые для решения задач в сфере ядерной энергетики критерии оценки и приоритеты</p> <p>У-2 - Выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах ядерной энергетики и технологий</p>

		<p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технической системы и технологического процесса на основе выявления приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-2 - Выполнить постановку цели и задачи исследования и осуществить выбор критериев оценки в профессиональной деятельности</p> <p>П-3 - Выявить и обосновать приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p>
<p>Физико-химическая кинетика</p>	<p>ОПК-2 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p>	<p>З-1 - Привести примеры формулирования цели и задачи исследования, а также использования методов моделирования в выборе критериев оценки в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-2 - Обосновать значимость грамотной постановки цели и задачи исследования</p> <p>З-4 - Демонстрировать понимание фундаментальных законов природы, основных физических законов и основных принципов теоретической физики в формулировании цели и задачи исследования</p> <p>З-5 - Изложить методы и приемы решения конкретных задач из областей физической и химической кинетики</p> <p>З-8 - Описать в соответствии с целями и задачами исследования в ядерной отрасли основные понятия и законы тепломассопереноса</p> <p>У-1 - Определять необходимые для решения задач в сфере ядерной энергетики критерии оценки и приоритеты</p> <p>У-2 - Выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах ядерной энергетики и технологий</p> <p>У-3 - Выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий на основе грамотного использования основных физических законов и основных принципов теоретической физики</p>

		<p>П-3 - Выявить и обосновать приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-4 - Иметь опыт выбора критериев оценки и выявления приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики на основе системного научного анализа проблем проведения физического эксперимента</p>
Физическая гидродинамика	ОПК-2 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий	<p>З-1 - Привести примеры формулирования цели и задачи исследования, а также использования методов моделирования в выборе критериев оценки в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-3 - Изложить критерии оценки и привести примеры приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-4 - Демонстрировать понимание фундаментальных законов природы, основных физических законов и основных принципов теоретической физики в формулировании цели и задачи исследования</p> <p>З-8 - Описать в соответствии с целями и задачами исследования в ядерной отрасли основные понятия и законы теплопереноса</p> <p>У-2 - Выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах ядерной энергетики и технологий</p> <p>У-3 - Выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий на основе грамотного использования основных физических законов и основных принципов теоретической физики</p> <p>П-3 - Выявить и обосновать приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-4 - Иметь опыт выбора критериев оценки и выявления приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики на основе системного научного анализа проблем проведения физического эксперимента</p>

### 1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной форме.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физико-химическая кинетика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Мелких Алексей Вениаминович	доктор физико- математических наук, доцент	Профессор	технической физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 22.05.2020 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Основы теории динамических систем	1.1. Устойчивость динамических систем. Классификация стационарных состояний. Аттракторы. Классификация стационарных состояний. Аттракторы динамических систем. Аттрактор Лоренца. 1.2. Фазовый портрет нелинейной динамической системы. Метод иерархии времен релаксации. Катастрофы и структурная устойчивость динамических систем. 1.3. Бистабильные системы. Силовое и параметрическое переключение состояний. 1.4. Автоколебания в различных системах. Фазовая диаграмма автоколебаний. 1.5. Электрические и механические автоколебания. Автоколебания в электрических цепях, маятник с сухим трением. 1.6. Автоволны. Реакция Белоусова-Жаботинского. 1.7. Динамический хаос. Бильярд Синая. Энтропия Колмогорова-Синая. 1.8. Дискретные отображения. Диаграмма Ламерея.
P2	Физико-химические процессы в биологических системах	2.1. Активный и пассивный транспорт ионов через биомембраны клеток. Потенциал покоя



		<p>2.2. Двухуровневая модель активного транспорта.</p> <p>2.3. Потенциал покоя на мембране простейшей клетки. Потенциал Доннана.</p> <p>2.4. Телеграфное уравнение.</p> <p>2.5. Нервный импульс. Модели Ходжкина-Хаксли и Фитцхью-Нагумо.</p> <p>2.6. Модель Лотки-Вольтерры типа «хищник-жертва».</p> <p>2.7. Эволюция репликаторов. Теорема Фишера.</p> <p>2.8. Эволюционная теория игр. Матричные игры.</p> <p>2.9. Методы решения матричных игр.</p> <p>2.10. Биматричные игры.</p> <p>2.11. Смешанные стратегии в биматричных играх. Метод зигзага решения биматричных игр.</p> <p>2.12. Биматричные игры в популяциях.</p>
<b>Р3</b>	Явления переноса в газах	<p>3.1. Режимы течения газа. Длина свободного пробега газовых молекул.</p> <p>3.2. Типы неравновесностей в газах и времена релаксации.</p> <p>3.3. Перекрестные эффекты в локальной неравновесной термодинамике. Термодиффузия. Эффект Дюфура.</p> <p>3.4. Перенос бинарной смеси и производство энтропии в системе двух колб.</p> <p>3.5. Кинетические эффекты движения смеси газов в каналах. Истечение газа через отверстие в свободномолекулярном режиме.</p> <p>3.6. Перенос газов в свободномолекулярном режиме в длинном канале. Вероятность прохождения канала.</p> <p>3.7. Тепловой крип. Радиометрический эффект.</p> <p>3.8. Вязкость газов и газовых смесей.</p> <p>3.9. Поток газа через канал в вязком режиме. Поверхностная диффузия.</p> <p>3.10. Концентрационная конвекция в газах в поле силы тяжести. Аномальная гравитационная неустойчивость.</p>
<b>Р4</b>	Явления переноса в жидкостях и твердых телах. Кинетика химических реакций	<p>4.1. Адсорбция газов. Изотерма Ленгмюра. Среднее время сидения молекулы на поверхности твердого тела.</p> <p>4.2. Адсорбция двухатомных молекул.</p> <p>4.3. Диффузионно-контролируемая адсорбция. Возвратность диффузии. Скорость реакции.</p>

		<p>4.4. Диффузия газов в твердых телах и жидкостях. Принцип Кюри для диффузии. Теплота растворения.</p> <p>4.5. Диффузия радиоактивных частиц. Выход газовых продуктов деления из твэла.</p> <p>4.6. Диффузионно-контролируемые реакции в газах. Аннигиляция.</p> <p>4.7. Неустойчивость Марангони.</p> <p>4.8. Дистилляция. Разделение веществ при испарении.</p> <p>4.9. Теплопроводность жидких смесей и неоднородных сред.</p> <p>4.10. Волны на поверхности жидкости. Линейная теория волн на мелкой воде.</p> <p>4.11. Ударные волны и теория мелкой воды.</p> <p>4.12. Основы теории волн на глубокой воде. Волновое течение пленки жидкости.</p> <p>4.13. Сверхтекучесть.</p>
<b>P5</b>	Кинетические уравнения	<p>5.1. Общая структура кинетического уравнения. Кинетические уравнения релаксационного типа. Кинетическое уравнение для легкой компоненты.</p> <p>5.2. Кинетическое уравнение Больцмана.</p> <p>5.3. H-теорема Больцмана. Уравнение Лиувилля и H-теорема.</p> <p>5.4. Уравнение Паули и H-теорема.</p> <p>5.5. Локальное распределение Максвелла и интеграл столкновений.</p> <p>5.6. Гидродинамический этап эволюции системы.</p> <p>5.7. Цепочка уравнений Боголюбова для функций распределения.</p> <p>5.8. Кинетическое уравнение Власова. Приближение самосогласованного поля.</p> <p>5.9. Кинетическое уравнение для газа фотонов.</p> <p>5.10. Причины необратимости в макросистемах. Демон Максвелла. Парадоксы Лошмидта и Цермело.</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
---	---------------------------------	--	-------------	---------------------

<p>Воспитание навыков жизнедеятельности в условиях глобальных вызовов и неопределенностей</p>	<p>учебно-исследовательская, научно-исследовательская</p>	<p>Технология самостоятельной работы</p>	<p>ОПК-2 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p>	<p>З-1 - Привести примеры формулирования цели и задачи исследования, а также использования методов моделирования в выборе критериев оценки в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-2 - Обосновать значимость грамотной постановки цели и задачи исследования</p> <p>У-1 - Определять необходимые для решения задач в сфере ядерной энергетики критерии оценки и приоритеты</p> <p>У-2 - Выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-3 - Выявить и обосновать приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p>
---	---	--	---	--

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физико-химическая кинетика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Ландау, Л. Д.; Собрание трудов; Физматлит, Москва; 2008; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=83031> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Квасников, И. А.; Термодинамика и статистическая физика : учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по направлению 510400 - Физика и по специальности 010400 - Физика : [в 3 т.]. Т. 3. Теория неравновесных систем; [Едиториал УРСС], Москва; 2003 (2 экз.)

2. Ландау, Л. Д., Питаевский, Л. П.; Теоретическая физика : Учеб. пособие для физ. спец. ун-тов : В 10 т. Т. 10. Физическая кинематика ; Наука, Москва; 1979 (9 экз.)

3. Селезнев, В. Д.; Неравновесная статистическая термодинамика разреженных газов; Б. и., Алматы; 1996 (3 экз.)

4. Скоков, В. Н., Селезнев, В. Д., Мелких, А. В.; Введение в физику неравновесных процессов : учебное пособие.; УГТУ-УПИ, Екатеринбург; 2008 (3 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

1. Полнотекстовая БД American Chemical Society (<http://pubs.acs.org/>).

2. Полнотекстовая БД American Institute of Physics (<http://scitation.aip.org/>).

3. Полнотекстовая БД American Physical Society (<https://journals.aps.org/about>).

4. Полнотекстовая БД Annual Reviews Science Collection (<http://www.annualreviews.org>).

5. Полнотекстовая БД Applied Science & Technology Source (<http://search.ebscohost.com>).

6. Полнотекстовая БД eLibrary - научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru>).

7. Реферативная БД INSPEC. EBSCO publishing (<http://search.ebscohost.com/>).

8. Полнотекстовая БД Institute of Physics (IOP) (<http://iopscience.iop.org/>).

9. Библиографическая БД Journal Citation Reports (JCR). Web of Science (<http://apps.webofknowledge.com/>).

10. Полнотекстовая БД Nature (<https://www.nature.com/siteindex>).

11. Полнотекстовая БД Optical Society of America (OSA) (<https://www.osapublishing.org/about.cfm>).

12. Полнотекстовая БД Questel Patent (<https://www.orbit.com/>).

13. Полнотекстовая БД Science AAAS (American Association for the Advancement of Science) (<http://www.sciencemag.org/>).

14. Полнотекстовая БД ScienceDirect Freedom Collection (<http://www.sciencedirect.com/>).

15. Реферативная БД Scopus (<http://www.scopus.com/>).

16. Полнотекстовая БД Springer Materials (<https://materials.springer.com/>).

17. Полнотекстовая БД Springer Nature Experiments (<https://experiments.springernature.com/>).

18. Полнотекстовая БД SpringerLink (<https://link.springer.com/>).

19. Реферативная БД Web of Science Core Collection (<http://apps.webofknowledge.com/>).

20. Полнотекстовая БД Wiley Journal Database (<http://onlinelibrary.wiley.com/>).

### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>).

2. Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>).

3. ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>).

4. Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>).

5. Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>).

## 3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Физико-химическая кинетика

#### Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Не требуется
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов	Office 365 EDUA3 ShrdSvr ALNG SubsVL MVL PerUsr B Faculty EES

		<p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
3	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
4	Самостоятельная работа студентов	Подключение к сети Интернет	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p> <p>Подключение к сети Интернет</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Физическая гидрогазодинамика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Иванов Андрей Геннадьевич	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра технической физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 22.05.2020 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Иванов Андрей Геннадьевич, Доцент, технической физики**

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение, основные положения МСС	Предмет механики сплошных сред (МСС). О моделях механического движения. Последовательность модельных представлений в механике. Аналитическая механика точки в твердом теле. МСС - дальнейшее обобщение механики точки и твердого тела. Понятие сплошной среды. МСС и кинетическая теория. Бесконечно малые в МСС. Пределы применимости МСС. Элемент объема, характерный размер задачи. Бесконечно малый промежуток времени в МСС. Характерное время задачи.
P2	Теория упругости	Тензор относительной деформации. Тензор деформации и тензор поворота. Тензор деформации, физический смысл его компонент. Полная деформация элемента объема. Силы массовые, объемные и поверхностные. Тензор напряжений. Сила давления. Работа внутренних сил. Сохранение циркуляции скорости. Изменение внутренней энергии среды при деформациях. Изменение свободной энергии среды при деформациях. Свободная энергия деформируемого тела. Коэффициенты Ламэ. Тензор сдвига. Тензор всестороннего сжатия. Закон Гука. Изменение объема тела при деформации. Изменение свободной энергии деформируемой среды. Однородная деформация (растяжение стержня). Модуль Юнга и коэффициент Пуассона. Свободная энергия изотермического деформирования. Уравнения равновесия изотропных тел. Тензор скоростей деформации. Тензор скорости поворота. Уравнение непрерывности, движения



		<p>сплошной среды и сохранения момента количества движения. Доказательство симметричности тензора напряжений. Тензор плотности потока импульса. Физический смысл его компонент. Уравнение сохранения внутренней энергии. Вектор плотности потока полной энергии (вектор Умова-Пойтинга). Фундаментальная замкнутая система уравнений движения сплошной среды. Начальные и краевые условия. Существование и единственность решений. Модели сплошных сред: твердое тело, жидкость, газ. Время релаксации напряжений. Полный тензор напряжений для ньютоновских жидкостей и газов. Уравнение распространения малых упругих возмущений. Продольные и поперечные волны, их скорость распространения.</p>
<b>Р3</b>	Идеальная жидкость	<p>Замкнутая система уравнений для идеальной жидкости. Уравнение Эйлера. Уравнение сохранения внутренней энергии. Изэнтропическое движение. Уравнение Эйлера в форме Громека. Уравнение Бернулли. Уравнение стационарного, потенциального, изэнтропического движения идеальной жидкости в поле силы тяжести. Уравнение Бернулли для сжимаемой и несжимаемой жидкости. Уравнение Бернулли для линии тока и для нестационарного движения. Скорость истечения идеальной несжимаемой жидкости из сосуда. Распределение давления в трубе переменного сечения. Влияние сжимаемости среды. Критерий для учета сжимаемости. Вихревое движение. Теорема Томсона. Теорема Гельмгольца для интенсивности вихревой трубки. Прямолинейная односторонняя вихревая нить. Вихревое движение по замкнутым траекториям. Примеры вихревых движений Вихревые кольца. Вихревое движение в природе. Уравнение для потенциала скорости при потенциальном движении идеальной несжимаемой жидкости (уравнение Лапласа). Граничные условия. Плоское движение несжимаемой жидкости. Функция тока. Свойства функции тока. Ортогональность линий тока и эквипотенциальных линий Методы решения уравнений движения идеальной жидкости. Метод конформных отображений. Распределение скорости и давления вблизи цилиндра. Парадокс Даламбера. Обтекание цилиндра с циркуляцией. Эффект Магнуса. Теорема и правило Жуковского. Графоаналитический метод. Суперпозиция прямолинейного поступательного потока и плоского источника. Нестационарное движение бесконечного цилиндра в идеальной несжимаемой жидкости. Распределение скорости и давления вблизи цилиндра. Присоединённая масса.</p>
<b>Р4</b>	Вязкая жидкость	<p>Уравнение Навье-Стокса для вязкой жидкости. Уравнение движения вихря. Изменение скорости углового вращения вихря в пространстве и во времени. Диссипация кинетической энергии в несжимаемой вязкой жидкости. Задача Куэтта. Плоское и цилиндрическое течение Пуазейля. Распределение скорости потока и её среднее значение. Объёмный и массовый расход. Истечение жидкости из сосуда через капилляр с известными геометрическими параметрами. Вискозиметр Энглера. Метод квазистационарного потока. Движение жидкости между двумя вращающимися цилиндрами. Обтекание шара медленным потоком вязкой жидкости (задача</p>

		Стокса). Распределение скорости и давления около обтекаемого шара и на его поверхности. Уточнение Осеена.
<b>P5</b>	Теория подобия	Подобие в гидродинамике. Безразмерная форма уравнения Навье-Стокса. Критерии подобия. Газодинамическое подобие потоков. Геометрическое подобие обтекаемых тел. Сила сопротивления. Коэффициенты сопротивления. Аналитические коэффициенты сопротивления. Коэффициенты гидравлического сопротивления участка цилиндрической трубы, шара и диска при медленном обтекании жидкости. Анализ размерностей физических величин. Определяющие параметры.
<b>P6</b>	Турбулентность	Устойчивость стационарного движения жидкости. Условие устойчивости. Устойчивость движения жидкости между двумя коаксиальными цилиндрами Ламинарное и турбулентное движение. Факторы, влияющие на критическое число Рейнольдса. Осредненные уравнения Навье-Стокса. Уравнения Рейнольдса. Тензор турбулентных напряжений. Коэффициент турбулентной вязкости. Теория турбулентности Прандтля. Турбулентное движение жидкости в трубах с гладкими стенками. Гидравлическое сопротивление труб с шероховатыми стенками. Эмпирические формулы Никурадзе. Физическая интерпретация наблюдаемых зависимостей. Развитая турбулентность. Мелко- и крупномасштабные пульсации. Закон Колмогорова-Обухова. Оценка размера мелкого масштаба.
<b>P7</b>	Пограничный слой	Уравнения Прандтля для пограничного слоя. Обтекание полубесконечной плоской пластинки с пограничным слоем. Сила трения. Толщина пограничного слоя. Толщина вытеснения. Интегральное уравнение Кармана. Отрыв пограничного слоя. Способы управления пограничным слоем. Турбулентный пограничный слой и кризис сопротивления. Изменение характера обтекания шара при увеличении числа Рейнольдса. Кризис сопротивления шара.
<b>P8</b>	Газовая динамика	Параметры газа в заторможенном потоке. Зависимость давления, плотности и температуры от числа Маха в точке полного торможения потока. Температура торможения. Стационарный одномерный поток сжимаемого газа. Максимальная, местная и критическая скорости. Изменение плотности потока в сужающейся и расширяющейся трубке тока при до- и сверхзвуковом движении. Сопло Лавалю. Истечение газа из резервуара через сужающийся насадок. Формула Сен-Венана-Вентцеля. Предельные значения скоростей. Звуковая диафрагма. Распространение волн возмущения при до- и сверхзвуковом движении газа. Законы сохранения на поверхности разрыва. Уравнения, описывающие прямую ударную волну. Ударная адиабата (адиабата Гюгонь'о). Ударные волны слабой интенсивности. Косая ударная волна. Уравнение ударной поляры и её графическое изображение (строфоида). Определение угла поворота потока и угла кривой ударной волны. Обтекание клина сверхзвуковым потоком. Отсоединённая ударная волна. Волна разрежения. Уравнения движения. Направление изменения термодинамических параметров и скоростей. Движение газа в

		<p>волне разрежения при различных противодавлениях. Взаимодействие ударных с твёрдыми поверхностями и между собой, с поверхностью тангенциального разрыва скорости. Отрыв пограничного слоя за скачком уплотнения. Сопло Лавала в нерасчётном режиме. Обтекание неограниченно широкой пластинки сверхзвуковым потоком идеального газа под некоторым углом атаки.</p>
<b>Р9</b>	Магнитная гидродинамика	<p>Особенности движения проводящей жидкости в магнитном поле. Уравнения Максвелла. Уравнение движения проводящей жидкости в магнитном поле. Уравнение Навье-Стокса в магнитной гидродинамике. Уравнение непрерывности. Уравнение сохранения внутренней энергии. Система уравнений для несжимаемой жидкости. Вектор Умова. Принцип «вмороженности» магнитных силовых линий. Задача Гартмана. Установившееся движение проводящей жидкости между двумя параллельными плоскостями в поперечном магнитном поле. Профиль скорости. Магнитогидродинамические машины. Электромагнитные насосы. Индукционный насос. Электромагнитные насосы прямого действия. Магнитогидродинамический генератор.. Идентичность уравнений электродинамики для напряженности магнитного поля и гидродинамики для вихря, критерий их тождественности. Уравнение Бернулли в магнитной гидродинамике. Ударные волны в магнитной гидродинамике. Уравнение ударной адиабаты в магнитной гидродинамике. Влияние волн на сжатие и нагрев газа.</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Воспитание навыков жизнедеятельности в условиях глобальных вызовов и неопределенностей	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ОПК-2 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий	<p>З-1 - Привести примеры формулирования цели и задачи исследования, а также использования методов моделирования в выборе критериев оценки в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>З-3 - Изложить критерии оценки и привести</p>

				<p>примеры приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>У-2 - Выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-3 - Выявить и обосновать приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p>
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

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

### **Физическая гидрогазодинамика**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Кураев, А. А.; Прикладная гидрогазодинамика : учебное пособие. 2. Газодинамика; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2018; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574785> (Электронное издание)
2. Черняк, В. Г.; Механика сплошных сред : учебное пособие.; Физматлит, Москва; 2006; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=69276> (Электронное издание)
3. Киселев, С. П.; Механика сплошных сред : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2017; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=574777> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : В 10 т. Т. 6. Гидродинамика; Наука, Москва; 1988 (14 экз.)
2. Ландау, Л. Д.; Теоретическая физика : учеб. пособие для физ. специальностей ун-тов : в 10 т. Т. 1. Механика ; Наука, Москва; 1988 (102 экз.)
3. Седов, Л. И.; Механика сплошной среды : учебник для вузов: в 2 т. Т. 1. ; Лань, Санкт-Петербург; 2004 (15 экз.)
4. Седов, Л. И.; Механика сплошной среды : учебник для вузов: в 2 т. Т. 2. ; Лань, Санкт-Петербург; 2004 (16 экз.)

## **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>)

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Зональная научная библиотека УрФУ (<http://lib.urfu.ru>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

## **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

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

Государственная публичная научно-техническая библиотека (<http://www.gpntb.ru>)

Российская национальная библиотека (<http://www.rsl.ru>)

Публичная электронная библиотека (<http://www.gpntb.ru>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ (<http://study.urfu.ru>)

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Физическая гидрогазодинамика**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		санитарными правилами и нормами	
2	Практические занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
6	Самостоятельная работа студентов	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Теплофизика**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Гадельшин Марат Шавкатович	кандидат физико- математических наук, без ученого звания	Доцент	Кафедра технической физики

**Рекомендовано учебно-методическим советом института Физико-технологический**

Протокол № 9 от 22.05.2020 г.



# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Гадельшин Марат Шавкатович, Доцент, технической физики

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Теплопроводность	<p>Закон Био-Фурье. Теплопроводность газов. Теплопроводность конденсированных сред. Теплопроводность твердых тел и жидкостей. Закон Видемана-Франца. Границы применимости закона Био-Фурье. Перенос тепла в ультраразреженных газах. Уравнение теплопроводности. Уравнение теплопроводности с учетом деформаций. Температуропроводность. Уравнение теплопроводности с учетом конечной скорости распространения тепла. Краевые условия и типы краевых задач.</p> <p>Метод интегральных преобразований. Понятие функции Грина. Функция Грина для полупространства. Решение уравнения теплопроводности в стационарном случае методом функции Грина. Анализ стационарного и нестационарного фундаментальных решений. Нестационарная одномерная задача в случае соприкосновения двух тел с разной температурой. Методы измерения теплофизических характеристик твёрдого тела: стационарные и нестационарные методы. Термоэлектричество. Эффекты Пельтье, Зеебека и Томпсона. Холодильник Пельтье. Термогенератор. Теплообмен излучением в прозрачной среде. Закон Кирхгофа. Уравнение баланса энергии для излучения. Диффузия излучения. Теплообмен в вакуумных системах.</p> <p>Практические занятия:</p>

		<p>Уравнение теплопроводности и граничные условия. Теплопроводность при стационарном режиме</p> <p>Основные методы решения задач теплопроводности. Преобразования Фурье, Лапласа, синус- и косинус-преобразования. Решение стационарных и нестационарных задач методом функции Грина</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>Лабораторная работа 1. Измерение коэффициента температуропроводности твердых тел методом продольных температурных волн в стержнях</p>
<p><b>P2</b></p>	<p>Конвективный теплообмен</p>	<p>Уравнения конвективного теплообмена. Уравнение Фурье -- Остроградского. Метод инспекционного анализа. Пи-теорема. Нестационарная задача о пластине. Числа Фурье и Био. Приведение исходной системы уравнений к безразмерному уравнению подобия. Теплоотдача при обтекании вынужденным потоком жидкости. Теплоотдача при свободной гравитационной конвекции. Число Грасгофа. Закон Ньютона — Рихмана. Устойчивость механического равновесия жидкости. Конвекция Рэлея-Бенара. Число Рэлея. Конвекция в параллельных каналах. Число Рэлея для этой задачи. Критическое число Рэлея для задачи конвекции в параллельных каналах. Простейшая схема экспериментального исследования теплоотдачи в трубах. Теплоотдача при течении газа с большими скоростями. Особенности теплообмена в системах с жидкометаллическими теплоносителями. Влияние осевой теплопроводности на среднemasсовую температуру теплоносителя. Влияние чистоты жидкометаллического теплоносителя на теплоотдачу. Контактное термическое сопротивление. Горение. Ударные волны при горении и взрыве. Детонация. Детонационная адиабата.</p> <p>Практические занятия:</p> <p>Конвективный теплоперенос. Обработка опытных данных методом теории подобия</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>Лабораторная работа 2. Измерение поглощательной способности серых тел</p> <p>Лабораторная работа 3. Теплоотдача тела при свободном гравитационном движении</p> <p>Лабораторная работа 4. Конвективный теплообмен при вынужденном движении</p>

РЗ	Теплообмен при фазовых переходах и технологических процессах	<p>Теплоотдача при конденсации. Термическое сопротивление на границе раздела фаз. Теплоотдача при конденсации на горизонтальном цилиндре движущегося пара неметаллической жидкости. Теплообмен при кипении. Механизм процесса теплообмена при пузырьковом кипении. Режимы кипения. Зависимость теплового потока от температурного напора. Кривая Нукиямы. Влияние способа обогрева поверхности теплообмена. Кризис теплоотдачи при кипении. Скорость роста пузырьков, число Якоба. Отрывной диаметр пузырька. Кризис теплоотдачи при кипении в трубах (при вынужденном течении). Сублимация, предплавление и квазижидкий слой. Эвтектика. Контактное плавление. Неустойчивость межфазной границы при кристаллизации. Дендриты. Переконденсация. Рост зародышей в твердом растворе. Теплообменные аппараты. Сопоставление прямоточной и противоточной схем движения теплоносителей в рекуперативных теплообменниках. Теплопередающие устройства (тепловые трубы).</p> <p>Практические занятия:</p> <p>Сложный теплообмен. Теплоотдача при кипении жидкости. Кризис теплоотдачи</p> <p>Лабораторные работы:</p> <p>Лабораторная работа 5. Кризис теплоотдачи при кипении на тонких цилиндрических нагревателях</p> <p>Лабораторная работа 6. Тепловая труба</p>
----	--	---

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Воспитание навыков жизнедеятельности в условиях глобальных вызовов и неопределенностей	учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология самостоятельной работы	ОПК-2 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выбирать критерии оценки, выявлять приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий	З-1 - Привести примеры формулирования цели и задачи исследования, а также использования методов моделирования в выборе критериев оценки в сфере ядерной энергетики и

				<p>технологий</p> <p>З-2 - Обосновать значимость грамотной постановки цели и задачи исследования</p> <p>З-3 - Изложить критерии оценки и привести примеры приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>У-1 - Определять необходимые для решения задач в сфере ядерной энергетики критерии оценки и приоритеты</p> <p>У-2 - Выделить конкретное физическое содержание в прикладных задачах ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-1 - Выполнить разработку заданного элемента технической системы и технологического процесса на основе выявления приоритетов решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p> <p>П-2 - Выполнить постановку цели и задачи</p>
--	--	--	--	--

				<p>исследования и осуществить выбор критериев оценки в профессиональной деятельности</p> <p>П-3 - Выявить и обосновать приоритеты решения задач в сфере ядерной энергетики и технологий</p>
--	--	--	--	---

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## 2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Теплофизика

#### Электронные ресурсы (издания)

1. Архипов, В., В.; Физико-химические основы процессов тепломассообмена : учебное пособие.; Издательство Томского политехнического университета, Томск; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=442086> (Электронное издание)
2. Видин, Ю. В.; Теоретические основы теплотехники: тепломассообмен : учебное пособие.; Сибирский федеральный университет (СФУ), Красноярск; 2015; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=497752> (Электронное издание)
3. Сорокин, В. В., Малахова, Г. В.; Гидравлика и теплообмен шаровых засыпок в условиях активной зоны водо-водяных ядерных реакторов с микротвэлами : научная литература.; Белорусская наука, Минск; 2010; <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=142434> (Электронное издание)

#### Печатные издания

1. Исаченко, В. П., Осипова, В. А., Сукомел, А. С.; Теплопередача : учеб. для телознергет. специальностей вузов.; Энергоиздат, Москва; 1981 (52 экз.)
2. Петухов, Б. С., Генин, Л. Г., Ковалев, С. А.; Теплообмен в ядерных энергетических установках : Учеб. пособие для вузов.; Энергоатомиздат, Москва; 1986 (11 экз.)

#### Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ <http://lib.urfu.ru>

Научная электронная библиотека Elibrary.ru <https://www.elibrary.ru/>

Электронная библиотечная сеть "Лань" <http://e.lanbook.com/>

Портал информационно-образовательных ресурсов УрФУ <http://study.urfu.ru/>

#### Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

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

Министерство образования и науки Российской Федерации (<http://минобрнауки.рф/>)

Федеральный портал «Российское образование» (<http://www.edu.ru/>)

ООО Научная электронная библиотека (<http://elibrary.ru/defaultx.asp>)

Электронный научный архив УрФУ (<https://elar.urfu.ru>)

Поисковая система (<http://www.yandex.ru>)

Поисковая система (<http://www.google.com>)

## **3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Теплофизика**

**Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		<p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	
3	Лабораторные занятия	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
4	Консультации	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p> <p>Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM
5	Текущий контроль и промежуточная аттестация	<p>Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов</p> <p>Рабочее место преподавателя</p> <p>Доска аудиторная</p> <p>Периферийное устройство</p>	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM

		Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	
6	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами	Office Professional 2003 Win32 Russian CD-ROM