

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Сыров Игорь Анатольевич  
Должность: Директор  
Дата подписания: 30.10.2023 13:50:39  
Уникальный программный ключ:  
b683afe664d7e9f64175886cf9626a196149ad36

СТЕРЛИТАМАКСКИЙ ФИЛИАЛ  
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО  
УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«УФИМСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ НАУКИ И ТЕХНОЛОГИЙ»

Факультет  
Кафедра

*Естественнонаучный*  
*Общей и теоретической физики*

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

дисциплина

***Б1.О.15.05 Термодинамика***

обязательная часть

Направление

***03.03.02***

***Физика***

код

наименование направления

Программа

***Медицинская физика***

Форма обучения

***Очная***

Для поступивших на обучение в  
**2023 г.**

Разработчик (составитель)

***к.ф.-м.н., доцент***

***Зеленова М. А.***

ученая степень, должность, ФИО

<b>1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....</b>	<b>4</b>
4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах).....	4
4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам) .....	5
<b>5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....</b>	<b>8</b>
<b>6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля) .....</b>	<b>9</b>
6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	9
6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем .....	10
6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства .....	11
<b>7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю) .....</b>	<b>11</b>

**1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций**

<b>Формируемая компетенция (с указанием кода)</b>	<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
ОПК-2. Способен проводить научные исследования физических объектов, систем и процессов, обрабатывать и представлять экспериментальные данные;	ОПК-2.1. Разбирается в основных научных методах теоретического и экспериментального исследования объектов, процессов и явлений	Обучающийся должен знать: основные законы термодинамики, размерности физических величин в термодинамике, историю развития и становления термодинамики, ее современное состояние.
	ОПК-2.2. Использует физико-математический аппарат для разработки математических моделей явлений, процессов и объектов при решении задач в профессиональной деятельности	Обучающийся должен уметь: анализировать информацию по термодинамике из различных источников, структурировать, оценивать, представлять в доступном для других виде; применять общие законы физики для решения задач по термодинамике.
	ОПК-2.3. Проводит эксперименты по заданной методике и анализирует их результаты	Обучающийся должен владеть: методологией исследования в области термодинамики, навыками решения задач по термодинамике

**2. Цели и место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Цели изучения дисциплины:

изучение основных законов термодинамики равновесных процессов, термодинамических свойств макроскопических систем, основных экспериментальных закономерностей, лежащих в основе законов термодинамики, связи законов термодинамики и статистических методов описания, а также формирование у студентов знаний и умений, позволяющих моделировать.

Задачи дисциплины

- формирование у обучающихся базовых знаний в области термодинамики и молекулярной физики
- формирование умений и навыков применять изученные теоретические законы и математические инструменты для решения различных физических задач
- формирование общефизической культуры: умения выделять существенные физические явления и пренебрегать несущественными; умения проводить оценки физических величин; умения строить простейшие теоретические модели, описывающие физические процессы.

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, знания и умения сформированные в рамках дисциплин Механика, Молекулярная физика, Прикладная физика.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7 семестре

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 4 зач. ед., 144 акад. ч.

Объем дисциплины	Всего часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	144
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	
лекций	36
практических (семинарских)	52
другие формы контактной работы (ФКР)	3,2
Учебных часов на контроль (включая часы подготовки):	34,8
курсовая работа	
экзамен	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР):	18
курсовая работа	

Формы контроля	Семестры
курсовая работа	7
экзамен	7

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

#### 4.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

№ п/п	Наименование раздела / темы дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)			
		Контактная работа с преподавателем			СР
		Лек	Пр/Сем	Лаб	
1	<b>ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>18</b>

1.1	Основные понятия статистической физики. Основные законы термодинамики и ее связь со статистической физикой	2	4	0	0
1.2	Термодинамические свойства идеального одноатомного газа	4	6	0	0
1.3	Термодинамические свойства идеального многоатомного газа	4	8	0	0
1.4	Классическая теплоемкость твердого тела газа	2	6	0	0
1.5	Термодинамические свойства реального газа	4	6	0	0
1.6	Термодинамические свойства вещества в электрическом поле	2	4	0	0
1.7	Термодинамические потенциалы. Соотношения между производными термодинамических величин	4	6	0	0
1.8	Процесс Джоуля – Томсона	4	6	0	0
1.9	Магнитный метод получения сверхнизких температур	2	0	0	2
1.10	Общие условия термодинамического равновесия	4	6	0	0
1.11	Термодинамическая теория флуктуаций	2	0	0	8
1.12	Термодинамика неоднородных сплошных сред	2	0	0	8
	<b>Итого</b>	<b>36</b>	<b>52</b>	<b>0</b>	<b>18</b>

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

Курс лекционных занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
1.1	Основные понятия статистической физики. Основные законы термодинамики и ее связь со статистической физикой	Основные понятия статистической физики. Основные законы термодинамики и ее связь со статистической физикой. Термодинамические параметры. Макро- и микросостояния термодинамической системы. Фазовое пространство. Функция распределения. Эргодические системы. Уравнение для функции распределения. Явный вид функции распределения стационарных состояний. Энтропия. Внутренняя энергия. Энтропия и абсолютная температура. Свободная энергия. уравнение Гиббса – Гельмгольца. Системы с переменным числом частиц. и Химический потенциал. Первое и второе начала термодинамики.
1.2	Термодинамические свойства идеального одноатомного газа	Вычисление статистического интеграла без учета тождественности частиц. Парадокс Гиббса. Термодинамические функции идеального одноатомного газа с учетом тождественности микрочастиц. Газовый термометр. Адиабатический

		процесс в идеальном газе. Адиабатический метод получения низких температур. Теплоемкость идеального одноатомного газа. Внутренняя энергия идеального одноатомного газа. Химический потенциал идеального одноатомного газа
1.3	Термодинамические свойства идеального многоатомного газа	Термодинамические свойства идеального многоатомного газа. Функция Гамильтона. Статистическая сумма. Уравнение состояния
1.4	Классическая теплоемкость твердого тела газа	Свободная энергия твердого тела. Теплоемкость твердого тела
1.5	Термодинамические свойства реального газа	Термодинамические свойства реального газа. Функция Гамильтона. Статистическая сумма. Зависимость энергии от расстояния между центрами атомов. Уравнение состояния.
1.6	Термодинамические свойства вещества в электрическом поле	Термодинамические величины для вещества, которое находится во внешнем электрическом поле. Функция Гамильтона. Дипольный момент системы. Статистический интеграл. Поляризуемость вещества. Магнитный момент. Магнитная восприимчивость. Магнитная восприимчивость. Закон Кюри. Явление электрострикции. Пьезоэффект
1.7	Термодинамические потенциалы. Соотношения между производными термодинамических величин	Термодинамические потенциалы. Соотношения между производными термодинамических величин. Термодинамические потенциалы. Свободная энергия. Внутренняя энергия. Соотношения Максвелла. Преобразования Лагранжа. Энтальпия. Энтропия. Термодинамический потенциалом Гиббса. Соотношения Дюгема – Гиббса. Уравнение Гельмгольца.
1.8	Процесс Джоуля – Томсона	Адиабатический эффект. Время релаксации. Изэнтропийность. Процесс Джоуля – Томсона. Эффект Джоуля – Томсона. Точка инверсии
1.9	Магнитный метод получения сверхнизких температур	Магнитный метод получения сверхнизких температур. Сверхнизкими. Адиабатический процесс размагничивания парамагнетика. Адиабатическое размагничивание. Диаграмма магнитного метода получения низких температур
1.10	Общие условия термодинамического равновесия	Общие условия термодинамического равновесия. Увеличение энтропии. Равенство температуры системы во всех ее частях. Равенство химических потенциалов одинаковых веществ в каждой точке системы. Термодиффузия. Равенство давлений. Первое условие устойчивого равновесия. Второе условие устойчивого равновесия. Третье условие устойчивого равновесия. Метастабильные

		состояния. Стабильные состояния. Условие равновесия во внешнем поле. Барометрическая формула. Условия химического равновесия. Гомогенные и Гетерогенные системы. Химическая реакция. Стехиометрические коэффициенты. Фазовое равновесие. Термодинамические степени свободы. Кривая фазового равновесия. Теплота фазового перехода. Фазовые переходы первого рода. Фазовые переходы второго рода. Коэффициент объемного расширения. Сжимаемость
1.11	Термодинамическая теория флуктуаций	Термодинамическая теория флуктуаций. Флуктуации. Среднее квадратичное значение флуктуаций. Флуктуации замкнутой системы, состоящей из частиц разного сорта. Флуктуации концентрации системы, которая состоит из частиц одного сорта. Флуктуации объемной плотности энергии.
1.12	Термодинамика неоднородных сплошных сред	Термодинамика неоднородных сплошных сред. Интенсивные параметры: химический потенциал, давление, температура, напряженность электрического поля. Объемная электрическая сила. Условия термодинамического равновесия неоднородной системы

Курс практических/семинарских занятий

№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
<b>1</b>	<b>ТЕМЫ ДИСЦИПЛИНЫ</b>	
1.1	Основные понятия статистической физики. Основные законы термодинамики и ее связь со статистической физикой	Распределение (конфигурация) полной энергии по подсистемам, вероятность распределения, наиболее вероятное (равновесное) распределение.
1.2	Термодинамические свойства идеального одноатомного газа	Энтропия и температура, флуктуации
1.3	Термодинамические свойства идеального многоатомного газа	Энтропия и температура спиновой системы.
1.4	Классическая теплоемкость твердого тела газа	Большое каноническое и каноническое распределения (ансамбли)
1.5	Термодинамические свойства реального газа	Примеры приложений равновесных распределений.
1.6	Термодинамические свойства	Функции распределения Ферми – Дирака и

	вещества в электрическом поле	Бозе – Эйнштейна.
1.7	Термодинамические потенциалы. Соотношения между производными термодинамических величин	Квазистатические процессы. Адиабатические, изотермические, изобарические, изохорические процессы. Инфинитезимальные процессы. Циклы.
1.8	Процесс Джоуля – Томсона	Теплота. Функции процесса и функции состояния.
1.10	Общие условия термодинамического равновесия	Первый закон термодинамики. Термодинамические потенциалы.

### 5. Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Качество и глубина освоения материала по изучаемой дисциплине неразрывно связаны с чёткой организацией и эффективностью самостоятельной работы студентов (СРС). Цель самостоятельной работы студента – осмысленно и самостоятельно работать сначала с учебным материалом, затем с научной информацией, заложить основы самоорганизации и самовоспитания с тем, чтобы привить умение в дальнейшем непрерывно повышать свою профессиональную квалификацию.

Самостоятельная работа студентов при изучении курса включает в себя следующие виды деятельности:

- 1) подготовка к лекциям и практическим занятиям;
- 2) самостоятельное изучение отдельных вопросов курса;
- 4) подготовка к промежуточному и итоговому контролю знаний.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется ведение конспекта и глоссария, чтение и анализ лекционного материала. В период подготовки к лекционным занятиям главное – научиться методам самостоятельного умственного труда, сознательно развивать свои творческие способности и овладевать навыками творческой работы. Для этого необходимо строго соблюдать дисциплину учебы и поведения. Четкое планирование своего рабочего времени и отдыха является необходимым условием для успешной самостоятельной работы. В процессе подготовки к практическим занятиям, студентам необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у студентов свое отношение к конкретной проблеме.

Предполагается, что, прослушав лекцию, студент ознакомится с рекомендованной литературой из основного списка, затем обратится к источникам, указанным в библиографических списках изученных книг, осуществит поиск и критическую оценку материала в сети.

По представленной дисциплине самостоятельная работа обучаемых предполагает выработку навыков практической работы по всем темам курса. Содержание лекций следует расширить изучением дополнительных вопросов:

1. Тепловое расширение твёрдых тел
2. Фононы
3. Термодинамические величины классической плазмы
4. Отрицательные температуры

5. Флуктуации в приборах
6. Флуктуации в идеальном газе
7. Критические индексы
8. Обобщённая восприимчивость
9. Баланс энтропии в однородном твёрдом теле, в котором имеется градиент температуры
10. Производство энтропии при химических реакциях
11. Обзор вариационных принципов термодинамики необратимых процессов
12. Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов – работы И. Пригожина
13. Вариационные принципы термодинамики необратимых процессов – работы И. Бахаревой
14. Термомеханический и механокалорический эффекты
15. Пространственные диссипативные структуры. Ячейки Бенара.
16. Кинетическое уравнение для классических систем. Интеграл столкновений. Кинетическое уравнение в приближении времени релаксации. Электронный газ в постоянном электрическом поле.
17. Кинетическое уравнение Больцмана. Принцип детального равновесия.
18. Уравнения Власова для бесстолкновительной плазмы.
19. Теория броуновского движения. Уравнение Ланжевена. Приближение "белого шума". Диффузия броуновских частиц. Формула Эйнштейна для коэффициента диффузии.
20. Основное кинетическое уравнение (уравнение баланса).
21. H - теорема Больцмана.
22. Уравнения Блоха.
23. Дополнения и примечания. Цепочка уравнений Боголюбова для частичных функций распределения. Стадии неравновесных процессов. Законы сохранения и уравнения гидродинамики. Случайные марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера - Планка

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **6.1. Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

#### **Основная учебная литература:**

1. Епифанов, В.С. Термодинамика: практикум / В.С. Епифанов, А.М. Степанов; Министерство транспорта Российской Федерации, Московская государственная академия водного транспорта. - Москва: Альтаир-МГАВТ, 2014. - 86 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=429994>. (03.06.2023)
2. Новиков, И. И. Термодинамика : учебное пособие / И. И. Новиков. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 592 с. — ISBN 978-5-8114-0987-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/210323> (дата обращения: 03.06.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная учебная литература:**

1. Островская, А. В. Теоретические основы теплотехники. Техническая термодинамика : учебное пособие / А. В. Островская, В. Н. Королёв ; науч. ред. Б. Г. Сапожников ; Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б. Н. Ельцина. – Екатеринбург : Издательство Уральского университета, 2020. – 242 с. : схем., табл. – Режим доступа: по подписке. – URL:

- <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=699090> (дата обращения: 03.06.2023). – Библиогр.: с. 207-208. – ISBN 978-5-7996-3089-8. – Текст : электронный.
2. Козырев, А.В. Термодинамика и молекулярная физика: учебное пособие / А.В. Козырев. - Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2012. - 113 с. - ISBN 978-5-4332-0029-6; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=208984>. (03.06.2023)
  3. Сивухин Д.В. Общий курс физики : учеб. пособие для физ. спец. вузов в 5-ти тт. / Д. В. Сивухин .— 3-е изд., испр. и доп. — М.: Наука, Т. 2: Термодинамика и молекулярная физика .— 1990 .— 600 с. (49 экз.)

## 6.2. Перечень электронных библиотечных систем, современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

№ п/п	Наименование документа с указанием реквизитов
1	Договор на доступ к ЭБС ZNANIUM.COM между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Знаниум» № 3/22-эбс от 05.07.2022
2	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между БашГУ в лице директора СФ БашГУ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/22-эбс от 04.03.2022
3	Договор на доступ к ЭБС «Университетская библиотека онлайн» между БашГУ и «Нексмедиа» № 223-950 от 05.09.2022
4	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-948 от 05.09.2022
5	Договор на доступ к ЭБС «Лань» между БашГУ и издательством «Лань» № 223-949 от 05.09.2022
6	Соглашение о сотрудничестве между БашГУ и издательством «Лань» № 5 от 05.09.2022
7	ЭБС «ЭБ БашГУ», бессрочный договор между БашГУ и ООО «Открытые библиотечные системы» № 095 от 01.09.2014 г.
8	Договор на БД диссертаций между БашГУ и РГБ № 223-796 от 27.07.2022
9	Договор о подключении к НЭБ и о предоставлении доступа к объектам НЭБ между БашГУ в лице директора СФ БашГУ с ФГБУ «РГБ» № 101/НЭБ/1438-П от 11.06.2019
10	Договор на доступ к ЭБС «ЭБС ЮРАЙТ» (полная коллекция) между УУНиТ в лице директора СФ УУНиТ и ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» № 1/23-эбс от 03.03.2023

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее - сеть «Интернет»)

№ п/п	Адрес (URL)	Описание страницы
1	<a href="http://newlibrary.ru">newlibrary.ru</a>	Новая электронная библиотека
2	<a href="http://www.twirpx.com/files/#category_42">http://www.twirpx.com/files/#category_42</a>	ЭОР на <a href="http://www.twirpx.com">www.twirpx.com</a>
3	<a href="http://lectoriy.mipt.ru/course/Theorphysics-PhysicalMechanics-LAM-Lects/">http://lectoriy.mipt.ru/course/Theorphysics-PhysicalMechanics-LAM-Lects/</a>	Теоретическая физика
4	<a href="http://www.knigafund.ru">http://www.knigafund.ru</a>	ЭБС Книгафонд

**6.3. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства**

<b>Наименование программного обеспечения</b>
Windows 10
Office Standart 2007 Russian OpenLicensePack NoLevel Acdmс

**7. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

<b>Тип учебной аудитории</b>	<b>Оснащенность учебной аудитории</b>
Читальный зал: помещение для самостоятельной работы	Учебная мебель, учебно-наглядные пособия, компьютеры с доступом к сети «Интернет» и ЭИОС Филиала
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации	Учебная мебель, доска поворотная магнитно-маркерная, компьютеры, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, учебная аудитория для проведения занятий семинарского типа, учебная аудитория текущего контроля и промежуточной аттестации, учебная аудитория групповых и индивидуальных консультаций	Учебная мебель, доска, мультимедиа-проектор, экран настенный, учебно-наглядные пособия
Учебная аудитория для проведения занятий курсового проектирования	Учебная мебель, компьютер