

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт физики



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной деятельности КФУ

Проф. Таюрский Д.А.



\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

**Программа дисциплины**  
Термодинамика Б3.Б.3.5

Направление подготовки: 011200.62 - Физика

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Хамзин А.А.

**Рецензент(ы):**

Деминов Р.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Прошин Ю. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института физики:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_\_ от "\_\_\_\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 6130217

Казань  
2017

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Хамзин А.А. Кафедра теоретической физики Отделение физики , Ajrat.Hamzin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Термодинамика" являются: изучение основных методов и законов термодинамики.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б3.Б.3 Профессиональный" основной образовательной программы 011200.62 Физика и относится к базовой (общепрофессиональной) части. Осваивается на 4 курсе, 7 семестр.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла (Б.3). Для освоения дисциплины необходимы знания дисциплин: математический анализ, дифференциальные уравнения, теория вероятностей, классическая и квантовая механика, электродинамика. Освоение дисциплины будет способствовать успешной профессиональной деятельности, позволит в дальнейшем изучать курсы общенаучного и профессионального циклов основной образовательной программы магистратуры.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК - 1 (общекультурные компетенции)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук
ОК - 16 (общекультурные компетенции)	способность использовать в познавательной и профессиональной деятельности навыки работы с информацией из различных источников
ОК - 3 (общекультурные компетенции)	способность приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии
ОК - 7 (общекультурные компетенции)	способность критически переосмысливать накопленный опыт, изменять при необходимости профиль своей профессиональной деятельности
ПК- 1 (профессиональные компетенции)	способность использовать базовые теоретические знания для решения профессиональных задач
ПК- 10 (профессиональные компетенции)	способность понимать и излагать получаемую информацию и представлять результаты физических исследований
ПК- 2 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые профессиональные навыки
ПК- 4 (профессиональные компетенции)	способность использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (в соответствии с профилем подготовки)

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК- 5 (профессиональные компетенции)	способность применять на практике базовые общепрофессиональные знания теории и методов физических исследований (в соответствии с профилем подготовки)

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

теоретические основы термодинамики; иметь представление о современном состоянии в указанном разделе теоретической физики

2. должен уметь:

формулировать и доказывать основные результаты термодинамики

3. должен владеть:

навыками вычисления (в простых задачах) макроскопических характеристик системы

4. должен демонстрировать способность и готовность:

к дальнейшему обучению

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Основы термодинамики.	7	7-8	6	6	0	Устный опрос Письменное домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Термодинамика неидеальных газов.	7	9-10	6	6	0	Письменное домашнее задание Контрольная работа
3.	Тема 3. Равновесие фаз. Фазовые переходы.	7	11-12	6	6	0	Письменное домашнее задание Устный опрос
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет
	Итого			18	18	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основы термодинамики.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Обратимые (равновесные) и необратимые (неравновесные) процессы. Давление. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов. Термодинамические системы во внешних электрических и магнитных полях. Цикл Карно, теоремы Карно. Третий закон термодинамики, теорема Нернста - Планка. Теплоемкость системы. Термодинамические потенциалы. Соотношения взаимности Максвелла. Некоторые свойства якобианов и их приложение в термодинамике. Связь между  $C_p$  и  $C_v$ . Условия равновесия термодинамических систем, находящихся в контакте с термостатом. Термодинамические неравенства. Адиабатические процессы. Следствия третьего закона термодинамики.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Решение задач 3.1, 3.7 (1, 3, 5, 7), 3.10, 3.12 (а, в), 3.13 (а, d), 3.16, 3.17, 3.18, 3.19, 3.20, 3.21 из пособия [1] основной литературы

### Тема 2. Термодинамика неидеальных газов.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Разреженные газы нейтральных частиц. Вириальное разложение уравнения состояния. Вириальное разложение с использованием большого канонического распределения. Метод частичных функций распределения. Цепочка уравнений для равновесных функций распределения. Уравнение состояния (давление) реального газа (уравнение Ван-дер-Ваальса). Теория Дебая - Хюккеля для равновесной разреженной плазмы.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Решение задач 5.1, 5.2, 5.3, 5.8, 5.9 из пособия [1] основной литературы

### Тема 3. Равновесие фаз. Фазовые переходы.

#### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Условия сосуществования фаз. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона - Клаузиуса. Критическая точка. Фазовые переходы первого и второго рода. Тройная точка. Фазовые диаграммы. Правило фаз Гиббса. Поверхностное натяжение. Метастабильные состояния. Зародыши. Ферромагнетизм в приближении молекулярного поля Вейсса. Теория Ландау фазовых переходов второго рода. Условия химического равновесия. Закон действующих масс.

#### **практическое занятие (6 часа(ов)):**

Решение задач 6.1, 6.2, 6.4, 6.5, 6.6, 6.8, 6.9, 6.10 из пособия [1] основной литературы

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Основы термодинамики.	7	7-8	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	устный опрос
2.	Тема 2. Термодинамика неидеальных газов.	7	9-10	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
3.	Тема 3. Равновесие фаз. Фазовые переходы.	7	11-12	подготовка домашнего задания	8	домашнее задание
				подготовка к устному опросу	4	устный опрос
	Итого				36	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Курсы лекций и практических занятий, организованные по стандартной технологии. Применение бально-рейтинговой системы оценки знаний при текущем контроле успеваемости.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Основы термодинамики.

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи 3.2, 3.3, 3.7 (2, 4, 6, 8, 9), 3.9, 3.11, 3.12 (б, г, д), 3.13 (b, c), 3.15 из пособия [1] основной литературы

устный опрос , примерные вопросы:

Законы термодинамики. Якобианы и их свойства. Соотношения взаимности Максвелла. Условия равновесия термодинамических систем, находящихся в контакте с термостатом.

#### Тема 2. Термодинамика неидеальных газов.

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи 5.4, 5.5, 5.7 из из пособия [1] основной литературы

контрольная работа , примерные вопросы:

Расчет второго вириального коэффициента для модельных потенциалов

#### Тема 3. Равновесие фаз. Фазовые переходы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Задачи 6.3, 6.7, 6.11 из из пособия [1] основной литературы

устный опрос , примерные вопросы:

Решение Онсагера для двумерной модели Изинга. Критические индексы. Теория ренорм-группы

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Приложение 1. Вопросы для зачета.

1. Обратимые (равновесные) и необратимые (неравновесные) процессы.
2. Давление и его связь с энтропией.
3. Обобщенные силы, соответствующие внешним параметрам системы.
4. Основное уравнение термодинамики для квазистатических процессов.
5. Теплота. Функции процесса и функции состояния.
6. Первый закон термодинамики.
7. Термодинамические системы во внешних электрических и магнитных полях.
8. Цикл Карно, теоремы Карно.
9. Тепловая машина. Коэффициент полезного действия машины.
10. Неравенство Клаузиуса.
11. Второй закон термодинамики; принцип Клаузиуса, принцип Кельвина.
12. Третий закон термодинамики, теорема Нернста-Планка.
13. Теплоемкость системы.
14. Энтальпия, свободная энергия Гельмгольца, термодинамический потенциал Гиббса, большой потенциал.
15. Экстенсивные (аддитивные) и интенсивные физические величины.
16. Уравнения Гиббса-Гельмгольца.
17. Связь свободной энергии со статсуммой.
18. Соотношения взаимности Максвелла.
19. Коэффициент теплового расширения, изотермическая сжимаемость, адиабатическая сжимаемость.
20. Некоторые свойства якобианов и их приложение в термодинамике.
21. Связь между  $C_p$  и  $C_V$ .
22. Условия равновесия термодинамических систем, находящихся в контакте с термостатом.
23. Принцип максимальной работы.
24. Термодинамические неравенства.
25. Адиабатические процессы. Использование их для получения низких температур.
26. Метод адиабатического размагничивания парамагнетиков.
27. Следствия третьего закона термодинамики
28. Разреженные газы. Модельные потенциалы взаимодействия частиц. Приближение парных взаимодействий.
29. Вирialное разложение уравнения состояния.
30. Уравнение Ван дер Ваальса.
31. Равновесные частичные функции распределения. Цепочка уравнений для равновесных функций распределения. Суперпозиционное приближение.
32. Уравнение состояния (давление) реального газа.
33. Теория Дебая-Хюккеля для равновесной разреженной плазмы. Радиус Дебая-Хюккеля.
34. Условия сосуществования фаз. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
35. Критическая точка. Тройная точка. Фазовые диаграммы.
36. Правило фаз Гиббса.
37. Ферромагнетизм в приближении молекулярного поля Вейсса.
38. Условия химического равновесия. Закон действующих масс.

## 39. Термическая ионизация водорода.

### 7.1. Основная литература:

- 1.Аминов, Л.К. Термодинамика и статистическая физика: конспекты лекций и задачи : для студентов физического факультета / Л.К. Аминов; Казан. гос. ун-т, Физ. фак.-Казань: Издательство Казанского государственного университета, 2008.-179 с.
2. Ландау, Л.Д. Статистическая физика: Учеб.пособие для студ.ун-тов / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц ; под ред. Л. П. Питаевского.-М.: Физматлит, Б.г..-(Теоретическая физика;Т.5). Ч.1.-5-е изд.,стереотип.-2005.-616 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2230/>
3. Ансельм А.И. Основы статистической физики и термодинамики. - изд. Лань. - 2007. - 448с. <http://e.lanbook.com/view/book/692/>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Лифшиц Е. М. Теоретическая физика : учебное пособие для вузов : в 10 томах Т. 9: Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния / Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский .- Издание 4-е, исправленное .- Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2004 .- 496 с.
2. Кондратьев А.С., Райгородский П.А. Задачи по термодинамике, статистической физике и кинетической теории, М.: Физматлит. 2007. - 254 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2209/>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

методические материалы кафедры ТФ - [http://www.kpfu.ru/main\\_page?p\\_sub=8205](http://www.kpfu.ru/main_page?p_sub=8205)  
Мир математических уравнений EqWorld - <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/physics/statphys.htm>  
Новая электронная библиотека newlibrary.ru - [http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/termodinamika\\_\\_statisticheskaja\\_fizika/](http://www.newlibrary.ru/genre/nauka/fizika/termodinamika__statisticheskaja_fizika/)  
ЭБС КнигаФонд - <http://www.knigafund.ru>  
ЭОР на [www.twirpx.com](http://www.twirpx.com) - [http://www.twirpx.com/files/#category\\_42](http://www.twirpx.com/files/#category_42)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)

Освоение дисциплины "Термодинамика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.



Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебные аудитории для проведения лекционных и практических занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 011200.62 "Физика" и профилю подготовки не предусмотрено.

Автор(ы):

Хамзин А.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Деминов Р.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.