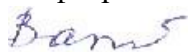


ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено  
на заседании кафедры  
георетической физики  
протокол № 4 от «12» января 2022 г.  
Зав. кафедрой



Вахитов Р.М.

Согласовано: Председатель  
УМК физико - технического  
института



(Балапанов М.Х.)

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика**

Б1.О.21.04

Направление подготовки (Специальность)  
**Программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)  
**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки / Специализация  
**Цифровая петрофизика**

Квалификация  
Бакалавр

Форма обучения  
Очная

Разработчик (составитель):  
к.ф.-м.н., доц. Закирьянов Ф.К.



/ Закирьянов Ф.К.

Для приема: 2022 г.

Уфа 2022 г.

Составитель: Закирьянов Ф.К

Рабочая программа дисциплины утверждена на заседании кафедры общей физики, протокол № 4 от «12» января 2022 г.

Заведующий кафедрой  Вахитов Р.М.

## **Список документов и материалов**

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций
2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы
3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)
4. Фонд оценочных средств по дисциплине
  - 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотнесенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине.
  - 4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине.
5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины
  - 5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины
  - 5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

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

По итогам освоения дисциплины обучающийся должен достичь следующих результатов обучения:  
 ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Категория (группа) компетенций	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине
	ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности	ОПК-1.1. Знать базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промышленной геофизике	1.Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики 2.Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики
		ОПК-1.2. Уметь применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промышленной геофизики	1.Применять изученные понятия и законы термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат 2.Применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач
		ОПК-1.3. Владеть методами физико-математических и естественных наук к решению задач промышленной геофизики	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач 2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)

## 2. Цель и место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» относится к вариативной части.

Дисциплина изучается на 4 курсе в 7-8 семестре.

Цели изучения дисциплины: Основной целью курса «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» является изучение основных законов термодинамики равновесных процессов, термодинамических свойств макроскопических систем, основных экспериментальных закономерностей, лежащих в основе законов термодинамики, статистических методов описания классических и квантовых макроскопических систем, связи законов термодинамики и статистических методов описания, а также формирование у студентов знаний и умений, позволяющих моделировать термодинамические явления и проводить численные расчеты соответствующих физических величин. Именно в курсе «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» студенты должны овладеть основами статистических расчетов и научиться применять их для решения задач по различным разделам курса и теоретической физики вообще

Особенностью дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» в курсе теоретической физики является то, что это четвертый раздел теоретической физики, изучаемый студентами после поступления в вуз. Еще одной особенностью курса является объем и разнообразие изучаемого материала. С указанным разделом по количеству тем можно сравнить только квантовую теорию. Поэтому часть материала (до 15%) рекомендуется для самостоятельного изучения. Это требует развития

у студентов навыков самостоятельного изучения литературы, в т.ч. электронной, а также использования интернет-ресурсов. Использование справочников и интернета необходимо и для формирования элементарной математической культуры. В частности, студентам рекомендуется сайт «математические уравнения» (<http://eqworld.ipmnet.ru>), который можно использовать как для ликвидации пробелов в школьном математическом образовании, так и для освоения новых разделов (например, дифференциальные уравнения, уравнения математической физики).

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин:

Цикл	Дисциплина
Б1.О.10	Модуль «Общая физика»
Б1.О.14	Линейные и нелинейные уравнения физики
Б1.О.21.01	Теоретическая механика. Механика сплошных сред.
Б1.О.21.02	Электродинамика
Б1.О.21.03	Квантовая теория

### 3. Содержание рабочей программы (объем дисциплины, типы и виды учебных занятий, учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся)

Содержание рабочей программы представлено в Приложении № 1.

### 4. Фонд оценочных средств по дисциплине

#### 4.1. Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием соотношенных с ними запланированных результатов обучения по дисциплине. Описание критериев и шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

Код и формулировка компетенции:

ОПК-1. Способен применять базовые знания в области физико-математических и (или) естественных наук в сфере своей профессиональной деятельности.

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
ОПК-1.1. Знать базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промышленной геофизике	1. Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики; 2. Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	Практически не знает	Знает
ОПК-1.2. Уметь применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промышленной геофизики	1. Применять изученные понятия и законы термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат; 2. Применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач	Практически не умеет	Умеет
ОПК-1.3. Владеть методами физико-математических и естественных наук к решению задач промышленной геофизики	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач 2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников	Практически не владеет	Владеет

	(учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)		
--	--	--	--

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
ОПК-1.1. Знать базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промышленной геофизике	1. Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики; 2. Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	не знает основные методы решения термодинамических задач, задач статистической физики и физической кинетики	знает в целом основные методы решения термодинамических задач статистической физики и физической кинетики, но допускает грубые ошибки	знает основные методы решения термодинамических задач статистической физики и физической кинетики, но допускает незначительные ошибки	знает основные методы решения термодинамических задач статистической физики и физической кинетики
ОПК-1.2. Уметь применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промышленной геофизики	1. Применять изученные понятия и законы термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат; 2. Применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач	не умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения, но допускает грубые ошибки	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, областей их применения, но допускает незначительные ошибки	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения
ОПК-1.3. Владеть методами физико-математических и естественных наук к решению задач промышленной геофизики	1. Владеть методами расчета реальных физических задач 2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	не владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы), но допускает грубые ошибки.	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы), но допускает незначительные ошибки	владеет навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)

**4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценивания результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными в образовательной программе индикаторами достижения компетенций. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине**

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине (модулю)	Контролируемые действия по проверке знаний, умений и владений (Оценочные средства)
ОПК-1.1. Знать базовые положения в области физико-математических и естественных наук в промышленной геофизике	1. Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики; 2. Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	Приём домашних работ.
ОПК-1.2. Уметь применять базовые положения в области физико-математических и естественных наук при решении задач промышленной геофизики	1. Применять изученные понятия и законы термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат; 2. Применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач	Приём домашних работ.
ОПК-1.3. Владеть методами физико-математических и естественных наук к решению задач промышленной геофизики	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач 2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	Контрольная работа

Для контроля освоения компетенций при изучении дисциплины применяется балльно-рейтинговая система.

**Показатели сфорсированности компетенции:**

Критериями оценивания при *модульно-рейтинговой системе* являются баллы, которые выставляются преподавателем за виды деятельности (оценочные средства) по итогам изучения модулей (разделов дисциплины), перечисленных в рейтинг-плане дисциплины (*для экзамена*: текущий контроль – максимум 40 баллов; рубежный контроль – максимум 30 баллов, поощрительные баллы – максимум 10; *для зачета*: текущий контроль – максимум 50 баллов; рубежный контроль – максимум 50 баллов, поощрительные баллы – максимум 10).

Шкалы оценивания:

(для экзамена:

от 45 до 59 баллов – «удовлетворительно»;

от 60 до 79 баллов – «хорошо»;

от 80 баллов – «отлично».

для зачета:

зачтено – от 60 до 110 рейтинговых баллов (включая 10 поощрительных баллов),

не зачтено – от 0 до 59 рейтинговых баллов).

## Рейтинг-план дисциплины

### Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика»

курс 4, семестр 7-8

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 – 30 баллов</b>				
<b>Основные положения</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	3	0	15
2. Работа на лекционных занятиях	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
1. Контрольная работа	10	1	0	10
<b>Модуль 2 – 40 баллов</b>				
<b>Квантовая статистика систем тождественных частиц.</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	3	0	15
2. Работа на лекционных занятиях	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Контрольная работа	20	1	0	20
<b>Итоговый контроль</b>				
1. Экзамен			0	30
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических занятий			-10	0
<b>Поощрительные баллы</b>			0	10
<b>ИТОГО</b>				<b>110</b>

Ниже описаны предусмотренные рейтинг-планом оценочные средства, виды и процедуры контроля.

В рамках использования модульно-рейтинговой системы обучения и оценки успеваемости студентов итоговая оценка знаний студента по дисциплине производится по сумме баллов, полученных в рамках текущего и рубежного контроля знаний, умений и навыков в течение семестра.

За работу в семестре студент получает до 100 баллов за выполнение заданий в рамках текущего и рубежного контроля и дополнительно до 10 баллов за индивидуальные задания.

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 70 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 60 до 69 баллов;
- неудовлетворительно – менее 60 баллов.



## Вопросы к зачету

### Вопросы к текущему и рубежному контролю по теоретическому материалу

#### 7 семестр

1. Фазовое пространство, статистический ансамбль, функция распределения по состояниям в фазовом пространстве. Понятия подсистемы, статистической независимости, радиуса корреляции. Средне-квадратичные флуктуации аддитивных величин. Полное и неполное описание.
2. Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля для функции распределения. Эволюция физических величин.
3. Статистическое распределение для квантовых систем. Чистое и смешанное состояния. Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Неймана (квантовое уравнение Лиувилля) для эволюции матрицы плотности. Полное и неполное описание в квантовой статистике. Правила соответствия квантовой и классической статистик
4. Энтропия квантовых и классических систем. Экстремальный энтропийный принцип. Равновесные и квазиравновесные распределения.
5. Микроканоническое распределение, статистический вес и температура. Эргодическая гипотеза. Каноническое распределение, статистическая сумма и свободная энергия.
6. Большое каноническое распределение, большой термодинамический потенциал, большая статистическая сумма и химический потенциал. Изотермоизобарический ансамбль, термодинамический потенциал, давление.
7. Эквивалентность статистических ансамблей. Вывод канонического распределения из микроканонического (теорема Гиббса о каноническом распределении). Основное термодинамическое соотношение в статистической физике. Естественные переменные
8. основных термодинамических потенциалов. Теорема о малых добавках. Зависимость термодинамических величин от чисел частиц. Соотношение Гиббса-Дюгема.
9. Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Неравенство Клаузиуса. Проблема необратимости. Закон возрастания энтропии. Минимальная работа, производимая над телом, находящимся во внешней среде.
10. Максимальная работа, совершаемая системой тел, цикл Карно. Термодинамические неравенства. Третье начало термодинамики. Теорема Нернста.
11. Фазы вещества, фазовое равновесие, правило фаз Гиббса, формула Клапейрона-Клаузиуса. Образование зародышей новой фазы.
12. Распределение по импульсам и координатам. Распределение Максвелла. Идеальный газ, распределение Больцмана. Свободная энергия и уравнение состояния больцмановского идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон равномерного распределения. Одноатомный идеальный газ. Химический потенциал одноатомного идеального газа. Двухатомный газ: вращения и колебания молекул.
13. Распределение Ферми. Распределение Бозе. Термодинамика Ферми- и Бозе-газа. Вырожденный электронный газ. Вырожденный Бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна.
14. Черное излучение. Распределение Планка. Термодинамика черного излучения.

## Вопросы к экзамену

#### 8 семестр

1. Необходимость статистического описания макросистем.
2. Фазовое пространство и функция распределения.
3. Эргодическая гипотеза.
4. Теорема Лиувилля.
5. Связь функции распределения с интегралами движения.
7. Микроканоническое распределение.
8. Статистический оператор, оператор проектирования.
9. Средние в квантовой статистике
10. Канонические скобки
11. Матрица плотности
12. Энтропия.
13. Закон возрастания энтропии.
14. Температура.
15. Положительность температуры.
16. Распределение Гиббса.
17. Распределение Максвелла.

18. Свободная энергия и статистическая сумма.
19. Свободная энергия Больцмановского идеального газа.
20. Уравнение состояния Больцмановского идеального газа.
21. Энтропия и теплоемкость Больцмановского идеального газа.
22. Химический потенциал.
23. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
24. Термодинамический потенциал.
25. Распределение Больцмана (вывод через термодинамический потенциал).
26. Распределение Ферми-Дирака (вывод через термодинамический потенциал).
27. Распределение Бозе-Эйнштейна (вывод через термодинамический потенциал).
28. Распределение Больцмана (вывод путем максимизации энтропии).
29. Распределение Ферми-Дирака (вывод путем максимизации энтропии).
30. Распределение Бозе-Эйнштейна (вывод путем максимизации энтропии).
31. Термодинамический потенциал Ферми-газа элементарных частиц.
32. Термодинамический потенциал Бозе-газа элементарных частиц.
33. Уравнение состояния вырожденного электронного газа.
34. Свободная энергия неидеального газа (общий случай).
35. Свободная энергия неидеального газа (с учетом только парных столкновений).
36. Уравнение состояния неидеального газа.
37. Отклонение газа от идеального в зависимости от температуры.
38. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
39. Флуктуации одной величины.
40. Средний квадрат флуктуации одной величины.
41. Флуктуации нескольких величин.
42. Термодинамически взаимные величины.
43. Произведения флуктуирующих и взаимных с ними величин.
44. Произведение двух флуктуирующих величин.
45. Произведение двух величин, взаимных с флуктуирующими.
46. Изменение энтропии замкнутой системы при флуктуациях.
47. Кинетическое уравнение Больцмана.
48. Квазисредние

### **Образец экзаменационного билета:**

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине

**Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика**

Направление подготовки (специальность)

**03.03.02 Физика**

Направленность (профиль) подготовки / Специализация

**Цифровая петрофизика**

1. Фазовое пространство и функция распределения.
2. Квазисредние

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

*Вахитов*

Вахитов Р.М.

## Тематика задач

1. Фазовое пространство, фазовые портреты. Теорема Лиувилля.
2. Распределение Гиббса.
3. Распределение Максвелла по абсолютным величинам скоростей, по векторам скорости, по модулю скорости.
4. Распределение Максвелла по абсолютным величинам импульсов, по векторам импульса, по модулю импульса.
5. Распределение Максвелла по энергии.
6. Распределение Больцмана
7. Идеальный газ. Числа заполнения, распределение Больцмана. Метод максимума энтропии
8. Распределения Ферми-Дирака, Бозе-Эйнштейна.
9. Намагниченность спинов, модель Изинга и поляризация диэлектриков, восприимчивость среды.
10. Квазисредние.
11. Флуктуации физических величин.

### Типовые задачи, предлагаемы на семинарских занятиях и контрольных

1. Имеется одномерная цепочка, которая состоит из  $N$  штук линейных гармонических осцилляторов с известной циклической частотой  $\omega_0$ . Пусть энергия их взаимодействия между собой пренебрежимо мала. Считаем, что температура системы  $T$ . Найти характеристическую температуру  $T_0$ . В случае когда  $T \ll T_0$  найти статистическую сумму, свободную энергию, внутреннюю энергию и теплоемкость.
2. Пользуясь распределением Максвелла найти среднее значение  $\frac{1}{v}$ ,  $\frac{1}{v^3}$ , а также среднеквадратичного отклонения скорости для идеального газа. Считать, что газ поддерживается при температуре  $T$  и масса каждого атома (молекулы) равна  $m$ . Газ считать трехатомным.
3. Найти энтропию неравновесного Бозе-газа.
4. Найти энтропию неравновесного Ферми-газа.
5. Найти среднее значение величины  $\exp(\alpha_{ij}x_ix_j)$ . Считаем, что  $\alpha_{ij}$  - известный ряд постоянных параметров,  $x_i$  - ряд флуктуирующих параметров. Использовать при решении распределение флуктуации нескольких величин:  $w = \frac{\sqrt{\beta}}{(2\pi)^{n/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \beta_{ij}x_ix_j\right)$ .

6.

#### **Критерии оценки (в баллах) за одну домашнюю работу**

Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов	<b>5 баллов</b>
Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько недостатков	<b>3 балла</b>
Нет правильного ответа	<b>0 баллов</b>

#### **Критерии оценки одной задачи из двух контрольной работы №1 или №2 (в баллах):**

- **10 баллов** выставляется студенту, если задача решена абсолютно правильно, без недочетов и ошибок;
  - **8 баллов** выставляется студенту, если задача решена правильно, но в ней есть один недочет или незначительная ошибка (в математических преобразованиях);
  - **6 баллов** выставляется студенту, если есть попытка решить задачу, присутствуют все необходимые законы (формулы), но имеется грубая ошибка в законе, или решение задачи не доведено до конца;
  - **4 балла** выставляется студенту, если присутствуют все необходимые законы (формулы), чтобы решить задачу, но само решение на начато, или имеются две грубые ошибки в законах;
  - **2 балла** выставляется студенту, если записан правильно хотя бы один необходимый закон для решения задачи;
  - **0 баллов** выставляется студенту, если отсутствует решение задачи;
- Набранные баллы по двум задачам контрольной работы затем суммируются.

## Контрольная работа

1. Имеется одномерная цепочка, которая состоит из  $N$  штук линейных гармонических осцилляторов с известной циклической частотой  $\omega_0$ . Пусть энергия их взаимодействия между собой пренебрежимо мала. Считаем, что температура системы  $T$ . Найти характеристическую температуру  $T_0$ . В случае, когда  $T \gg T_0$  найти статистическую сумму, свободную энергию, внутреннюю энергию и теплоемкость.
2. Пользуясь распределением Максвелла найти среднее значение энергии для идеального газа и наиболее вероятное значение энергии. Считать, что газ поддерживается при температуре  $T$  и масса каждого атома (молекулы) равна  $m$ .
- 3.

**Поощрительные баллы** выставляются за дополнительные выходы к доске на практических занятиях

Перевод оценки из 100-балльной в четырехбалльную производится следующим образом:

- отлично – от 80 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- хорошо – от 60 до 79 баллов;
- удовлетворительно – от 45 до 59 баллов;
- неудовлетворительно – менее 45 баллов.

### **Критерии оценки (в баллах):**

- **25-30 баллов** выставляется студенту, если студент дал полные, развернутые ответы на все теоретические вопросы билета, продемонстрировал знание функциональных возможностей, терминологии, основных элементов, умение применять теоретические знания при выполнении практических заданий. Студент без затруднений ответил на все дополнительные вопросы. Практическая часть работы выполнена полностью без неточностей и ошибок;

- **17-24 баллов** выставляется студенту, если студент раскрыл в основном теоретические вопросы, однако допущены неточности в определении основных понятий. При ответе на дополнительные вопросы допущены небольшие неточности. При выполнении практической части работы допущены несущественные ошибки;

- **10-16 баллов** выставляется студенту, если при ответе на теоретические вопросы студентом допущено несколько существенных ошибок в толковании основных понятий. Логика и полнота ответа страдают заметными изъянами. Заметны пробелы в знании основных методов. Теоретические вопросы в целом изложены достаточно, но с пропусками материала. Имеются принципиальные ошибки в логике построения ответа на вопрос. Студент не решил задачу или при решении допущены грубые ошибки;

- **1-10 баллов** выставляется студенту, если ответ на теоретические вопросы свидетельствует о непонимании и крайне неполном знании основных понятий и методов. Обнаруживается отсутствие навыков применения теоретических знаний при выполнении практических заданий. Студент не смог ответить ни на один дополнительный вопрос.

## **5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **Основная литература:**

1. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Т.1: Теория равновесных систем: Статистическая физика. Учебное пособие Изд. 2-е – М.: КомКнига, 2010. -244 с. [В библ. БашГУ имеется 45 экз.]
2. И.А. Квасников. Термодинамика и статистическая физика. Т.1: Теория равновесных систем: Термодинамика. Учебное пособие Изд. 2-е – М.: КомКнига, 2010. -262 с. [В библ. БашГУ имеется 65 экз.]
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.5: Статистическая физика. – 8.изд., стереотип. – 2001.– 524с. [В библ. БашГУ имеется 63 экз.]
4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.8: Электродинамика сплошных сред. – изд. третье, стереотип. – 2001.– 656с. [В библ. БашГУ имеется 52 экз.]

#### **Дополнительная литература:**

1. Гиббс Дж. В. «Основные принципы статистической механики» М. — Л., 1946. (Изд-во: Регулярная и хаотическая динамика, 2002. — 204 с. – Неогранич. Доступ. ISBN 5-93972-127-3)

2. Боголюбов Н. Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. — М.— Л.: ОГИЗ. Гостехиздат, 1946. [В библиот. БашГУ имеется 75 экз.]
3. Боголюбов Н. Н. Избранные труды по статистической физике. М.: Изд-во МГУ, 1979. (электронный ресурс: <https://e.lanbook.com/book/100>).
4. Дж. Джексон. Классическая электродинамика. — М.: Мир, 1965.— 704с. <https://e.lanbook.com/book/544>)
5. Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А.С. Мильнер. Лекции по магнетизму. — М.: Физматлит, 2005 .— 512 с. [В библиот. БашГУ имеется 85 экз.]

## **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

1. ЭБС издательства Лань <https://e.lanbook.com/>
2. Федеральный портал «Российское образование» <http://www.edu.ru/>
3. Российский портал «Открытого образования» <https://openedu.ru/>
4. Мир математических уравнений <http://eqworld.ipmnet.ru/ru/library/mathematics/pde.htm>

## **6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине приведена в таблице:

<b>Наименование специализированных аудиторий, кабинетов, лабораторий</b>	<b>Вид занятий</b>	<b>Наименование оборудования, программного обеспечения</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Аудитория 02	Лекции	Мультимедийный проектор, экран, доска.
Аудитория 224	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор

ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины «Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика» на 7-8 семестре  
(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

<b>Вид работы</b>	<b>Объем дисциплины</b>
Общая трудоемкость дисциплины (з.е. / часов)	5/180
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	115,9
лекций	66
практических/ семинарских	48
лабораторных	
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,9
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	19,1
из них, предусмотренные на выполнение курсовой работы / курсового проекта	
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	45

Форма(ы) контроля:

Зачет: 7 семестр

Экзамен: 8 семестр

## 7 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Модуль 1: Классическая термодинамика</b>							
1.	Математические основы и введение в термодинамику.	6	3		3	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Основные законы и уравнения термодинамики.	6	3		3	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Первое начало термодинамики	6	3		3	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
<b>Модуль 2: Второе начало термодинамики</b>							
4.	Общая характеристика и исходная формулировка	6	3		2,8	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов	6	3		3	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Второе начало термодинамики для неравновесных процессов	6	3		3	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
<b>Всего часов:</b>		<b>36</b>	<b>18</b>		<b>17,8</b>		

8 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Задания по самостоятельной работе студентов	Форма текущего контроля успеваемости (коллоквиумы, контрольные работы, компьютерные тесты и т.п.)
		ЛК	ПР/СЕМ	ЛР	СР		
1	2	3	4	5	6	7	7
<b>Модуль 1: Статистические распределения</b>							
1.	Фазовые портреты, траектории. Уравнения Лиувилля	5	5			Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Распределения Гиббса	5	5			Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Распределение Максвелла Больцмана	5	5		1,3	Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Тестирование
<b>Модуль 2: Идеальный газ. Квантовая статистика</b>							
4.	Распределение Больцмана для идеального газа.	5	5			Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна	5	5			Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Квантовая статистика. Статистический оператор	5	5			Выполнение домашнего задания	Приём домашних работ. Контрольная работа
<b>Всего часов:</b>		<b>30</b>	<b>30</b>		<b>1,3</b>		



