

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФГБОУ ВО «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

Утверждено на заседании кафедры  
протокол № 9 от 30.05.2019  
Зав. кафедрой теоретической физики

Вахитов Р.М.



Согласовано  
Председатель УМК  
Физико-технического института

Балапанов М.Х.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

дисциплина "Термодинамика. Статистическая физика. Физическая кинетика"

*(наименование дисциплины)*

Вариативная дисциплина

*(Цикл дисциплины и его часть (базовая, вариативная, дисциплина по выбору))*

**программа бакалавриата**

Направление подготовки (специальность)

03.03.03 – Радиофизика

*(указывается код и наименование направления подготовки (специальности))*

Направленность (профиль) подготовки

Цифровые технологии обработки информации

*(указывается наименование направленности (профиля) подготовки)*

Квалификация

бакалавр

*(указывается квалификация)*

Разработчик (составитель)

к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.,

*(должность, ученая степень, ученое звание)*



Шарафуллин И.Ф.

Для приема: 2019

Уфа 2019 г

Составитель / составители: к.ф.-м.н., доц. Шарафуллин И.Ф.

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и одобрена на заседании кафедры теоретической физики  
протокол № 9 от 29.06.2017

Вахитов Р.М. / Вахитов Р.М. /

Дополнения и изменения, внесенные в рабочую программу дисциплины, утверждены на заседании кафедры теоретической физики,  
протокол № 6 от 25.05.2018

Заведующий кафедрой Вахитов Р.М. / Вахитов Р.М. /

Дополнения и изменения, внесенные в программу дисциплины утверждена на заседании кафедры теоретической физики, «30» мая 2019 протокол №9

Заведующий кафедрой Вахитов Р.М. Вахитов Р.М.

### Список документов и материалов

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	
2. 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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания	
4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	
<i>4.3. Рейтинг-план дисциплины (при необходимости)</i>	
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	
6. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	

# 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Табл. 1

Результаты обучения		Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
Знания	1. Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики	ОПК-1- – способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	
		ОПК-2- способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	
	2. Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	ОПК-1- – способность к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	
		ОПК-2- способность самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	
	3. Знать основные методы решения статистических	ОПК-1- –	

	и термодинамических величин задач	способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	
		ОПК-2- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	
Умения	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	ОПК-1— способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	
	2. Применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач	ОПК-1- – способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	
		ОПК-2- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	
	3. Использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик материалов электронной техники и областей их применения	ОПК-1- – способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных	

		наук, их использованию в профессиональной деятельности	
		ОПК-2- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	
Владения (навыки / опыт деятельности)	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач	ОПК-1— способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности	
		ОПК-2- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	
	2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)	ОПК-2- способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии	

## 2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина изучается на 4 курсе во 7 и 8 семестре.

Основной целью курса «Термодинамика. Статистическая физика» 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» студенты должны овладеть основами статистических расчетов и научиться применять их для решения задач по различным разделам курса «Термодинамика. Статистическая физика» 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.Б.8	Модуль «Физика»
Б1.Б.10.1	Теоретическая механика. Механика сплошных сред.
Б1.Б.10.2	Электродинамика
Б1.Б.10.3	Квантовая теория
Б1.В.ОД.5	Линейные и нелинейные уравнения физики

### 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 с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код и формулировка компетенции:

ОПК-1 – способностью к овладению базовыми знаниями в области математики и естественных наук, их использованию в профессиональной деятельности ;

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап	Знать основные методы решения термодинамических задач, задач статистической физики	Не знает основные методы решения термодинамических задач, задач статистической физики	Знает основные методы решения термодинамических задач, задач статистической физики
Второй этап	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и	Не умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и	Умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и

	единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения	единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения	единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения
Третий этап	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Не владеет методикой расчета реальных физических задач	Владеет методикой расчета реальных физических задач



Этап (уровень) освоения компетенци и	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворитель но»)	3 («Удовлетворител ьно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать основные методы решения термодинамически х задач, задач статистической физики	не знает основные методы решения термодинамичес ких задач, задач статистической физики	знает в целом основные методы решения термодинамически х задач, задач статистической физики, но допускает грубые ошибки	знает основные методы решения термодинами ческих задач, задач статистическ ой физики, но допускает незначительн ые ошибки	знает основные методы решения термодинамич еских задач, задач статистическо й физики
Второй этап (уровень)	Уметь использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамическ их величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения	не умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамичес ких величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамическ их величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения, но допускает грубые ошибки	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинами ческих величин для описания характеристи к физических сред, материалов и областей их применения, но допускает незначительн ые ошибки	умеет использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамич еских величин для описания характеристик физических сред, материалов и областей их применения
Третий этап (уровень)	Владеть методикой расчета реальных физических задач	Не владеет методикой расчета реальных физических задач	владеет методикой расчета реальных физических задач, но допускает грубые ошибки.	владеет методикой расчета реальных физических задач, но допускает незначительн ые ошибки	владеет методикой расчета реальных физических задач

ОПК-2 – способностью самостоятельно приобретать новые знания, используя современные образовательные и информационные технологии

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения	
		«Не зачтено»	«Зачтено»
Первый этап	Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики	Имеет фрагментарные знания об основных понятиях классической и квантовой термодинамики и статистической физики	Знает основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики
Второй этап	Применять изученные понятия и законы классической и квантовой термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат	Умеет фрагментарно решать типовые задачи	Уверенно решает типовые задачи по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат
Третий этап	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).

Этап (уровень) освоения компетенции	Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения			
		2 («Не удовлетворительно»)	3 («Удовлетворительно»)	4 («Хорошо»)	5 («Отлично»)
Первый этап (уровень)	Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	не знает границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	знает в целом границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики, но допускает грубые ошибки	знает границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики, но допускает незначительные ошибки	знает границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики
Второй этап (уровень)	Уметь применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач	не умеет применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач	умеет применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач, но допускает грубые ошибки	умеет применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач, но допускает незначительные ошибки	умеет применять методы термодинамики и статистической физики к решению прикладных задач

Третий этап (уровень)	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)
--------------------------	---	--	--	---	---

Показатели сформированности компетенции:

Критериями оценивания 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).

#### **4.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

Этапы освоения	Результаты обучения	Формируемая компетенция (с указанием кода)	Примечание
1-й этап Знания	1. Знать основные понятия классической и квантовой термодинамики и статистической физики	ОПК-1	Приём домашних работ.
		ОПК-2	Контрольная работа
	2. Знать границы применимости изученных законов и методов классической и квантовой термодинамики и статистической физики	ОПК-1	Приём домашних работ.
		ОПК-2	Контрольная работа
	3. Знать основные методы решения задач термодинамики и статистической физики	ОПК-1	Приём домашних работ.
		ОПК-2	Контрольная работа
2-й этап	1. Применять изученные понятия и законы	ОПК-1	Приём

Умения	классической и квантовой термодинамики и статистической физики к решению типовых задач по всем разделам курса, свободно используя при этом необходимый математический аппарат		домашних работ.
	2. Применять методы статистической физики к решению прикладных задач	ОПК-1	Приём домашних работ.
		ОПК-2	Контрольная работа
	3. Использовать правильную терминологию, определения, обозначения и единицы измерения термодинамических величин для описания характеристик материалов физических сред, материалов и областей их применения	ОПК-1	Приём домашних работ.
		ОПК-2	Контрольная работа
	3-й этап  Владеть навыками	1. Владеть методикой расчета реальных физических задач	ОПК-1
ОПК-2			Контрольная работа
2. Владеть навыками отбора и обработки информации из различных источников (учебники, справочники, в том числе электронные, интернет-ресурсы)		ОПК-2	Контрольная работа

## 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. Среднеквадратичные 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. Изотермо-изобарический 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 равнораспределения. 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.

### 8 семестр

#### Вопросы к экзамену по дисциплине «Термодинамика. Статистическая физика.» для четвертого курса ФТИ (2018-2019 уч.г.)

1. Необходимость статистического описания макросистем.
2. Фазовое пространство и функция распределения.

3. Эргодическая гипотеза.
4. Теорема Лиувилля.
5. Связь функции распределения с интегралами движения.
6. Микроканоническое распределение.
7. Статистический оператор, оператор проектирования.
8. Средние в квантовой статистике
9. Канонические скобки
10. Матрица плотности
11. Энтропия.
12. Закон возрастания энтропии.
13. Температура.
14. Положительность температуры.
15. Распределение Гиббса.
16. Распределение Максвелла.
17. Свободная энергия и статистическая сумма.
18. Свободная энергия больцмановского идеального газа.
19. Уравнение состояния больцмановского идеального газа.
20. Энтропия и теплоемкость больцмановского идеального газа.
21. Химический потенциал.
22. Распределение Гиббса с переменным числом частиц.
23. Термодинамический потенциал.
24. Распределение Больцмана (вывод через термодинамический потенциал).
25. Распределение Ферми-Дирака (вывод через термодинамический потенциал).
26. Распределение Бозе-Эйнштейна (вывод через термодинамический потенциал).
27. Распределение Больцмана (вывод путем максимизации энтропии).
28. Распределение Ферми-Дирака (вывод путем максимизации энтропии).
29. Распределение Бозе-Эйнштейна (вывод путем максимизации энтропии).
30. Термодинамический потенциал Ферми-газа элементарных частиц.
31. Термодинамический потенциал Бозе-газа элементарных частиц.
32. Уравнение состояния вырожденного электронного газа.
33. Свободная энергия неидеального газа (общий случай).
34. Свободная энергия неидеального газа (с учетом только парных столкновений).
35. Уравнение состояния неидеального газа.
36. Отклонение газа от идеального в зависимости от температуры.
37. Уравнение Ван-дер-Ваальса.
38. Флуктуации одной величины.
39. Средний квадрат флуктуации одной величины.
40. Флуктуации нескольких величин.
41. Термодинамически взаимные величины.
42. Произведения флуктуирующих и взаимных с ними величин.
43. Произведение двух флуктуирующих величин.
44. Произведение двух величин, взаимных с флуктуирующими.
45. Изменение энтропии замкнутой системы при флуктуациях.
46. Кинетическое уравнение Больцмана.
47. Квазисредние

**Тематика задач по курсу «Термодинамика. Статистическая физика»  
для письменного экзамена за 2018-2019 уч. год**

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, предлагаемые 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:

$$w = \frac{\sqrt{\beta}}{(2\pi)^{n/2}} \exp\left(-\frac{1}{2} \beta_{ij}x_ix_j\right)$$

Критерии оценки (в баллах) за одну домашнюю работу

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

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 по термодинамике и статистической физике

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  $m$ .

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

Образец экзаменационного билета:

Приведен в приложении 3.

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 незначительные 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.

### 4.3 Рейтинг-план дисциплины

Рейтинг-план дисциплины представлен в приложении 2.

## 5. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

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

**а) 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 26 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 48 экз.]
3. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.5: Статистическая физика.– 8.изд., стереотип. – 2001.– 524с. [В библ. БашГУ имеется 46 экз.]
4. Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика. Т.8: Электродинамика сплошных сред.– изд. третье,



стереотип. – 2001.– 656с. [В библи. БашГУ имеется 52 экз.]

#### **б) 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 библи. БашГУ имеется 42 экз.]
3. Боголюбов Н. Н. Избранные труды по статистической физике. М.: Изд-во МГУ, 1979. [В библи. БашГУ имеется 57 экз.]
4. Дж. Джексон. Классическая электродинамика.– М.: Мир, 1965 .– 704с. <https://e.lanbook.com/book/514>)
5. Е.С. Боровик, В.В. Еременко, А.С. Мильнер. Лекции по магнетизму. — М. : Физматлит, 2005 .— 512 с.

### **5.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» и программного обеспечения, необходимых для освоения дисциплины**

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**

Для проведения лекционных и практических занятий используется аудиторный фонд физико-технического института.

<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, 322	Практические занятия	Доска, мел, сборники задач, калькулятор

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
 ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
 «БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОДЕРЖАНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ**

дисциплины Термодинамика. Статистическая физика.

Физическая кинетика на 7-8 семестр

(наименование дисциплины)

очная

форма обучения

Вид работы	Объем дисциплины
Общая трудоемкость дисциплины (ЗЕТ / часов)	6/216
Учебных часов на контактную работу с преподавателем:	89,9
лекций	58
практических/ семинарских лабораторных	36
других (групповая, индивидуальная консультация и иные виды учебной деятельности, предусматривающие работу обучающихся с преподавателем) (ФКР)	1,9
Учебных часов на самостоятельную работу обучающихся (СР)	73,3
Учебных часов на подготовку к экзамену/зачету/дифференцированному зачету (Контроль)	52,8

## 7 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	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	9
	<b>Модуль 1: Классическая термодинамика</b>	18	9		28,3			
1.	Математические основы и введение в термодинамику.	6	3		10	[1]: л. 1, 2 [2]: л. 19	[3]: § 1.1, 1.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Основные законы и уравнения термодинамики.	6	3		10	[1]: л. 3, 4 [5]: § 36, 37, 40, 41	[3]: § 2.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Первое начало термодинамики	6	3		8,3	[2]: л. 20, 21 [6]: § 1, 2, 3, 6, 7	[3]: § 7.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Модуль 2: Второе начало термодинамики</b>	18	9		25			
4.	Общая характеристика и исходная формулировка	6	3		8	[2]: л. 23	[3]: § 8.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов	6	3		8	[1]: л. 5, 6 [2]: л. 26	[3]: § 2.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Второе начало термодинамики для неравновесных процессов	6	3		9	[1]: л. 25	[3]: § 8.2	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	36	18		53,3			

## 8 семестр

№ п/п	Тема и содержание	Форма изучения материалов: лекции, практические занятия, семинарские занятия, лабораторные работы, самостоятельная работа и трудоемкость (в часах)				Основная и дополнительная литература, рекомендуемая студентам (номера из списка)	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	9
	<b>Модуль 1: Статистические распределения</b>	11	6		10			
1.	Фазовые портреты, траектории. Уравнения Лиувилля	3	2		3	[2]: л. 27 [6]: § 58–60	[6]: § 61, 62	Приём домашних работ. Контрольная работа
2.	Распределения Гиббса	4	2		3	[1]: л. 7	[4]: § 4.5	Приём домашних работ. Контрольная работа
3.	Распределение Максвелла Больцмана	4	2		4	[1]: л. 10	[4]: § 4.1	Приём домашних работ. Тестирование
	<b>Модуль 2: Идеальный газ. Квантовая статистика</b>	11	6		10			
4.	Распределение Больцмана для идеального газа.	4	2		3	[1]: л. 11	[4]: § 4.2, 4.4	Приём домашних работ. Контрольная работа
5.	Распределения Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна	3	2		3	[4]: § 4.7	[3]: § 5.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
6.	Квантовая статистика. Статистический оператор	4	2		4	[2]: л. 30–33	[3]: § 10.1	Приём домашних работ. Контрольная работа
	<b>Всего часов:</b>	22	12		20			

## Рейтинг-план дисциплины

### Термодинамика. Статистическая физика.

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика»  
курс 4, семестр 7 2018/2019 уч. г.

Количество часов по учебному плану 108, в т.ч. аудиторная работа 36/18, самостоятельная работа 53,3.

Преподаватель: Шарафуллин И.Ф., к. ф.-м.н., доц.  
(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

Кафедра: теоретической физики

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 – 50 баллов</b>				
<b>Классическая термодинамика</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>30</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	5	0	25
2. Работа на практических занятиях	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Контрольная работа	20	1	0	20
<b>Модуль 2 – 50 баллов</b>				
<b>Второе начало термодинамики</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>30</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	5	0	25
2. Работа на практических занятиях	1	5	0	5
<b>Рубежный контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Контрольная работа	20	1	0	20
<b>Посещаемость</b>				
1. Посещение лекционных занятий			-6	0
2. Посещение практических занятий			-10	0
<b>Поощрительные баллы</b>			<b>0</b>	<b>10</b>
<b>ИТОГО</b>				<b>110</b>

Зачеты:

- зачтено – от 60 до 110 баллов (включая 10 поощрительных баллов);
- не зачтено – от 0 до 59 баллов.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики  
Протокол № 1 от «30» августа 2018 г.

Зав. кафедрой Вахитов Р.М. / Вахитов /

Преподаватель Шарафуллин И.Ф. /  /

## Рейтинг-план дисциплины

### Термодинамика. Статистическая физика.

(название дисциплины согласно рабочему учебному плану)

направление «Физика»

курс 4, семестр 8 2018/2019 уч. г.

Количество часов по учебному плану 108, в т.ч. аудиторная работа 22/12, самостоятельная работа 20.

Преподаватель: Шарафуллин И.Ф., к. ф.-м.н., доц.

(Ф.И.О., ученая степень, ученое звание)

Кафедра: теоретической физики

Виды учебной деятельности студентов	Балл за конкретное задание	Число заданий за семестр	Баллы	
			Минимальный	Максимальный
<b>Модуль 1 – 30 баллов</b>				
<b>Статистические распределения</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	3	0	15
2. Работа на практических 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>Идеальный газ. Квантовая статистика</b>				
<b>Текущий контроль</b>			<b>0</b>	<b>20</b>
1. Выполнение индивидуальных домашних заданий	5	3	0	15
2. Работа на практических 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>

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики

Протокол № 1 от «30» августа 2018 г.

Зав. кафедрой Вахитов Р.М. /  /

Преподаватель Шарафуллин И.Ф. /  /

## Форма экзаменационного билета

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ  
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«БАШКИРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ФИЗИКО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ  
КАФЕДРА ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1  
по дисциплине Термодинамика. Статистическая физика.  
Направление 03.03.03 – Радиофизика  
Профили подготовки  
Цифровые технологии обработки информации

1. Фазовое пространство и функция распределения.
2. Квазисредние

Утверждено на заседании кафедры \_\_\_\_\_, протокол № \_\_\_\_  
(дата)

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ *Вахитов* \_\_\_\_\_ Вахитов Р.М.  
(подпись) (Ф.И.О.)