

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Физико-технический факультет

ИТВЕРЖДАЮ:  
Проректор по учебной работе, качеству  
образования, первый проректор  
Хагуров Т.А.  
30» мая 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Б1.О.15.07 Термодинамика и статистическая физика**  
*(код и наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)*

Направление подготовки/специальность 03.03.02 Физика  
*(код и наименование направления подготовки/специальности)*

Направленность (профиль) / специализация Фундаментальная физика  
*(наименование направленности (профиля) / специализации)*

Форма обучения очная  
*(очная, очно-заочная, заочная)*

Квалификация бакалавр

Краснодар 2025

Рабочая программа дисциплины Б1.О.15.07 Термодинамика и статистическая физика

составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки / специальности 03.03.02 Физика профиль «Фундаментальная физика»

код и наименование направления подготовки

Программу составил(и):

В.В. Галуцкий, профессор, д.ф.-м.н., доцент



Рабочая программа дисциплины Б1.О.15.07

Термодинамика и статистическая физика

утверждена на заседании кафедры теоретической физики и компьютерных технологий

протокол №9 «8» апреля 2025 г.

Заведующий кафедрой, д.ф.-м.н., профессор Лебедев К.А.

  
ПОДПИСЬ

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии физико-технического факультета

протокол №11 «21» апреля 2025 г.

Председатель УМК факультета,

д.ф.-м.н., профессор Богатов Н.М.



Рецензенты:

В.А. Никитин, к.т.н., доцент кафедры оптоэлектроники

Л.Р. Григорян, генеральный директор ООО НПФ «Мезон» кандидат физико-математических наук

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель освоения дисциплины

предоставить студентам теоретическое обоснование и понимание актуальных проблем и тенденций развития избранной области физики и радиофизики путем изучения закономерностей теплового движения в физических системах.

### 1.2 Задачи дисциплины

– ознакомить студентов с термодинамическим подходом при изучении свойств физических систем;

– ознакомить студентов с молекулярно-кинетической теорией свойств физических систем и ее приложениями в задачах физики.

### 1.3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Б1.О.15.07 Термодинамика и статистическая физика» является завершающим курсом теоретической физики для студентов физико-технического факультета и относится к обязательной части Блока 1 "Дисциплины (модули)" учебного плана направления подготовки 03.03.02 Физика направленности "Фундаментальная физика".

Для успешного усвоения дисциплины «Б1.О.15.07 Термодинамика и статистическая физика» студенты должны обладать базовыми знаниями и умениями по предшествующим дисциплинам «Математический анализ», «Молекулярная физика», «Уравнения и методы математической физики», «Дифференциальные, интегральные уравнения и вариационное исчисление», «Теория вероятностей и математическая статистика».

«Б1.О.15.07 Термодинамика и статистическая физика» служит основой для понимания специальных дисциплин, изучаемых по направлению 03.03.02 Физика как в бакалавриате, так и далее в магистратуре и в аспирантуре. Студент, освоивший данный курс, подготовлен к деятельности, требующей углубленной фундаментальной и профессиональной подготовки, в том числе к научно – исследовательской, а при сочетании освоения дополнительной образовательной программы педагогического профиля – к педагогической деятельности.

Вид промежуточной аттестации: зачет, экзамен.

### 1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
<b>ОПК-1 Способен применять базовые знания в области физики и радиофизики и использовать их в профессиональной деятельности, в том числе в сфере педагогической деятельности</b>	
ИОПК-1.1. Понимает теоретические и методологические обоснования избранной области физики и радиофизики	Знает основные понятия, методы и уравнения макроскопической физики, и вытекающие из этих уравнений основные закономерности поведения систем, состоящих из большого числа объектов
	Умеет применять основные законы макроскопической физики при решении практических задач в своей будущей профессиональной деятельности
	Владеет методами применения математических моделей физических процессов и интерпретации полученных результатов при рассмотрении физических процессов и явлений в избранной области радиофизики
ИОПК-1.2. Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	Знает актуальные проблемы и тенденции развития термодинамических методов исследований в области профессиональной деятельности
	Умеет исследовать актуальные проблемы и тенденции развития термодинамических методов исследований в

Код и наименование индикатора*	Результаты обучения по дисциплине ( <i>знает, умеет, владеет (навыки и/или опыт деятельности)</i> )
	области профессиональной деятельности
	Владеет актуальной проблематикой в области профессиональной деятельности при развитии термодинамических методов исследований

*\*Вид индекса индикатора соответствует учебному плану.*

Результаты обучения по дисциплине достигаются в рамках осуществления всех видов контактной и самостоятельной работы обучающихся в соответствии с утвержденным учебным планом.

Индикаторы достижения компетенций считаются сформированными при достижении соответствующих им результатов обучения.

## 2. Структура и содержание дисциплины

### 2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 6 зачетные единицы (216 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Виды работ	Всего часов	Форма обучения			
		очная		очно-заочная	заочная
		7 семестр (часы)	8 семестр (часы)	X семестр (часы)	X курс (часы)
<b>Контактная работа, в том числе:</b>	<b>107,5</b>	<b>60,2</b>	<b>47,3</b>		
<b>Аудиторные занятия (всего):</b>					
занятия лекционного типа	48	26	22		
лабораторные занятия					
практические занятия	48	26	22		
семинарские занятия					
<b>Иная контактная работа:</b>					
Контроль самостоятельной работы (КСР)	11	8	3		
Промежуточная аттестация (ИКР)	0,5	0,2	0,3		
<b>Самостоятельная работа, в том числе:</b>	<b>81,8</b>	<b>47,8</b>	<b>34</b>		
Курсовая работа/проект (КР/КП) (подготовка)					
Контрольная работа					
Расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)					
Реферат/эссе (подготовка)					
Самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	81,8	47,8	34		
Подготовка к текущему контролю					
<b>Контроль:</b>	<b>26,7</b>		<b>26,7</b>		
Подготовка к экзамену	26,7		26,7		
<b>Общая трудоёмкость</b>	<b>час.</b>	<b>216</b>	<b>108</b>	<b>108</b>	
	<b>в том числе контактная работа</b>	<b>107,5</b>	<b>60,2</b>	<b>47,3</b>	
	<b>зач. ед</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	

## 2.2 Содержание дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.  
Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 7 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
1.	Распределения в классической и квантовой статистике	18	4	4		10
2.	Равновесная термодинамика	21	6	6		9
3.	Идеальный и неидеальный газ	21	6	6		9
4.	Системы с переменным числом частиц	17	4	4		9
5.	Статистики Бозе и Ферми.	12	4	4		4
6.	Основы теории неравновесных процессов	10,8	2	2		6,8
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>			26	26		47,8
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	8				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,2				
	Подготовка к текущему контролю					
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Разделы (темы) дисциплины, изучаемые в 8 семестре

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СРС
			Л	ПЗ	ЛР	
7.	Системы с переменным числом частиц	16	4	6		6
8.	Статистики Бозе и Ферми	18	4	6		8
9.	Флуктуации и броуновское движение	22	6	6		10
10.	Основы теории неравновесных процессов	22	8	4		10
<i>ИТОГО по разделам дисциплины</i>			22	22		34
	Контроль самостоятельной работы (КСР)	3				
	Промежуточная аттестация (ИКР)	0,3				
	Подготовка к текущему контролю	26,7				
	Общая трудоемкость по дисциплине	108				

Примечание: Л – лекции, ПЗ – практические занятия / семинары, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента

**Курсовой проект:** не предусмотрен

**Форма проведения аттестации по дисциплине:** зачет, экзамен

## 2.3 Содержание разделов (тем) дисциплины

### 2.3.1 Занятия лекционного типа

№	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы)	Форма текущего контроля
1.	Распределения в классической и квантовой статистике	Фазовое пространство. Статистическая независимость и квадратичная флуктуация. Термодинамическое (статистическое) равновесие системы. Внешние и внутренние параметры. Каноническое распределение. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального одноатомного газа. Уравнение состояния идеального газа и уравнение Ван-дер-Ваальса. Статистическое распределение для квантовых систем	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>

2.	Равновесная термодинамика	Обратимые и необратимые изменения системы. Первое и второе начало термодинамики. Энтропия и вероятность. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
3.	Идеальный и неидеальный газ	Многоатомный идеальный газ. Классическая и квантовая теория теплоемкости идеальных газов. Термодинамические свойства идеального многоатомного газа. Уравнение состояния твердого тела. Взаимодействие между молекулами в системе.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
4.	Системы с переменным числом частиц	Большое каноническое распределение. Фазовые равновесия. Роль поверхностных эффектов в образовании новой фазы. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода. Статистическая теория ферромагнетизма. Слабые растворы. Третье начало термодинамики (принцип Нернста).	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
5.	Статистики Бозе и Ферми	Затруднения классической статистики и принцип неразличимости тождественных частиц. Распределение Бозе и Ферми. Термодинамические свойства бозе- и ферми-газов. Фотоны и фононы.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
6.	Флуктуации и броуновское движение	Флуктуации и обусловленный ими предел чувствительности измерительных приборов. Теория флуктуаций основных термодинамических величин. Приближение системы к состоянию термодинамического равновесия. Кинетическое уравнение Больцмана. Некоторые применения кинетического уравнения к газам.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>
7.	Основы теории неравновесных процессов	Уравнения Власова для бесстолкновительной плазмы. Теория броуновского движения. Корреляционная функция и спектральное разложение для стохастических величин. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Применение принципа Онсагера к термоэлектрическим явлениям. Приближение системы к термодинамическому равновесию. Основное кинетическое уравнение (уравнение баланса). H - теорема Больцмана. Случайные марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера - Планка.	<i>Ответы на контрольные вопросы и задания</i>

### 2.3.2 Занятия семинарского типа (практические работы)

№	Наименование раздела (темы)	Тематика занятий/работ	Форма текущего контроля
1.	Распределения в классической и квантовой статистике	Фазовое пространство. Статистическая независимость и квадратичная флуктуация. Термодинамическое (статистическое) равновесие системы. Каноническое распределение. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального одноатомного газа. Уравнение состояния идеального газа и уравнение Ван-дер-Ваальса.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
2.	Равновесная термодинамика	Обратимые и необратимые изменения системы. Первое и второе начало термодинамики. Энтропия и вероятность. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
3.	Идеальный и неидеальный газ	Многоатомный идеальный газ. Классическая и квантовая теория теплоемкости идеальных газов.	<i>Проверочная контрольная работа</i>

		Термодинамические свойства идеального многоатомного газа. Уравнение состояния твердого тела. Взаимодействие между молекулами в системе.	<i>работа, проверка домашнего задания</i>
4.	Системы с переменным числом частиц	Большое каноническое распределение. Фазовые равновесия. Роль поверхностных эффектов в образовании новой фазы. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода. Статистическая теория ферромагнетизма. Слабые растворы. Третье начало термодинамики (принцип Нернста).	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
5.	Статистики Бозе и Ферми	Распределение Бозе и Ферми. Термодинамические свойства бозе- и ферми- газов. Фотоны и фононы.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
6.	Флуктуации и броуновское движение	Флуктуации и обусловленный ими предел чувствительности измерительных приборов. Теория флуктуаций основных термодинамических величин. Приближение системы к состоянию термодинамического равновесия. Кинетическое уравнение Больцмана. Некоторые применения кинетического уравнения к газам	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>
7.	Основы теории неравновесных процессов	Уравнения Власова для бесстолкновительной плазмы. Теория броуновского движения. Корреляционная функция и спектральное разложение для стохастических величин. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Применение принципа Онсагера к термоэлектрическим явлениям. Приближение системы к термодинамическому равновесию. Основное кинетическое уравнение (уравнение баланса). H - теорема Больцмана. Случайные марковские процессы. Уравнение Смолуховского. Уравнение Фоккера - Планка.	<i>Проверочная контрольная работа, проверка домашнего задания</i>

Защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), курсовой работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), тестирование (Т) и т.д.

При изучении дисциплины могут применяться электронное обучение, дистанционные образовательные технологии в соответствии с ФГОС ВО.

### 2.3.3 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

*не предусмотрено*

### 2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

№	Вид СРС	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	Самостоятельное	Методические указания по организации аудиторной и

	изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)	самостоятельной работ, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г
2	Подготовка к текущему контролю	Методические рекомендации для подготовки к практическим, семинарским и лабораторным занятиям, утвержденные кафедрой теоретической физики и компьютерных технологий, протокол № 9 от «14» марта 2017г

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла,
- в печатной форме на языке Брайля.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,
- в форме аудиофайла.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

### **3. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины (модуля)**

В ходе изучения дисциплины предусмотрено использование следующих образовательных технологий: лекции, практические занятия, проблемное обучение, модульная технология, подготовка письменных аналитических работ, самостоятельная работа студентов.

Компетентностный подход в рамках преподавания дисциплины реализуется в использовании интерактивных технологий и активных методов (проектных методик, мозгового штурма, разбора конкретных ситуаций, анализа педагогических задач, педагогического эксперимента, иных форм) в сочетании с внеаудиторной работой.

Информационные технологии, применяемые при изучении дисциплины: использование информационных ресурсов, доступных в информационно-телекоммуникационной сети Интернет.

Адаптивные образовательные технологии, применяемые при изучении дисциплины – для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием электронной почты.

#### 4.Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

Оценочные средства предназначены для контроля и оценки образовательных достижений обучающихся, освоивших программу учебной дисциплины «Б1.В.02 Распространение электромагнитных волн (Физика волновых процессов)».

Оценочные средства включает контрольные материалы для проведения **текущего контроля** в форме отчетов по лабораторным работам и **промежуточной аттестации** в форме вопросов к экзамену.

##### Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Код и наименование индикатора (в соответствии с п. 1.4)	Результаты обучения (в соответствии с п. 1.4)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	ИОПК-1.1. Понимает теоретические и методологические обоснования избранной области физики и радиофизики	Знает основные понятия, методы и уравнения макроскопической физики, и вытекающие из этих уравнений основные закономерности поведения систем, состоящих из большого числа объектов Умеет применять основные законы макроскопической физики при решении практических задач в своей будущей профессиональной деятельности Владеет методами применения математических моделей физических процессов и интерпретации полученных результатов при рассмотрении физических процессов и явлений в избранной области радиофизики	Решение задач на семинаре по теме, разделу Опрос	Вопрос на зачете 1-21
2	ИОПК-1.2. Понимает актуальные проблемы и тенденции развития соответствующей научной области и области профессиональной деятельности	Знает актуальные проблемы и тенденции развития термодинамических методов исследований в области профессиональной деятельности Умеет исследовать актуальные проблемы и тенденции развития термодинамических методов исследований в области профессиональной деятельности Владеет актуальной	Решение задач на семинаре по теме, разделу Опрос	Вопрос на зачете 22-43

		проблематикой в области профессиональной деятельности при развитии термодинамических методов исследований		
--	--	---	--	--

**Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

### **Примерный перечень вопросов и заданий**

1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля. Понятие вероятности. Статистическая независимость и квадратичная флуктуация.
2. Термодинамическое (статистическое) равновесие системы. Внешние и внутренние параметры. Каноническое распределение.
3. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального одноатомного газа. Примеры применения распределения Больцмана. Уравнение состояния идеального газа и уравнение Ван-дар-Ваальса. Статистическое распределение для квантовых систем.
4. Обратимые и необратимые изменения системы. Работа, совершаемая над системой.
5. Первое и второе начало термодинамики. Энтропия и вероятность.
6. Характеристические функции. Основные термодинамические соотношения.
7. Процесс Джоуля-Томсона и сжижение газов. Магнитный и лазерный метод охлаждения.
8. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса и его следствия.
9. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы.
10. Многоатомный идеальный газ. Смесь идеальных газов.
11. Классическая теория теплоемкости идеальных газов. Квантовая теория теплоемкости идеальных газов. Термодинамические свойства идеального многоатомного газа.
12. Теория теплоемкости твердого тела Дебая. Уравнение состояния твердого тела.
13. Уравнение состояния слабо неидеального газа. Полностью ионизированный газ (плазма).
14. Большое каноническое распределение. Фазовые равновесия.
15. Роль поверхностных эффектов в образовании новой фазы.
16. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода.
17. Статистическая теория ферромагнетизма. Теория переходов порядок-беспорядок в бинарных сплавах.
18. Слабые растворы. Закон действующих масс. Третье начало термодинамики (принцип Нернста).
19. Затруднения классической статистики и принцип неразличимости тождественных частиц. Распределение Бозе. Распределение Ферми.
20. Термодинамические свойства бозе-газа. Термодинамические свойства ферми-газа. Фотоны и фононы.
21. Флуктуации и обусловленный ими предел чувствительности измерительных приборов.
22. Теория флуктуаций основных термодинамических величин.
23. Броуновское движение. Связь между коэффициентами диффузии и подвижностью. Броуновское движение линейного гармонического осциллятора (вibrатора).

24. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Применение принципа Онсагера к термоэлектрическим явлениям.
25. Приближение системы к состоянию термодинамического равновесия.
26. Кинетическое уравнение Больцмана. H-теорема и распределение Максвелла - Больцмана.
27. Некоторые применения кинетического уравнения к газам.

#### Практические задания

1. Найти фазовую траекторию вертикально падающей частицы и проверить теорему Лиувилля для ансамбля таких частиц.
2. Пользуясь каноническим распределением Гиббса, показать, что дифференциальное выражение для элемента количества теплоты имеет интегрирующий делитель, и найти этот делитель.
3. Исходя из теоремы о вириале вывести уравнение состояния идеального газа.
4. Написать распределение Максвелла в декартовых, цилиндрических и сферических координатах скоростей.
5. Вывести формулы для спектральной и полной плотности энергии равновесного излучения в двумерном случае.
6. Найти выражение для энтропии бозе- и ферми-газа через средние числа заполнения.
7. Определить флуктуации энергии системы в ансамбле Гибса
8. Вычислить дисперсию объема и давления, а также их корреляцию.
9. Определить среднеквадратичную величину заряда на обкладках конденсатора емкости 1 мкФ.
10. Найти уравнение адиабаты идеального парамагнетика.
11. Вычислить разность  $C_p - C_v$  для газа Ван-дер-Ваальса.
12. Моль идеального газа, занимая объем  $V_1$ , адиабатно расширяется в вакууме до объема  $V_2$ . Вычислить изменение энтропии.
13. Методом циклов найти зависимость ЭДС гальванического элемента от температуры.
14. Показать, что формула для спектральной плотности энтропии равновесного излучения имеет следующую структуру  $S_\nu(\nu, T) = \nu^2 \varphi(\nu/T)$ , где  $\varphi(\nu/T)$  – некоторая функция.

#### Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации (зачет)

1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.
2. Понятие вероятности. Статистическая независимость и квадратичная флуктуация.
3. Термодинамическое (статистическое) равновесие системы. Внешние и внутренние параметры.
4. Каноническое распределение.
5. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального одноатомного газа.
6. Примеры применения распределения Больцмана.
7. Уравнение состояния идеального газа и уравнение Ван-дер-Ваальса.
8. Статистическое распределение для квантовых систем.
9. Обратимые и необратимые изменения системы. Работа, совершаемая над системой.
10. Первое и второе начало термодинамики. Энтропия и вероятность.
11. Характеристические функции. Основные термодинамические соотношения.

12. Процесс Джоуля-Томсона и сжижение газов. Магнитный и лазерный метод охлаждения.
13. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса и его следствия.
14. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы.
15. Многоатомный идеальный газ. Смесь идеальных газов.
16. Классическая теория теплоемкости идеальных газов. Квантовая теория теплоемкости идеальных газов.
17. Термодинамические свойства идеального многоатомного газа.
18. Теория теплоемкости твердого тела Дебая. Уравнение состояния твердого тела.
19. Уравнение состояния слабо неидеального газа. Полностью ионизированный газ (плазма).
20. Большое каноническое распределение.
21. Фазовые равновесия.
22. Роль поверхностных эффектов в образовании новой фазы.
23. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода.
24. Статистическая теория ферромагнетизма.
25. Теория переходов порядок-беспорядок в бинарных сплавах.
26. Слабые растворы.
27. Закон действующих масс.
28. Третье начало термодинамики (принцип Нернста).
29. Затруднения классической статистики и принцип неразличимости тождественных частиц.
30. Распределение Бозе.
31. Распределение Ферми.
32. Термодинамические свойства бозе-газа.
33. Термодинамические свойства ферми-газа.

**Зачетно-экзаменационные материалы для промежуточной аттестации  
(экзамен)**

1. Фазовое пространство. Теорема Лиувилля.
2. Понятие вероятности. Статистическая независимость и квадратичная флуктуация.
3. Термодинамическое (статистическое) равновесие системы. Внешние и внутренние параметры.
4. Каноническое распределение.
5. Распределение Максвелла-Больцмана для идеального одноатомного газа.
6. Примеры применения распределения Больцмана.
7. Уравнение состояния идеального газа и уравнение Ван-дар-Ваальса.
8. Статистическое распределение для квантовых систем.
9. Обратимые и необратимые изменения системы. Работа, совершаемая над системой.
10. Первое и второе начало термодинамики. Энтропия и вероятность.
11. Характеристические функции. Основные термодинамические соотношения.
12. Процесс Джоуля-Томсона и сжижение газов. Магнитный и лазерный метод охлаждения.
13. Цикл Карно. Неравенство Клаузиуса и его следствия.
14. Общие условия термодинамического равновесия и устойчивости однородной системы.
15. Многоатомный идеальный газ. Смесь идеальных газов.

16. Классическая теория теплоемкости идеальных газов. Квантовая теория теплоемкости идеальных газов.
17. Термодинамические свойства идеального многоатомного газа.
18. Теория теплоемкости твердого тела Дебая. Уравнение состояния твердого тела.
19. Уравнение состояния слабо неидеального газа. Полностью ионизированный газ (плазма).
20. Большое каноническое распределение.
21. Фазовые равновесия.
22. Роль поверхностных эффектов в образовании новой фазы.
23. Термодинамическая теория фазовых переходов второго рода.
24. Статистическая теория ферромагнетизма.
25. Теория переходов порядок-беспорядок в бинарных сплавах.
26. Слабые растворы.
27. Закон действующих масс.
28. Третье начало термодинамики (принцип Нернста).
29. Затруднения классической статистики и принцип неразличимости тождественных частиц.
30. Распределение Бозе.
31. Распределение Ферми.
32. Термодинамические свойства бозе-газа.
33. Термодинамические свойства ферми-газа.
34. Фотоны и фононы.
35. Флуктуации и обусловленный ими предел чувствительности измерительных приборов.
36. Теория флуктуаций основных термодинамических величин.
37. Приближение системы к состоянию термодинамического равновесия.
38. Кинетическое уравнение Больцмана. Некоторые применения кинетического уравнения к газам.
39. Броуновское движение. Связь между коэффициентами диффузии и подвижностью.
40. Броуновское движение линейного гармонического осциллятора (вибратора).
41. Принцип симметрии кинетических коэффициентов Онсагера. Применение принципа Онсагера к термоэлектрическим явлениям.
42. Приближение системы к состоянию термодинамического равновесия.
43. Кинетическое уравнение Больцмана.
44. H-теорема и распределение Максвелла -Больцмана.
45. Некоторые применения кинетического уравнения к газам.
46. Случайные марковские процессы. Уравнение Смолуховского.
47. Уравнение Фоккера - Планка.

### **Критерии оценивания результатов обучения**

Критерии оценивания по зачету:

«зачтено»: студент владеет теоретическими знаниями по данному разделу, знает временные и пространственные свойства взаимной когерентности в процессе распространения сигнала, феноменологическая модель лазера, практическое использование и теоретическое описание спектроскопия когерентного рассеяния света, операторные уравнения электромагнитного поля, допускает незначительные ошибки; студент умеет правильно объяснять конструкционные параметры и физические

принципы работы устройств, учитывающих временные и пространственные свойства когерентности в процессе распространения сигнала, иллюстрируя его примерами.

«не зачтено»: материал не усвоен или усвоен частично, студент затрудняется привести примеры по временным и пространственным свойствам когерентности в процессе распространения сигнала, довольно ограниченный объем знаний программного материала.

#### Критерии оценивания по экзамену:

<i>Оценка</i>	<i>Критерии оценивания по экзамену</i>
<i>Высокий уровень «5» (отлично)</i>	<i>оценку «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший все задания, предусмотренные учебным планом на высоком качественном уровне; практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы.</i>
<i>Средний уровень «4» (хорошо)</i>	<i>оценку «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены максимальным числом баллов, в основном сформировал практические навыки.</i>
<i>Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)</i>	<i>оценку «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, многие учебные задания либо не выполнил, либо они оценены числом баллов близким к минимальному, некоторые практические навыки не сформированы.</i>
<i>Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)</i>	<i>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не выполнил, практические навыки не сформированы.</i>

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
  - в форме электронного документа.
- Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
- в печатной форме,
  - в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

## 5. Перечень учебной литературы, информационных ресурсов и технологий

### 5.1. Учебная литература

1. Базаров, Иван Павлович. Термодинамика : учебник для студентов ун-тов / И. П. Базаров. - 4-е изд., перераб. и доп. - Москва : Высшая школа, 1991. - 376 с. : ил. - ISBN 5-06-000626-3.
2. Терлецкий, Яков Петрович. Статистическая физика : учебное пособие для вузов / Я. П. Терлецкий. - 3-е изд., испр. и доп. - М. : Высшая школа, 1994. - 350 с. : ил. - ISBN 5060023192.
3. Термодинамика : основной курс : учебное пособие для студентов вузов : [в 2 ч.]. Ч. 1 / [В. П. Бурдаков и др.]. - М. : Дрофа, 2009. - 479 с. - (Высшее образование) (Современный учебник). - ISBN 9785358060319. - ISBN 9785358061279. - Текст : непосредственный.
4. Швецова, Наталья Анатольевна (КубГУ). Термодинамика и статистическая физика : методические указания / Н. А. Швецова ; КубГУ. - Краснодар : [б. и.], 2003. - 85 с. - Библиогр.: с. 7-8. - 34.40. - Текст : непосредственный
5. Термодинамика и статистическая физика : задачи и решения : учебное пособие / А. И. Ахмедов, Э. А. Кураев, В. И. Чижиков, Ю. М. Быстрицкий ; М-во образования и науки Рос. Федерации ; Кубанский гос. ун-т. - Краснодар : Кубанский государственный университет, 2011 ; Дубна : ОИЯИ ЛТФ, 2011. - 90 с.
6. Белов, Г. В. Термодинамика : учебник и практикум для вузов: в 2 ч. Ч. 1 / Г. В. Белов. - 3-е изд., испр. и доп. - Москва : Юрайт, 2022. - 264 с. - URL: <https://urait.ru/bcode/490729> (дата обращения: 20.04.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-534-05093-6. - Текст : электронный. <https://urait.ru/bcode/490729>
7. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учебное пособие: в 5 т. Т. 2. Термодинамика и молекулярная физика / Д. В. Сивухин. - 6-е изд., стер. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021. - 544 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/185719> (дата обращения: 19.02.2022). - Режим доступа: для авториз. пользователей. - ISBN 978-5-9221-1514-8. - Текст : электронный. <https://e.lanbook.com/book/185719>

### 5.2. Периодическая литература

Указываются печатные периодические издания из «Перечня печатных периодических изданий, хранящихся в фонде Научной библиотеки КубГУ» <https://www.kubsu.ru/ru/node/15554>, и/или электронные периодические издания, с указанием адреса сайта электронной версии журнала, из баз данных, доступ к которым имеет КубГУ:

1. Базы данных компании «Ист Вью» <http://dlib.eastview.com>
2. Электронная библиотека GREBENNIKON.RU <https://grebennikon.ru/>
3. ScienceDirect – ведущая информационная платформа Elsevier <https://www.elsevier.com/>
4. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
5. Известия высших учебных заведений. Радиофизика.

6. Информатизация и связь
7. Успехи физических наук
8. Журнал экспериментальной и теоретической физики
9. Письма в "Журнал экспериментальной и теоретической физики"
10. Радиотехника и электроника

### **5.3. Интернет-ресурсы, в том числе современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

#### **Электронно-библиотечные системы (ЭБС):**

1. ЭБС «ЮРАЙТ» <https://urait.ru/>
2. ЭБС «УНИВЕРСИТЕТСКАЯ БИБЛИОТЕКА ОНЛАЙН» [www.biblioclub.ru](http://www.biblioclub.ru)
3. ЭБС «BOOK.ru» <https://www.book.ru>
4. ЭБС «ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com)
5. ЭБС «ЛАНЬ» <https://e.lanbook.com>

#### **Профессиональные базы данных:**

1. Web of Science (WoS) <http://webofscience.com/>
2. Scopus <http://www.scopus.com/>
3. ScienceDirect [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com)
4. Журналы издательства Wiley <https://onlinelibrary.wiley.com/>
5. Научная электронная библиотека (НЭБ) <http://www.elibrary.ru/>
6. Полнотекстовые архивы ведущих западных научных журналов на Российской платформе научных журналов НЭИКОН <http://archive.neicon.ru>
7. Национальная электронная библиотека (доступ к Электронной библиотеке диссертаций Российской государственной библиотеки (РГБ) <https://rusneb.ru/>
8. Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина <https://www.prlib.ru/>
9. Электронная коллекция Оксфордского Российского Фонда <https://ebookcentral.proquest.com/lib/kubanstate/home.action>
10. Springer Journals <https://link.springer.com/>
11. Nature Journals <https://www.nature.com/siteindex/index.html>
12. Springer Nature Protocols and Methods <https://experiments.springernature.com/sources/springer-protocols>
13. Springer Materials <http://materials.springer.com/>
14. zbMath <https://zbmath.org/>
15. Nano Database <https://nano.nature.com/>
16. Springer eBooks: <https://link.springer.com/>
17. "Лекториум ТВ" <http://www.lektorium.tv/>
18. Университетская информационная система РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru>

#### **Информационные справочные системы:**

1. Консультант Плюс - справочная правовая система (доступ по локальной сети с компьютеров библиотеки)

#### **Ресурсы свободного доступа:**

1. Американская патентная база данных <http://www.uspto.gov/patft/>
2. Полные тексты канадских диссертаций <http://www.nlc-bnc.ca/thesescanada/>
3. КиберЛенинка (<http://cyberleninka.ru/>);
4. Министерство науки и высшего образования Российской Федерации <https://www.minobrnauki.gov.ru/>;
5. Федеральный портал "Российское образование" <http://www.edu.ru/>;

6. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>;
7. Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов <http://school-collection.edu.ru/> .
8. Федеральный центр информационно-образовательных ресурсов (<http://fcior.edu.ru/>);
9. Проект Государственного института русского языка имени А.С. Пушкина "Образование на русском" <https://pushkininstitute.ru/>;
10. Справочно-информационный портал "Русский язык" <http://gramota.ru/>;
11. Служба тематических толковых словарей <http://www.glossary.ru/>;
12. Словари и энциклопедии <http://dic.academic.ru/>;
13. Образовательный портал "Учеба" <http://www.ucheba.com/>;
14. Законопроект "Об образовании в Российской Федерации". Вопросы и ответы [http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy\\_i\\_otvety](http://xn--273--84d1f.xn--p1ai/voprosy_i_otvety)

### **Собственные электронные образовательные и информационные ресурсы**

#### **КубГУ:**

1. Среда модульного динамического обучения <http://moodle.kubsu.ru>
2. База учебных планов, учебно-методических комплексов, публикаций и конференций <http://mschool.kubsu.ru/>
3. Библиотека информационных ресурсов кафедры информационных образовательных технологий <http://mschool.kubsu.ru;>
4. Электронный архив документов КубГУ <http://docspace.kubsu.ru/>
5. Электронные образовательные ресурсы кафедры информационных систем и технологий в образовании КубГУ и научно-методического журнала "ШКОЛЬНЫЕ ГОДЫ" <http://icdau.kubsu.ru/>

#### **6. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Лекция является одной из форм изучения теоретического материала по дисциплине. В ходе лекционного курса проводится изложение современных научных подходов и теорий. В тетради для конспектирования лекций необходимо иметь поля, где по ходу конспектирования делаются необходимые пометки. Записи должны быть избирательными. В конспекте применяют сокращение слов, что ускоряет запись.

Вопросы, возникающие в ходе лекции, если не заданы сразу, рекомендуется записывать на полях и после окончания лекции обратиться за разъяснением к преподавателю. Необходимо активно работать с конспектом лекции: после окончания лекции рекомендуется перечитать свои записи, внести поправки и дополнения.

Одним из основных видов деятельности студента является самостоятельная работа, которая включает в себя изучение лекционного материала, учебников и учебных пособий, подготовки к выполнению лабораторных работ и оформлению технических отчетов по ним, а так же подготовки к практическим занятиям изучением краткой теории в задачниках и решении домашних заданий. Методика самостоятельной работы предварительно разъясняется преподавателем и в последующем может уточняться с учетом индивидуальных особенностей студентов. Время и место самостоятельной работы выбираются студентами по своему усмотрению планирование времени на самостоятельную работу, необходимого на изучение настоящей дисциплины, студентам лучше всего осуществлять равномерно на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Самостоятельную работу над дисциплиной следует начинать с изучения программы, которая содержит основные требования к знаниям, умениям и навыкам обучаемых. Обязательно следует вспомнить рекомендации преподавателя, данные в ходе

установочных занятий. Затем следует приступать к изучению отдельных разделов и тем в порядке, предусмотренном программой. Получив представление об основном содержании раздела, темы, необходимо изучить материал по теме, изложенный в учебнике. Целесообразно составить краткий конспект или схему, отображающую смысл и связи основных понятий данного раздела и включенных в него тем (или более продуктивно – дополнить конспект лекции).

Обязательно следует записывать возникшие вопросы, на которые не удалось ответить самостоятельно. Необходимо изучить список рекомендованной литературы и убедиться в её наличии в личном пользовании или в подразделениях библиотеки в бумажном или электронном виде. Всю основную учебную литературу желательно изучать с составлением конспекта. Чтение литературы, не сопровождаемое конспектированием, мало результативно. Цель написания конспекта по дисциплине – сформировать навыки по поиску, отбору, анализу и формулированию учебного материала. Эти навыки обязательны для любого специалиста с высшим образованием независимо от выбранного направления.

Написание конспекта должно быть творческим – нужно не переписывать текст из источников, но пытаться кратко излагать своими словами содержание ответа, при этом максимально его структурируя и используя символы и условные обозначения (в этом Вам помогут вопросы выносимые на зачетное тестирование и экзамен). Копирование и заучивание неосмысленного текста трудоемко и по большому счету не имеет познавательной и практической ценности. При работе над конспектом обязательно выявляются и отмечаются трудные для самостоятельного изучения вопросы, с которыми уместно обратиться к преподавателю при посещении занятий и консультаций, либо в индивидуальном порядке.

При чтении учебной и научной литературы необходимо всегда следить за точным и полным пониманием значения терминов и содержания понятий, используемых в тексте. Всегда следует уточнять значения по словарям или энциклопедиям, при необходимости записывать.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

## **7. Материально-техническое обеспечение по дисциплине (модулю)**

По всем видам учебной деятельности в рамках дисциплины используются аудитории, кабинеты и лаборатории, оснащенные необходимым специализированным и лабораторным оборудованием.

При заполнении таблицы учитывать все виды занятий, предусмотренные учебным планом по данной дисциплине: лекции, занятия семинарского типа (практические занятия, лабораторные работы), а также курсовое проектирование, консультации, текущий контроль и промежуточную аттестацию.

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений	Перечень лицензионного программного обеспечения
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа 300С, 201С, 227С, 114С, 209 С, 315 С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов,

		Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Учебные аудитории для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации 227С, 114С, 209 С, 315 С, 133, 205С, 217С С	Мебель: учебная мебель Технические средства обучения: экран, проектор, компьютер Оборудование:	Операционная система MS Windows. Офисный пакет приложений MicrosoftOffice. Система MATLAB

Для самостоятельной работы обучающихся предусмотрены помещения, укомплектованные специализированной мебелью, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.

Наименование помещений для самостоятельной работы обучающихся	Оснащенность помещений для самостоятельной работы обучающихся	Перечень лицензионного программного обеспечения
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (читальный зал Научной библиотеки)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.
Помещение для самостоятельной работы обучающихся (ауд.207С)	Мебель: учебная мебель Комплект специализированной мебели: компьютерные столы Оборудование: компьютерная техника с подключением к информационно-коммуникационной сети «Интернет» и доступом в электронную информационно-образовательную среду образовательной организации, веб-камеры, коммуникационное оборудование, обеспечивающее доступ к сети интернет (проводное соединение и беспроводное соединение по технологии Wi-Fi)	Программное обеспечение в рамках программы компании Microsoft “Enrollment for Education Solutions” для компьютеров и серверов Кубанского государственного университета и его филиалов, Антивирусная защита физических рабочих станций и серверов: Kaspersky Endpoint Security для бизнеса – Стандартный Russian Edition.