

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тамбовский государственный университет имени Г.Р. Державина»  
Институт математики, физики и информационных технологий  
Кафедра теоретической и экспериментальной физики

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института



Н. Л. Королева  
«21» июня 2023 г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

по дисциплине Б1.В.ОД.6 Статистическая физика

Направление подготовки/специальность: 03.03.02 - Физика

Профиль/направленность/специализация: Фундаментальная физика

Уровень высшего образования: бакалавриат

Квалификация: Бакалавр

год набора: 2020

Тамбов, 2023

**Автор программы:**

Кандидат технических наук, Денисов Андрей Александрович

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 - Физика (уровень бакалавриата) (приказ Министерства образования и науки РФ от «07» августа 2014 г. № 937).

Рабочая программа принята на заседании Кафедры теоретической и экспериментальной физики «16» июня 2023 г. Протокол № 8

Рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета Института математики, физики и информационных технологий, Протокол от «21» июня 2023 г. № 3.

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Цели и задачи дисциплины.....	4
2. Место дисциплины в структуре ОП Бакалавриата.....	5
3. Объем и содержание дисциплины.....	5
4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства.....	8
5. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	15
6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.....	17
7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы.....	17

## 1. Цели и задачи дисциплины

### 1.1 Цель дисциплины – формирование компетенций:

ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

### 1.2 Виды и задачи профессиональной деятельности по дисциплине:

- научно-исследовательская
  - освоение методов научных исследований
  - освоение теорий и моделей
  - участие в проведении физических исследований по заданной тематике
  - участие в обработке полученных результатов научных исследований на современном уровне
  - работа с научной литературой с использованием новых информационных технологий
- педагогическая и просветительская
  - подготовка и проведение учебных занятий в общеобразовательных организациях
  - экскурсионная, просветительская и кружковая работа

### 1.3 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие компетенции:

Обобщенные трудовые функции / трудовые функции / трудовые или профессиональные действия (при наличии профстандарта)	Код и наименование компетенции ФГОС ВО, необходимой для формирования трудового или профессионального действия	Знания и умения, необходимые для формирования трудового действия / компетенции
	ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)	<p>Знает и понимает:</p> <p>знать: теоретические и методологические основы смежных с физикой естественнонаучных дисциплин и способы их использования при решении конкретных физических задач.</p> <p>Умеет (способен продемонстрировать):</p> <p>уметь: применять полученные теоретические знания для самостоятельного освоения специальных разделов естественнонаучных дисциплин, необходимых в профессиональной деятельности; определять необходимость привлечения дополнительных знаний из специальных разделов естественнонаучных дисциплин для решения профессиональных задач; применять знания естественнонаучных дисциплин для анализа и обработки результатов физических экспериментов.</p> <p>Владет:</p> <p>владеть: навыками использования теоретических основ базовых разделов естественнонаучных дисциплин при решении конкретных физических и смежных задач.</p>

### 1.4 Согласование междисциплинарных связей дисциплин, обеспечивающих освоение компетенций:

ОПК-1 Способность использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)

№ п/п	Наименование дисциплин, определяющих междисциплинарные связи	Форма обучения				
		Очная (семестр)				
		4	5	6	7	8
1	Мультидисциплинарные аспекты физики		+	+	+	+
2	Термодинамика	+				
3	Экология					+

## 2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата:

Дисциплина «Статистическая физика» относится к вариативной части учебного плана ОП по направлению подготовки 03.03.02 - Физика.

Дисциплина «Статистическая физика» изучается в 7 семестре.

## 3. Объем и содержание дисциплины

3.1. Объем дисциплины: 7 з.е.

Очная: 7 з.е.

Вид учебной работы	Очная (всего часов)
<b>Общая трудоёмкость дисциплины</b>	<b>252</b>
Контактная работа	96
Лекции (Лекции)	32
Практические (Практ. раб.)	64
Самостоятельная работа (СР)	120
Экзамен	36

## 3.2. Содержание курса:

№ темы	Название раздела/темы	Вид учебной работы, час.			Формы текущего контроля
		Лек ции	Пра кт. раб.	СР	
		О	О	О	
7 семестр					
1	Основные принципы статистики	4	8	14	Собеседование
2	Распределение Гиббса	4	8	14	Собеседование
3	Статистическая термодинамика	4	8	16	Собеседование
4	Идеальный газ	6	10	18	Собеседование; Контрольная работа

5	Реальные газы.	2	10	18	Собеседование
6	Распределение Ферми и Бозе	6	12	20	Собеседование
7	Флуктуации	6	8	20	Собеседование; Контрольная работа

### Тема 1. Основные принципы статистики (ОПК-1)

#### Лекция.

Лекция №1. Задачи статистической физики. Понятие фазового пространства. Статистический ансамбль. Функция распределения. Теорема Лиувилля.

#### Практическое занятие.

Опрос с обсуждением изучаемого материала. Решение практических задач.

#### Задания для самостоятельной работы.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы.

### Тема 2. Распределение Гиббса (ОПК-1)

#### Лекция.

Лекция №2. Микроканоническое распределение. Энтропия. Каноническое распределение Гиббса. Статистическая температура. Каноническое распределение в квантовой и классической областях. Квазиклассическое приближение.

#### Практическое занятие.

Опрос с обсуждением изучаемого материала. Решение практических задач.

#### Задания для самостоятельной работы.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### Тема 3. Статистическая термодинамика (ОПК-1)

#### Лекция.

Лекция №3. Равновесное состояние. Внутренняя энергия. Термодинамическая температура. Работа. Теплота. Первое начало термодинамики.

Лекция №4. Связь изменения энтропии системы и теплоты. Неравновесные процессы и закон возрастания энтропии. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.

Лекция №5. Основное термодинамическое равенство-неравенство. Максимальная работа процессов. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля температуры. Свободная энергия в распределении Гиббса.

Лекция №6. Химический потенциал. Основное термодинамическое равенство-неравенство для систем с переменным числом частиц. Большой термодинамический потенциал. Большое каноническое распределение. Среднее число частиц.

#### Практическое занятие.

Опрос с обсуждением изучаемого материала. Решение практических задач.

#### Задания для самостоятельной работы.

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### Тема 4. Идеальный газ (ОПК-1)

#### Лекция.

Лекция №7. Применение канонического распределения к идеальному газу. Распределение молекул по скоростям и по координатам. Распределение Максвелла. Две формы распределения Максвелла. Молекулы в поле силы тяжести. Барометрическая формула.

Лекция №8. Выражение статистической суммы идеального газа через статистическую сумму молекул. Теорема о распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория теплоемкости идеального газа. Ее недостатки. Задачи расчета поступательной, вращательной и колебательной составляющих статистических сумм молекул.

Лекция №9. Вычисление теплоемкости, соответствующей поступательному движению. Вклад в теплоемкость колебаний молекул. Вращательная теплоемкость. Выражение констант равновесия химических реакций в идеальном газе через статистические суммы.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала. Решение практических задач.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 5. Реальные газы. (ОПК-1)**

#### **Лекция.**

Лекция №10. Неидеальный газ. Статистический интеграл для неидеального одноатомного газа. Термодинамические функции неидеального газа. Уравнение Ван-дер-Ваальса.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 6. Распределение Ферми и Бозе (ОПК-1)**

#### **Лекция.**

Лекция №11. Квантовые распределения Ферми-Дирака для идеального газа. Распределение Бозе-Эйнштейна. Вывод распределений из условия максимума энтропии.

Лекция №12. Распределение Больцмана критерий вырождения. Энергия и химический потенциал идеального квантового газа. Большой термодинамический потенциал идеального квантового газа. Уравнение состояния.

Лекция №13. Идеальный Бозе-газ при низких температурах. Бозе-конденсация. Идеальный Ферми-газ при низких температурах. Энергии Ферми. Электроны в металле. Равновесное электромагнитное излучение.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

### **Тема 7. Флуктуации (ОПК-1)**

#### **Лекция.**

Лекция №14. Общая формула для вероятности флуктуации в изолированной системе. Понятие о средней величине флуктуации и относительной флуктуации. Распределение Гаусса для одного или нескольких величин.

Лекция №15. Флуктуации основных физических величин. Флуктуация в системе, находящейся в термостате. Связь флуктуации энергии и теплоемкости. Флуктуация плотности. Флуктуации в открытой системе. Формула для величины флуктуации числа частиц.

#### **Практическое занятие.**

Опрос с обсуждением изучаемого материала.

#### **Задания для самостоятельной работы.**

Проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение основной и дополнительной литературы; подготовка к контрольной работе.

#### 4. Контроль знаний обучающихся и типовые оценочные средства

##### 4.1. Распределение баллов:

7 семестр

- посещаемость – 10 баллов
- текущий контроль – 40 баллов
- контрольные срезы – 2 среза по 10 баллов каждый
- премиальные баллы – 20 баллов
- ответ на экзамене: не более 30 баллов

##### Распределение баллов по заданиям:

№ те мы	Название темы / вид учебной работы	Формы текущего контроля / срезы	Мах. кол-во баллов	Методика проведения занятия и оценки
1.	Основные принципы статистики	Собеседование	6	<p>6 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
2.	Распределение Гиббса	Собеседование	6	<p>6 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>



3.	Статистическая термодинамика	Собеседование	6	<p>6 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
4.	Идеальный газ	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		<b>Контрольная работа(контрольный срез)</b>	10	Кантрольная работа состоит из 5 задач,за правильное выполнение каждой студент получает 2 балла
5.	Реальные газы.	Собеседование	6	<p>6 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>

6.	Распределение Ферми и Бозе	Собеседование	6	<p>6 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
7.	Флуктуации	Собеседование	5	<p>5 баллов – студент умеет сопоставить полученную при подготовке к практическому занятию информацию, сравнивать разные точки зрения на анализируемую проблему, уметь четко формулировать свои вопросы и отвечать на задаваемые ему вопросы, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования</p> <p>3 балла - студент умеет применять полученную при подготовке к практическому занятию информацию, отвечать на большинство вопросов, вести дискуссию с использованием терминологии современной социологии образования.</p> <p>1 балл – студент владеет теоретическим материалом по теме практического занятия, иногда затрудняется при ответе на вопросы, не умеет сформулировать свою точку зрения на обсуждаемую проблему</p> <p>Если студент не владеет проблематикой практического занятия, не может отвечать на вопросы, зачитывает ответ по напечатанному тексту – ответ баллами не оценивается.</p>
		Контрольная работа(контрольный срез)	10	Кантрольная работа состоит из 5 задач, за правильное выполнение каждой студент получает 2 балла
8.	Посещаемость		10	<p>10 баллов – студент посетил все 100% занятий</p> <p>7-9 баллов – студент посетил не менее 80% занятий</p> <p>4-6 баллов – студент посетил не менее 50% занятий</p> <p>1-3 балла – студент посетил не менее 25% занятий</p> <p>Если студент посетил менее 25% занятий, баллы не начисляются</p>
9.	Премияльные баллы		20	<p>Дополнительные премиальные баллы могут быть начислены:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- постоянная активность во время практических занятий – 5 баллов;</li> <li>- участие в проектах – 5 баллов;</li> <li>- участие в конференциях – 10 баллов.</li> </ul>
10.	Ответ на экзамене		30	<p>10-17 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «удовлетворительно»</p> <p>18-24 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «хорошо»,</p> <p>25-30 баллов – студент раскрыл основные вопросы и задания билета на оценку «отлично».</p>
11.	Индивидуальные задания, с помощью которых можно набрать дополнительные баллы		20	Добор: студент может предоставить все задания текущего контроля и контрольные срезы

12.	Итого за семестр	100	
-----	------------------	-----	--

Итоговая оценка по экзамену выставляется в 100-балльной шкале и в традиционной четырехбалльной шкале. Перевод 100-балльной рейтинговой оценки по дисциплине в традиционную четырехбалльную осуществляется следующим образом:

100-балльная система	Традиционная система
85 - 100 баллов	Отлично
70 - 84 баллов	Хорошо
50 - 69 баллов	Удовлетворительно
Менее 50	Неудовлетворительно

#### 4.2 Типовые оценочные средства текущего контроля

### Контрольная работа

#### Тема 4. Идеальный газ

##### Контрольная работа №1

1. Выражение констант равновесия химических реакций в идеальном газе через
2. статистические суммы.
3. Первое начало термодинамики с точки зрения статистической физики.
4. Выражения для внутренней энергии. Работы и количества тепла в статистической физике.
5. Энтропия в квазиклассической статистической физике.
6. Число состояний в квазиклассическом случае.

#### Тема 7. Флуктуации

##### Контрольная работа №2

1. Выражение констант равновесия химических реакций в идеальном газе через
2. статистические суммы.
3. Первое начало термодинамики с точки зрения статистической физики.
4. Выражения для внутренней энергии. Работы и количества тепла в статистической физике.
5. Энтропия в квазиклассической статистической физике.
6. Число состояний в квазиклассическом случае.

### Собеседование

#### Тема 1. Основные принципы статистики

##### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

#### Тема 2. Распределение Гиббса

##### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.

3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

### Тема 3. Статистическая термодинамика

#### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

### Тема 4. Идеальный газ

#### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

### Тема 5. Реальные газы.

#### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

### Тема 6. Распределение Ферми и Бозе

#### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

### Тема 7. Флуктуации

#### Вопросы для собеседования

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства и плотности вероятности.
3. Применение канонического распределения к идеальному газу.
4. Распределение молекул по скоростям и по координатам.
5. Расчет колебательной составляющей статистической суммы гармонического осциллятора и его средней энергии.

### 4.3 Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена

#### Типовые вопросы экзамена (ОПК-1)

Вопросы к экзамену

по курсу «Статистическая физика»

1. Задачи статистической физики.
2. Понятие фазового пространства.
3. Статистический ансамбль. Функция распределения.
4. Теорема Лиувилля.
5. Микроканоническое распределение. Энтропия.
6. Каноническое распределение Гиббса.
7. Статистическая температура.
8. Каноническое распределение в квантовой и классической областях. Квазиклассическое приближение.
9. Равновесное состояние. Внутренняя энергия.
10. Термодинамическая температура.
11. Работа. Теплота.
12. Первое начало термодинамики.
13. Связь изменения энтропии системы и теплоты.
14. Неравновесные процессы и закон возрастания энтропии.
15. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.
16. Основное термодинамическое равенство-неравенство. Максимальная работа процессов.
17. Третье начало термодинамики. Недостижимость абсолютного нуля температуры.
18. Свободная энергия в распределении Гиббса.
19. Химический потенциал. Основное термодинамическое равенство-неравенство для систем с переменным числом частиц.
20. Большое каноническое распределение. Среднее число частиц.
21. Статистический интеграл для идеального газа.
22. Основные термодинамические функции и уравнение состояния идеального газа.
23. Распределение по импульсам и координатам. Распределение по скоростям и энергиям.
24. Распределение молекул по высоте в поле сил тяготения. Барометрическая формула.
25. Выражение статистической суммы идеального газа через статистическую сумму молекул.
26. Теорема о распределении энергии по степеням свободы.
27. Классическая теория теплоемкости идеального газа. Ее недостатки.
28. Задачи расчета поступательной, вращательной и колебательной составляющих статистических сумм молекул.
29. Вычисление теплоемкости, соответствующей поступательному движению.
30. Вклад в теплоемкость колебаний молекул.
31. Вращательная теплоемкость.
32. Выражение констант равновесия химических реакций в идеальном газе через статистические суммы
33. Квантовые распределения Ферми-Дирака для идеального газа.
34. Распределение Бозе-Эйнштейна.
35. Распределение Больцмана критерий вырождения.
36. Энергия и химический потенциал идеального квантового газа. Большой термодинамический потенциал идеального квантового газа. Уравнение состояния.
37. Идеальный Бозе-газ при низких температурах. Бозе-конденсация.
38. Идеальный Ферми-газ при низких температурах. Энергии Ферми.

39. Равновесное электромагнитное излучение.
40. Понятие о флуктуации. Расчет флуктуации с помощью канонического распределения. Формула для величины флуктуации числа частиц.
41. Распределение Гаусса для одного или нескольких величин.
42. Флуктуации основных физических величин. Флуктуация в системе, находящейся в термостате.
43. Флуктуация объема и плотности.
44. Флуктуации температуры, энтропии и давления.

### Типовые задания для экзамена (ОПК-1)

Задания для экзамена

1. Найти уравнение фазовой траектории для точки, совершающей гармонические колебания вдоль оси по закону .
2. Найти уравнение фазовой траектории для точки, свободно падающей в однородном поле тяготения.
3. Процесс, в котором постоянна теплоемкость, называется политропическим. Найти уравнение политропы в переменных и для идеального газа.
4. Найдите работу политропического процесса.
5. Найти связь между изобарическим коэффициентом теплового расширения , изотермическим коэффициентом сжимаемости и термическим коэффициентом изменения давления при постоянном объеме . ; ;
6. Вычислить термодинамический потенциал одноатомного идеального газа.
7. В вертикальном цилиндрическом сосуде высотой находится 1 моль одноатомного идеального газа при температуре . Найти энергию и теплоемкость, учитывая наличие однородного поля тяготения.
8. Найти среднюю энергию электрического диполя во внешнем однородном электрическом поле напряженностью .
9. Найдите среднее число частиц в квантовом состоянии без учета принципа тождественности.
10. Найти флуктуацию числа частиц квантового идеального газа в произвольном квантовом состоянии.

#### 4.4. Шкала оценивания промежуточной аттестации

Оценка	Компетенции	Дескрипторы (уровни) – основные признаки освоения (показатели достижения результата)
«отлично» (85 - 100 баллов)	ОПК-1	Имеет представление о взаимосвязи теоретических и методологических основ смежных с физикой естественнонаучных дисциплин, может предложить способ их использования при решении конкретной физической задачи. Умеет применять и обосновать необходимость привлечения сведений из дополнительных разделов естественнонаучных дисциплин и ранжировать их по степени значимости для решения поставленной задачи (необходимые, вспомогательные, иллюстративные и др.).
«хорошо» (70 - 84 баллов)	ОПК-1	Имеет представление о взаимосвязи теоретических и методологических основ смежных с физикой естественнонаучных дисциплин, может предложить примеры их использования в разных областях физики. Способен самостоятельно освоить типовые методы решения задач из отдельных специальных разделов естественнонаучных дисциплин, но допускает отдельные ошибки при их применении в профессиональной сфере деятельности. Умеет оценивать условия применимости стандартных методик анализа и обработки результатов физического эксперимента, допуская ошибки в отдельных случаях.

«удовлетворительно» (50 - 69 баллов)	ОПК-1	Имеет общее представление о теоретических и методологических основах базовых и некоторых специальных разделов естественнонаучных дисциплин, может предложить отдельные примеры их использования при решении задач профессиональной деятельности. Умеет осваивать теоретический материал из отдельных специальных разделов естественнонаучных дисциплин под руководством специалиста более высокой категории. Умеет использовать стандартные методики обработки результатов физических экспериментов, рекомендованные специалистом более высокой категории.
«неудовлетворительно» (менее 50 баллов)	ОПК-1	Не знает и не имеет общего представления о теоретических и методологических основах базовых и некоторых специальных разделов смежных с физикой естественнонаучных дисциплин. Не умеет осваивать теоретический материал из отдельных специальных разделов естественнонаучных дисциплин. Не умеет использовать стандартные методики обработки результатов физических экспериментов.

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

### 5.1 Методические указания по организации самостоятельной работы обучающихся:

Приступая к изучению дисциплины, в первую очередь обучающимся необходимо ознакомиться содержанием рабочей программы дисциплины (РПД), которая определяет содержание, объем, а также порядок изучения и преподавания учебной дисциплины, ее раздела, части.

Для самостоятельной работы важное значение имеют разделы «Объем и содержание дисциплины», «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» и «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы».

В разделе «Объем и содержание дисциплины» указываются все разделы и темы изучаемой дисциплины, а также виды занятий и планируемый объем в академических часах.

В разделе «Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины» указана рекомендуемая основная и дополнительная литература.

В разделе «Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы» содержится перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем, необходимых для освоения дисциплины.

### 5.2 Рекомендации обучающимся по работе с теоретическими материалами по дисциплине

При изучении и проработке теоретического материала необходимо:

- просмотреть еще раз презентацию лекции в системе MOODLe, повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной дополнительной литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники, профессиональные базы данных и информационные справочные системы;
- ответить на вопросы для самостоятельной работы, по теме представленные в пункте 3.2 РПД.
- при подготовке к текущему контролю использовать материалы фонда оценочных средств (ФОС).

### 5.3 Рекомендации по работе с научной и учебной литературой

Работа с основной и дополнительной литературой является главной формой самостоятельной работы и необходима при подготовке к устному опросу на семинарских занятиях, к дебатам, тестированию, экзамену. Она включает проработку лекционного материала и рекомендованных источников и литературы по тематике лекций.

Конспект лекции должен содержать реферативную запись основных вопросов лекции, в том числе с опорой на размещенные в системе MOODLe презентации, основных источников и литературы по темам, выводы по каждому вопросу. Конспект может быть выполнен в рамках распечатки выдачи презентаций лекций или в отдельной тетради по предмету. Он должен быть аккуратным, хорошо читаемым, не содержать не относящуюся к теме информацию или рисунки.

Конспекты научной литературы при самостоятельной подготовке к занятиям должны содержать ответы на каждый поставленный в теме вопрос, иметь ссылку на источник информации с обязательным указанием автора, названия и года издания используемой научной литературы. Конспект может быть опорным (содержать лишь основные ключевые позиции), но при этом позволяющим дать полный ответ по вопросу, может быть подробным. Объем конспекта определяется самим студентом.

В процессе работы с основной и дополнительной литературой студент может:

- делать записи по ходу чтения в виде простого или развернутого плана (создавать перечень основных вопросов, рассмотренных в источнике);
- составлять тезисы (цитирование наиболее важных мест статьи или монографии, короткое изложение основных мыслей автора);
- готовить аннотации (краткое обобщение основных вопросов работы);
- создавать конспекты (развернутые тезисы).

#### 5.4. Рекомендации по подготовке к отдельным заданиям текущего контроля

Собеседование предполагает организацию беседы преподавателя со студентами по вопросам практического занятия с целью более обстоятельного выявления их знаний по определенному разделу, теме, проблеме и т.п. Все члены группы могут участвовать в обсуждении, добавлять информацию, дискутировать, задавать вопросы и т.д.

Устный опрос может применяться в различных формах: фронтальный, индивидуальный, комбинированный. Основные качества устного ответа подлежащего оценке:

- правильность ответа по содержанию;
- полнота и глубина ответа;
- сознательность ответа;
- логика изложения материала;
- рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи;
- своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе;
- использование дополнительного материала;
- рациональность использования времени, отведенного на задание.

Устный опрос может сопровождаться презентацией, которая подготавливается по одному из вопросов практического занятия. При выступлении с презентацией необходимо обращать внимание на такие моменты как:

- содержание презентации: актуальность темы, полнота ее раскрытия, смысловое содержание, соответствие заявленной темы содержанию, соответствие методическим требованиям (цели, ссылки на ресурсы, соответствие содержания и литературы), практическая направленность, соответствие содержания заявленной форме, адекватность использования технических средств учебным задачам, последовательность и логичность презентуемого материала;
- оформление презентации: объем (оптимальное количество), дизайн (читаемость, наличие и соответствие графики и анимации, звуковое оформление, структурирование информации, соответствие заявленным требованиям), оригинальность оформления, эстетика, использование возможности программной среды, соответствие стандартам оформления;
- личностные качества: ораторские способности, соблюдение регламента, эмоциональность, умение ответить на вопросы, систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам программы;



- содержание выступления: логичность изложения материала, раскрытие темы, доступность изложения, эффективность применения средств ИКТ, способы и условия достижения результативности и эффективности для выполнения задач своей профессиональной или учебной деятельности, доказательность принимаемых решений, умение аргументировать свои заключения, выводы.

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

### **6.1 Основная литература:**

1. Леонтович М.А. Введение в термодинамику; Статистическая физика : Учеб. пособие для вузов. - М.: Наука, 1983. - 416 с.

### **6.2 Дополнительная литература:**

1. Шиллинг Г. Статистическая физика в примерах. - Москва: Мир, 1976. - 432 с. - Текст : электронный // ЭБС «Университетская библиотека онлайн» [сайт]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=482848>

### **6.3 Иные источники:**

1. Единое окно доступа к образовательным интернет-ресурсам Федерального портала «Российское образование» - [http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.1.21%2F](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.1.21%2F)
2. Университетская библиотека онлайн: электронно-библиотечная система - <http://www.biblioclub.ru>
3. Консультант студента. Гуманитарные науки: электронно-библиотечная система - <http://www.studentlibrary.ru>
4. Российская национальная библиотека - <http://www.nlr.ru/>

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины, программное обеспечение, профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Для проведения занятий по дисциплине необходимо следующее материально-техническое обеспечение: учебные аудитории для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы.

Учебные аудитории и помещения для самостоятельной работы укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы укомплектованы компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

Для проведения занятий лекционного типа используются наборы демонстрационного оборудования, обеспечивающие тематические иллюстрации (проектор, ноутбук, экран/ интерактивная доска).

Лицензионное программное обеспечение:

Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1500-2499 Node 1 year Educational Renewal Licence

Операционная система Microsoft Windows 10

Adobe Reader XI - Russian

7-Zip 9.20

Microsoft Office Профессиональный плюс 2007

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы:

1. Scopus: база данных . – URL: <https://www.scopus.com>

2. Web of Science: политематическая реферативно-библиографическая и наукометрическая база данных . – URL: <https://apps.webofknowledge.com>
3. Научная электронная библиотека eLIBRARY.ru. – URL: <https://elibrary.ru>
4. Электронная библиотека ТГУ. – URL: <https://elibrary.tsutmb.ru/>
5. Электронный каталог Фундаментальной библиотеки ТГУ. – URL: <http://biblio.tsutmb.ru/elektronnyij-katalog>
6. Научная электронная библиотека Российской академии естествознания. – URL: <https://www.monographies.ru>
7. Российская государственная библиотека. – URL: <https://www.rsl.ru>
8. Российская национальная библиотека. – URL: <http://nlr.ru>
9. Федеральный портал «Российское образование». – URL: <https://www.edu.ru>
10. Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. – URL: <https://www.prilib.ru>
11. Электронная библиотека РФФИ. – URL: <https://www.rfbr.ru/rffi/ru/library>

### **Электронная информационно-образовательная среда**

[https://auth.tsutmb.ru/authorize?response\\_type=code&client\\_id=moodle&state=xyz](https://auth.tsutmb.ru/authorize?response_type=code&client_id=moodle&state=xyz)

Взаимодействие преподавателя и студента в процессе обучения осуществляется посредством мультимедийных, гипертекстовых, сетевых, телекоммуникационных технологий, используемых в электронной информационно-образовательной среде университета.