

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Факультет математики и компьютерных наук

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Избранные вопросы статистической физики**

**Кафедра прикладной математики**

**Образовательная программа**

**01.04.02-Прикладная математика и информатика**

Направленность (профиль) программы:

**Математическое моделирование и вычислительная математика**

Уровень высшего образования

магистратура

Форма обучения

**очная**

Статус дисциплины: входит в часть ОПОП, формируемую  
участниками образовательных отношений

Махачкала, 2021

Рабочая программа дисциплины «*Избранные вопросы статистической физики*» составлена в 2021 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 01.04.02 – Прикладная математика и информатика.  
Приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 №13.

Разработчик: кафедра прикладной математики к.ф.-м.н. доцент Ризаев М.К.

Рабочая программа дисциплины одобрена:  
на заседании кафедры прикладной математики от «22» июня 2021 г.,  
протокол № 10  
Зав. кафедрой Кадиев Р.И.

на заседании Методической комиссии факультета математики и  
компьютерных наук от «23» июня 2021 г., протокол №6.  
Председатель Бейбалаев В.Д.

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением «09» от 07 2021 г.  
Начальник УМУ Гасангаджиева А.Г.  
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина *избранные вопросы статистической физики* входит в

Дисциплина реализуется на факультете *математики и компьютерных наук* кафедрой *прикладной математики*.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением и освоением следующего материала. Основы классической статистической физики: уравнение движения макроскопической системы, функции Гамильтона, макроскопическая фазовая плотность, уравнения переноса, гиббсовские ансамбли, теорема Лиувилля; основы квантовой статистической физики: уравнение Шредингера, средние значения физических величин, представление Гейзенберга, различные представления уравнения Шредингера, матрица плотности; термодинамическая теория равновесного состояния: статистическое и термодинамическое равновесия, уравнение состояния, законы термодинамики и их приложения, распределения Гиббса, распределения Максвелла, Больцмана.

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: *общепрофессиональных – ОПК-3, профессиональных – ПК-1.*

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, практические занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости: контрольная работа, коллоквиум, промежуточный контроль в форме экзамена.

Объем дисциплины 3 зачетных единиц, в том числе в академических часах по видам учебных занятий:

Семестр	Всего	Учебные занятия					СРС, в том числе экзамен	Форма промежуточной аттестации: зачет, дифференциро ванный зачет, экзамен
		в том числе						
		Контактная работа обучающихся с преподавателем						
		из них						
		Лекц ии	Лаборатор ные занятия	Практич еские занятия	КСР	консульт ации		
7	108	14		16			78	экзамен
Итого	108	14		16			78	

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины *«Избранные вопросы статистической физики»* являются:

- овладение основными понятиями классической статистической физики: микроскопическая фазовая плотность и ее уравнение, микроскопические уравнения переноса, гиббсовские ансамбли, теорема Лиувилля; квантовой статистической физики: уравнение Шредингера, представление Гейзенберга, различные представления уравнения Шредингера; термодинамической и статистической теорий равновесного состояния: статистическое и термодинамическое равновесия, функция и уравнение состояния, законы термодинамики, распределения Гиббса, энтропия и ее возрастание, распределения Максвелла и Больцмана;
- творческое овладение программным материалом и методами получения и теоретического обоснования эмпирических фактов классической физики, методами обоснования утверждений статистической физики.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП магистратуры.

Дисциплина *избранные вопросы статистической физики* входит в часть образовательной программы, формируемую участниками образовательных отношений, по направлению 01.04.02 *«прикладная математика и информатика»*, профиль подготовки - *математическое моделирование и вычислительная математика*. Знания по статистической физике магистрантам необходимы при решении задач математической физики, прикладной математики, естествознания, в которых исследуется тепловая форма движения материи. Ряд вопросов статистической физики является основой при изучении таких курсов, как *теория неравновесных флуктуаций в нелинейных системах, кинетическая теория электромагнитных процессов, неравновесные фазовые переходы, кинетическая теория химически реагирующих систем*.

Изучение дисциплины *«Избранных вопросов статистической физики»* предполагает хорошее знание общего университетского курса физики, математического и функционального анализов, теории вероятностей, математической статистики, линейной алгебры.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения) .

Код и наименование компетенции из ФГОС ВО	Код и наименование индикатора достижения компетенций.	Планируемые результаты обучения	Процедура освоения
---	---	---------------------------------	--------------------

<p>ОПК-3. Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>ОПК-3.1. Знает принципы построения математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: принципы построения математических моделей для решения задач в области физики макроскопических систем.          Умеет: применять основные принципы построения математических моделей для решения задач в области физики макроскопических систем.          Владеет: навыками и средствами построения математических моделей для решения задач статистической физики.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос;</p>
	<p>ОПК-3.2. Умеет применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: модифицированные математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.          Умеет: применять и модифицировать математические модели для решения задач в области профессиональной деятельности.          Владеет: модифицированными математическими моделями для решения задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Письменный опрос</p>
	<p>ОПК-3.3. Имеет практический опыт составления математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности</p>	<p>Знает: основы математической теории для составления математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности.          Умеет: использовать необходимые сведения математической теории для составления математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности.          Владеет: методикой составления математических моделей для решения задач в области профессиональной деятельности.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос;</p>

<p>ПК-1. Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям</p>	<p>ПК-1.1. Обладает умением сбора и обработки данных, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.</p>	<p>Знает: методы сбора и обработки данных, полученными в области математических и (или) естественных наук. Умеет: осуществлять сбор и обработку данных, полученных в области математических и (или) естественных наук. Владеет: навыками и методикой умения сбора и обработки данных, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос;</p>
	<p>ПК-1.2. Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.</p>	<p>Знает: формулировку и решение стандартных задач в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике. Умеет: применять решение стандартных задач в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике. Владеет: методами и научным опытом решения задач в собственной научно-исследовательской деятельности в математике и информатике.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос;</p>
	<p>ПК-1.3. Имеет практический опыт использования методов современных научных исследований</p>	<p>Знает: методы использования современных научных исследований при решении своих практических задач. Умеет: использовать методы и способы осуществления современных научных исследований в области научных интересов.</p>	<p>Устный опрос, письменный опрос;</p>

		Владеет: методами современных научных исследований в области физики и прикладной математики.	
--	--	--	--

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1 Объем дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов.

4.2 Структура дисциплины.

№ п/п	Разделы и темы дисциплины по модулям	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов (в часах)					Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	...	Самостоятельная работа в т.ч. экзамен	
Модуль 1. Основы статистической физики.								
1	Основы классической статистической физики.		2	2			4	Устный опрос
2	Микроскопические уравнения переноса.		2	2			2	Устный опрос
3	Гиббсовские ансамбли.		2	2			4	Устный опрос
4	Основы квантовой статистической физики.		2	2			4	Устный опрос
5	Многочастичное уравнение Шредингера.			2			4	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 1:</i>		<b>8</b>	<b>10</b>			<b>18</b>	Коллоквиум
Модуль 2. Термодинамическая и статистическая теории равновесного состояния.								
1	Основы термодинамической теории равновесного состояния.		2	2			4	Устный опрос
2	Законы термодинамики и их приложения.		2	2			4	Устный опрос
3	Канонические распределения Гиббса.		2	2			4	Устный опрос
4	Возрастание энтропии в процессах эволюции.						6	Устный опрос
5	Распределение Гиббса для квантовых систем.						6	Контрольная работа
	<i>Итого по модулю 2:</i>		<b>6</b>	<b>6</b>			<b>24</b>	Коллоквиум
Модуль 3. Подготовка к экзамену								
	Подготовка к экзамену						36	экзамен
	<i>Итого по модулю 3:</i>						36	экзамен
	<b>ИТОГО:</b>		<b>14</b>	<b>16</b>			<b>108</b>	экзамен

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам).

#### Лекции

##### **Модуль 1. Основы статистической физики.**

Тема 1. Основы классической статистической физики.

Предмет статистической физики. Уравнения движения частиц микроскопической системы. Функции Гамильтона. Функции динамических параметров.

Тема 2. Микроскопические уравнения переноса.

Микроскопическая фазовая плотность. Уравнение для микроскопической фазовой плотности. Уравнения переноса.

Тема 3. Гиббсовские ансамбли.

Функция распределения гиббсовских ансамблей. Уравнение Лиувилля для функции распределения гиббсовских ансамблей.

Тема 4. Основы квантовой статистической физики.

Основные постулаты квантовой механики. Уравнение Шредингера. Представление Гейзенберга. Различные представления уравнения Шредингера. Матрица плотности.

##### **Модуль 2. Термодинамическая и статистическая теория равновесного состояния.**

Тема 5. Основы термодинамической теории равновесного состояния

Статистический и динамический методы описания тепловых явлений. Статистическое и термодинамическое равновесия. Функции состояния. Уравнение состояния.

Тема 6. Законы термодинамики и их приложения.

Первое начало термодинамики и ее некоторые приложения. Второе начало термодинамики.

Тема 7. Канонические распределения Гиббса.

Микроскопическое распределение Гиббса. Каноническое распределение Гиббса. Статистическое обоснование второго закона термодинамики.

Практические занятия.

##### **Модуль 1. Основы статистической физики.**

Тема 1. Основы классической статистической физики.

Уравнения движения макроскопической системы. Скобки Пуассона. Функция Гамильтона. Решение задач.

Тема 2. Микроскопические уравнения переноса.

Микроскопическая фазовая плотность. Уравнение для микроскопической фазовой плотности. Уравнения переноса.

Тема 3. Гиббсовские ансамбли.

Функция распределения гиббсовских ансамблей. Уравнение Лиувилля для функции распределения гиббсовских ансамблей.



Тема 4. Основы квантовой статистической физики.

Уравнение Шредингера. Волновая функция. Решение уравнения Шредингера в частных случаях.

Тема 5. Многочастичное уравнение Шредингера.

Уравнение Шредингера многочастичной квантовой системы. Примеры уравнения в частных случаях. Решение задач.

## **Модуль 2. Термодинамическая и статистическая теории равновесного состояния.**

Тема 6. Основы термодинамической теории равновесного состояния.

Термодинамическое равновесие. Функция состояния. Уравнение состояния для идеальных систем. Решение задач.

Тема 7. Законы термодинамики и их приложения. Первое начало термодинамики и ее некоторые приложения. Второе начало термодинамики. Решение задач.

Тема 8. Каноническое распределение Гиббса.

Микроскопическое распределение Гиббса. Каноническое распределение Гиббса. Статистическое обоснование второго закона термодинамики. Решение задач.

### **5. Образовательные технологии**

В основе преподавания дисциплины *избранные вопросы статистической физики* лежит лекционно-семинарская система обучения. Это связано с необходимостью активного продумывания теоретического материала и дальнейшего его использования при изучении других курсов, приложения к решению прикладных задач естествознания. Индивидуальные особенности обучающихся учитываются подбором заданий разного уровня сложности для самостоятельной работы студентов.

По данной дисциплине учебным планом предусмотрено также проведение занятий в интерактивных формах. Лекции проводятся в аудиториях, оснащенных видеопроекторами. В университете функционирует центр современных образовательных технологий, в котором предусматриваются мастер-классы специалистов.

## **6. Учебно - методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.**

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

Модуль 1. Основы статистической физики.

1. Пусть  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ ,  $x_i = (\vec{r}_i(t), \vec{p}_i(t))$ ,  $\varphi = \varphi(X)$ ,  $\psi = \psi(X)$  и  $\{\varphi, \psi\}$ -скобки Пуассона функций  $\varphi$  и  $\psi$ . Показать, что справедливы следующие равенства:

$$1) \{\varphi, \psi\} = -\{\psi, \varphi\}; 2) \{\varphi, \varphi\} = 0; 3) \{(\varphi_1 + \varphi_2), \psi\} = \{\varphi_1, \psi\} + \{\varphi_2, \psi\}$$

2. Доказать, что скобки Пуассона  $\{\varphi, \psi\}$  функций  $\varphi = \varphi(X)$  и  $\psi = \psi(X)$  удовлетворяют соотношениям :

- 1)  $\{(\varphi_1, \varphi_2), \psi\} = \varphi_1\{\varphi_2, \psi\} + \varphi_2\{\varphi_1, \psi\}$ .
- 2)  $\frac{\partial}{\partial t}\{\varphi, \psi\} = \left\{\frac{\partial \varphi}{\partial t}, \psi\right\} + \left\{\varphi, \frac{\partial \psi}{\partial t}\right\}$ .

3. Функция Гамильтона физической системы имеет вид

$$H(X) = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\vec{p}_i^2}{2m} + \frac{1}{\vec{r}_i} \right).$$

Составить систему уравнений движения в форме Гамильтона.

4. Составить систему уравнений движения в форме Гамильтона для системы гармонических осцилляторов с гамильтонианом

$$H = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\vec{p}_i^2}{2m} + \frac{m\omega_0^2 \vec{r}_i^2}{2} \right).$$

5. Пусть  $N(\vec{r}, \vec{p}, t)$  – микроскопическая фазовая плотность физической системы. Получить представление для гамильтониана

$$H = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\vec{p}_i^2}{2m} + U_0(\vec{r}_i) \right) + \frac{1}{2} \sum_{\substack{1 \leq i, j \leq N \\ i \neq j}} \phi(\vec{r}_i - \vec{r}_j)$$

через  $N(\vec{r}, \vec{p}, t)$ .

6. Некоторая физическая система может с равной вероятностью находиться в  $N$  состояниях. Какова вероятность нахождения системы в одном из этих состояний?
7. При термоэлектронной эмиссии происходит вылет электронов с поверхности металла или полупроводника. Предполагая, что : а) вылеты электронов статистически независимые события; б) вероятность вылета одного электрона за бесконечно малый промежуток времени  $dt$  равна  $\lambda dt$  ( $\lambda$  - постоянная величина), определить вероятность вылета  $n$  электронов за время  $t$ .
8. Идеальный газ, состоящий из  $N$  молекул, находится в сосуде объемом  $V$ . Определить вероятность, того что в заданном объеме  $V_0$  ( $V_0 \ll V$ ) будет содержаться ровно  $n$  молекул.
9. Показать, что для микроскопической плотности числа частиц  $n^M(\vec{r}, t)$  справедливо представление

$$n^M(\vec{r}, t) = \int N(\vec{r}, \vec{p}, t) d\vec{p},$$

где  $N(\vec{r}, \vec{p}, t)$  - микроскопическая фазовая плотность.

10. Показать, что уравнение Лиувилля для плотности распределения гиббсовского ансамбля с гамильтонианом  $H$  имеет вид

$$\frac{\partial f_N}{\partial t} + \{H, f_N\} = 0.$$

11. Проверить выполнимость теоремы Лиувилля для случая упругого столкновения двух шаров с центральным соударением.

12. Вывести каноническое распределение Гиббса для совокупности  $N$  частиц идеального одноатомного газа.

13. Решить одномерное стационарное уравнение Шредингера

$$\varphi''(x) + \frac{2m_0}{h} [E - V(x)]\varphi(x) = 0$$

в области высокого потенциала порога, т.е. при  $V(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0, \\ V_0 & \text{при } x > 0, \end{cases}$  и  $E < V_0$ .

14. Решить одномерное стационарное Шредингера

$$\varphi''(x) + \frac{2m_0}{h^2} [E - V(x)]\varphi(x) = 0$$

в области низкого потенциала порога, т.е. при  $V(x) = \begin{cases} 0 & \text{при } x < 0, \\ V_0 & \text{при } x > 0, \end{cases}$  и  $E > V_0$ .

15. Квантовая частица находится в одномерной потенциальной яме  $0 \leq x \leq a$ , внутри которой  $V = 0$ , а все  $V = \infty$ . Найти решение стационарного уравнения Шредингера для этого случая.

## Модуль 2: Термодинамическая и статистическая теория равновесного состояния

1. Уравнение Ван-дер-Ваальса для состояния реального газа имеет вид

$$p = \frac{NK_B T}{V - Nb} - a \frac{N^2}{V^2},$$

где  $a$  и  $b$  - постоянные Ван-дер-Ваальса для данного газа. Получить разложение для давления  $p$  по степеням средней плотности числа частиц газа  $n = N/V$ . Вычислить выражение для  $p$ , ограничившись

двумя первыми членами разложения.

2. Стеклообразная колба объёмом  $10 \text{ см}^3$  с узкой шейкой была нагрета до  $114^\circ\text{C}$ , затем шейку колбы опустили в ртуть. При охлаждении воздуха в

колбу вошло 36г ртути . До какой температуры охладился воздух? Плотность ртути считать равной  $13,6 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3$  .

3. Давление воздуха в баллоне постоянного объёма при температуре  $7^\circ\text{C}$  было  $0,1515 \text{ МПа}$ . При нагревании до  $100^\circ\text{C}$  давление повысилось до  $0,2020 \text{ МПа}$ . Определить термический коэффициент давления.
4. Температура на улице  $-13^\circ\text{C}$ , в помещении  $22^\circ\text{C}$ . На сколько изменится давление в газовом баллоне , если баллон внести в помещение. В помещении манометр на баллоне показал  $1,5 \text{ МПа}$ .
5. Исходя из вириального разложения давления по степеням  $n$ , получить закон Шарля.
6. Сколько частиц воздуха находится в комнате площадью  $20\text{м}^2$  и высотой  $3\text{м}$  при температуре  $17^\circ\text{C}$  и давлении  $752 \text{ мм. рт. ст}$ ?
7. На сколько понизилось давление кислорода в баллоне ёмкостью  $100\text{л}$ , если из него откачали  $3\text{кг}$  газа? Температура газа  $17^\circ\text{C}$  оставалась постоянной.
8. Получить интегральное представление для изменения внутренней энергии системы  $dQ$  через гамильтониан  $H(X, a)$  и плотность распределения  $f_N(X, a, T)$ .
9. Исходя из первого закона термодинамики получить представление для теплоемкости  $C_p$  при двух степенях свободы  $V$  и  $T$ .
10. Для некоторой системы известно, что ее статистический интеграл равен  $Z(\beta) = \frac{A}{\beta^N}$ , где  $\beta = \frac{1}{kT}$ . Определить нормированный делитель  $\Omega(E)$ .
11. Определить нормированный делитель  $\Omega(E)$  микроканонического распределения Гиббса для совокупности  $N$  частиц идеального газа.
12. Энергия частицы релятивистского газа связана с импульсом соотношением:

$$\varepsilon = c\sqrt{m^2c^2 + p^2}$$

Записать распределение Максвелла в данном случае.

13. Иногда энтропию определяют как  $S = K \ln \Gamma(E)$  или как  $S = K \ln \Omega(E)$ . Показать эквивалентность этих определений для систем с большим числом частиц.
14. Определить энтропию газа, который подчиняется уравнениям:
$$V = V_0[1 + \alpha(T - T_0)], \quad \left(\frac{\partial V}{\partial p}\right)_T = 0, C_p = const.$$
15. Найти изменение энтропии тела в случае его расширения при постоянном давлении.

1. Климонтович Ю.Л. Статистическая физика. М.: Наука, 1982.
2. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика. М.: Наука. 1981.
3. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич Д.Ф., Федорченко А.М. Задачи по теоретической физике. М.: Изд-во «Высшая школа», 1984.

## 6.2. Темы для самостоятельного изучения и виды и содержание самостоятельной работы.

Разделы и темы для самостоятельного изучения.	Виды и содержание самостоятельной работы.
Первый семестр.	
Модуль 1. Основы статистической физики.	
1. Основы классической статистической физики.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Доклад на тему: "Функция Гамильтона физической системы". [1],[3].
2. Микроскопические уравнения переноса.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Доклад на тему: "Системы уравнений переноса и их незамкнутость". [1],[2].
3. Гиббсовские ансамбли.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Реферат на тему: "Средние значения функций параметров гиббсовских ансамблей". [1],[3].
4. Основы квантовой статистической физики.	1. Доклад на тему: "Основные постулаты квантовой механики". [2],[3]. 2. Реферат на тему: "Описание квантовых состояний с помощью статистических операторов". [2],[3].
5. Многочастичное уравнение Шредингера.	1. Решение задач. [4]. 2. Доклад на тему: "Многочастичное стационарное уравнение Шредингера некоторых квантовых систем". [2],[3].
Модуль 2. Термодинамическая и статистическая теории равновесного состояний.	
1. Основы термодинамической теории равновесного состояния.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Доклад на тему: "Частные случаи уравнения равновесного состояния".
2. Законы термодинамики и их приложения.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Реферат на тему: "Равновесие в гомогенной системе". [3].
3. Каноническое распределения Гиббса.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Доклад на тему: "Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц". [1],[2].
4. Возрастание энтропии в процессах	1. Решение задач. [4],[5].

эволюции.	2. Реферат на тему: "Энтропия и ее неопределенность при статистическом описании". [1],[3].
5. Распределение Гиббса для квантовых систем.	1. Решение задач. [4],[5]. 2. Доклад на тему: "Связь классических и квантовых распределений Гиббса". [1],[2].

## **7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

### **7.2. Типовые контрольные задания.**

7.2.1. Примерные контрольные вопросы к коллоквиумам.

Модуль 1. Основы статистической физики.

1. Предмет статистической физики.
2. Уравнения движения в форме Гамильтона.
3. Функция Гамильтона. Примеры частных систем.
4. Функция динамических параметров.
5. Потенциальная энергия взаимодействия. Примеры.
6. Микроскопическая фазовая плотность.
7. Уравнение для микроскопической фазовой плотности.
8. Уравнение переноса для функции  $n^m(\vec{r}, t)$ .
9. Микроскопические уравнения переноса для плотности импульса.
10. Уравнение переноса для плотности кинетической энергии.
11. Гиббсовские ансамбли.
12. Функция распределения гиббсовских ансамблей.
13. Уравнение Лиувилля для функции распределения.
14. Уравнение Лиувилля для функции Гамильтона.
15. Теорема Лиувилля.
16. Основные постулаты квантовой механики.
17. Уравнение Шредингера. Волновая функция.
18. Многочастичное уравнение Шредингера. Примеры.
19. Стационарное уравнение Шредингера.
20. Дискретные уровни энергии квантовых систем.

Модуль 2. Термодинамическая и статистическая теории равновесного состояния.

1. Статистическое равновесие.
2. Термодинамическое равновесие.
3. Функции состояния.

4. Уравнение состояния для идеальных фаз.
  5. Уравнение состояния для реальных фаз.
  6. Квазистатистические процессы.
  7. Температура. Нулевое начало термодинамики.
  8. Первое начало термодинамики.
  9. Некоторые приложения первого начала термодинамики.
  10. Второй закон термодинамики.
  11. Математическая формулировка второго закона термодинамики для квазистатистических процессов.
  12. Термодинамические потенциалы.
  13. Зависимость термодинамических функций от числа частиц систем.
  14. Второй закон термодинамики для нестатистических процессов.
  15. Микроскопическое распределение Гиббса.
  16. Каноническое распределение Гиббса.
  17. Энтропия. Свойства функций  $S(X)$ ,  $S[n]$ .
  18. Возрастание энтропии. Теорема Гиббса.
  19. Квантовое микроскопическое распределение Гиббса.
  20. Квантовое каноническое распределение Гиббса.
- 7.2.2. Вопросы для контроля самостоятельной работы.
1. Функции Гамильтона физических систем.
  2. Незамкнутость системы уравнений переноса.
  3. Средние значения функций динамических параметров.
  4. Системы уравнений переноса для средних значений.
  5. Существование стационарных состояний квантовых систем.
  6. Непрерывный спектр энергии квантовых систем.
  7. Сложение и умножение операторов.
  8. Различные представления уравнения Шредингера.
  9. Матрица плотности.
  10. Уравнение равновесного состояния в частных случаях.
  11. Равновесие в гомогенных системах.
  12. Системы с переменным числом частиц.
  13. Изменение свободной энергии при необратимых процессах.
  14. Статистическое обоснование второго закона термодинамики.
  15. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.
  16. Смешанное квантово-классическое распределение Гиббса.
  17. Распределение Максвеллы.
  18. Распределение Больцмана.
  19. Парадокс Гиббса.
  20. Третье начало термодинамики Теорем Нернста.
- 7.3. Перечень вопросов к экзамену**
1. Уравнения движения в форме Гамильтона. Функция Гамильтона. Примеры частных систем.
  2. Микроскопическая фазовая плотность. Уравнение для микроскопической фазовой плотности.
  3. Уравнение переноса, микроскопические уравнения переноса для

плотности импульса. Уравнение переноса для плотности кинетической энергии.

4. Гиббсовские ансамбли. Функция распределения гиббсовских ансамблей.
5. Уравнение Лиувилля для функции распределения. Теорема Лиувилля.
6. Основные постулаты квантовой механики.
7. Уравнение Шредингера. Волновая функция.
8. Многочастичное уравнение Шредингера. Примеры.
9. Стационарное уравнение Шредингера.
10. Дискретные уровни энергии квантовых систем.
11. Статистическое равновесие. Термодинамическое равновесие.
12. Функции состояния.
13. Уравнение состояния для идеальных фаз.
14. Уравнение состояния для реальных фаз.
15. Квазистатистические процессы.
16. Температура. Нулевое начало термодинамики.
17. Первое начало термодинамики. Некоторые приложения первого начала термодинамики.
18. Второй закон термодинамики. Математическая формулировка второго закона термодинамики для квазистатических процессов.
19. Термодинамические потенциалы.
20. Зависимость термодинамических функций от числа частиц систем.
21. Второй закон термодинамики для нестатистических процессов.
22. Микроскопическое распределение Гиббса.
23. Каноническое распределение Гиббса.
24. Энтропия. Свойства функций  $S(X)$ ,  $S[n]$ .
25. Возрастание энтропии. Теорема Гиббса.
26. Квантовое микроскопическое распределение Гиббса.
27. Квантовое каноническое распределение Гиббса.

#### **7.4. Методические материалы, определяющие процедуру оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.**

Общий результат выводится как интегральная оценка, складывающаяся из текущего контроля -50%.

Текущий контроль по дисциплине включает:

- посещение занятий -10 баллов,
- коллоквиум –50 баллов,
- выполнение аудиторных контрольных работ – 40 баллов.

Промежуточный контроль по дисциплине включает:

- устный опрос(экзамен)- 100 баллов.

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

а) основная литература:

1. Зоммерфельд Арнольд Термодинамика и статистическая физика [Электронный ресурс] / Арнольд Зоммерфельд. — Электрон.текстовые данные.



— Москва-Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2002. — 480 с. — 5-93972-178-8. — Режим

доступа: <http://www.iprbookshop.ru/17666.html>(18.06.2018).

2. Куни, Федор Максимилианович. Статистическая физика и термодинамика : учеб. пособие для физ. спец. / Куни, Федор Максимилианович. - М. : Наука, 1981. - 351 с. : ил. ; 22 см. - Предм. указ.: с. 345-348. - Допущено М-вом высш. и сред. спец. образования СССР. - 35-00. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

3. Базаров, Иван Павлович. Термодинамика : [учеб. для ун-тов по спец. "Физика"] / Базаров, Иван Павлович. - 4-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1991. - 375, [1] с. : ил. ; 21 см. - Предм. указ.: с. 374-376. - ISBN 5-06-000626-3 : 1-30. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

4. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Задачи по термодинамике и статистической физике. М.: Изд-во «Высшая школа», 1997.

5. Климонтович Ю.Л.. Статистическая физика. М.: Наука, 1982.

б) дополнительная литература:

1. Московский С.Б. Курс статистической физики и термодинамики [Электронный ресурс] : учебник для вузов / С.Б. Московский. — Электрон. текстовые данные. — М. : Академический Проект, Фонд «Мир», 2015. — 317 с. — 5-8291-0616-7. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/36735.html>(18.06.2018).

2. Ландау, Лев Давидович. Статистическая физика : учеб. пособие для студ. физич. спец. вузов. Т.1, Ч.1 / Ландау, Лев Давидович, Е. М. Лифшиц ; Е.М.Лифшицем и Л.П.Питаевским. - М. : Наука, 1976. - 583 с. - (Серия "Теоретическая физика". Т.V). - 0-0. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

3. Квасников, И. А. Термодинамика и статистическая физика: Теория равновесия систем. : учебное пособие для вузов по спец. "Физика" / И. А. Квасников. - М. : Изд-во МГУ, 1991. - 793 с. : илю; ; 22 см. - 6-80. Местонахождение: Научная библиотека ДГУ

4. Гречко Л.Г., Сугаков В.И., Томасевич Д.Ф., Федорченко А.М. Задачи по теоретической физике. М.: Изд-во «Высшая школа», 1984.

## **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети <<Интернет>>, необходимых для освоения дисциплины**

1. Федеральный портал <http://edu.ru>:

2. Электронные каталоги Научной библиотеки ДГУ <http://elib.dgu.ru>:  
<http://edu.icc.dgu.ru>:

## **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Учебная программа по дисциплине *избранные вопросы статистической физики* распределена по темам и по часам на лекции, практические занятия; предусмотрена также самостоятельная учебная работа магистрантов. По каждой теме преподаватель указывает магистрантам необходимую литературу

(учебники, учебные пособия, сборники задач и упражнений), а также соответствующие темам параграфы и номера упражнений и задач.

Самостоятельная работа магистрантов складывается из работы над лекциями, с учебниками, решения рекомендуемых задач, подготовки к докладам и рефератам, а также из подготовки к контрольным работам, коллоквиумам и сдаче экзамена.

При работе с лекциями и учебниками особое внимание следует уделить изучению основных понятий и определений по данному разделу, а также особенностям примененных методов и технологий к решению прикладных задач. Решение достаточного количества задач по данной теме поможет творческому овладению методами доказательства математических утверждений.

После изучения каждой темы рекомендуется самостоятельно воспроизвести основные определения, формулировки и доказательства теорем. Для самопроверки рекомендуется также использовать контрольные вопросы, приводимые в учебниках после каждой темы.

Основная цель практических занятий – подготовка магистрантов к самостоятельной работе над теоретическим материалом и к решению задач и упражнений.

#### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При осуществлении образовательного процесса *поизбранным вопросам статистической физике* рекомендуются компьютерные технологии, основанные на операционных системах Windows, Ubuntu, Linux, прикладные программы Mathcad, Matlab, Mathematica, а также сайты образовательных учреждений и журналов, информационно-справочные системы, электронные учебники.

При проведении занятий рекомендуется использовать компьютеры, мультимедийные проекторы, интерактивные экраны.

#### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

Университет обладает достаточной базой аудиторий для проведения всех видов занятий, предусмотренных образовательной программой дисциплины теории случайных процессов. Кроме того, на факультете 4 компьютерных класса и 4 учебных класса, оснащенных компьютерами с соответствующим программным обеспечением и мультимедиа-проекторами.

В университете имеется необходимый комплект лицензионного программного обеспечения.