

# Статистическая физика

**Лекторы:**  
Валерий Уздин



**Язык:**  
Русский

**Трудоемкость:**  
3 з.е.

**Форма контроля:**  
Экзамен

**Образовательная программа:**  
Теоретическая и экспериментальная  
физика  
6 семестр

| Лекции<br>(ак.час)*               | Практические занятия<br>(ак.час) | Лабораторные занятия<br>(ак.час) |
|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|
| 32                                | 32                               |                                  |
| *1 академический час = 45 минутам |                                  |                                  |

В рамках курса теоретической физики систематически излагаются основные положения и понятия равновесной статистической физики и термодинамики, а также приложений статистической теории к физическим проблемам, химии, науке о материалах. В основе изложения лежит подход Гиббса. На единой динамической основе классической и квантовой механики вводится статистическое описание и получаются уравнения, управляющие эволюцией макроскопических систем. Особое внимание уделено использованию качественных методов для описания сложных систем взаимодействующих частиц. Общая теория используется для описания статистических свойств конкретных классических и квантовых моделей

# Содержание курса

## 6 семестр

### Статистическая физика

#### Структура курса

| Разделы  | Лекции<br>(ак. ч.) | Практики<br>(ак. ч.) |
|--|--------------------|----------------------|
| <b>1. Статистическое описание. Классические и квантовые модели</b>   |                    |                      |
| 1.1. Качественные методы в физике; Метод анализа размерности. Безразмерные параметры<br>1.2. Идеальный газ; газ твердых шаров; Газ Ван-дер-Ваальса<br>1.3. Классическая и квантовая плазма<br>1.4. Магнитные системы. Модели Гейзенберга и Изинга<br>1.5. Фотонный газ   | 6                  | 6                    |
| <b>2. Феноменологическая и статистическая термодинамика</b>  |                    |                      |
| 2.1. Энтропия в феноменологической и статистической теории<br>2.2. Системы в тепловом равновесии. Термодинамическая температура.<br>2.3. Диффузный контакт. Химический потенциал<br>2.4. Системы и тепловые резервуары. Канонический и большой канонический ансамбли<br>2.5. Распределение Больцмана. Статистическая сумма<br>2.6. Распределение Гиббса. Большая статистическая сумма<br>2.7. Расчет статистической суммы классических и квантовых систем<br>2.8. Термодинамика диэлектриков и магнетиков. Работа, внутренняя энергия, свободная энергия<br>2.9. Термодинамические потенциалы. Термодинамические тождества<br>2.10. Условия термодинамического равновесия. Флуктуации основных термодинамических величин   | 8                  | 8                    |
| <b>3. Фермионы и бозоны. Функция распределения</b>   |                    |                      |
| 3.1. Распределение Ферми-Дирака. Электроны в металлах. Энергия Ферми<br>3.2. Плотность состояний. Расчет плотности состояний невзаимодействующих частиц<br>3.3. Свойства вырожденного ферми газа при $\mu \neq 0$<br>3.4. Электроны в полупроводниках<br>3.5. Фермионы в магнитном поле. Парамагнетизм Паули. Диамагнетизм Ландау. Ферромагнетизм. Модель Стонера<br>3.6. Гигантское магнитосопротивление<br>3.7. Распределение Бозе-Эйнштейна. Бозе конденсация<br>3.8. Равновесное черное излучение. Фотонный газ. Формулы Планка, Релея-Джинса, Вина. Смещение Голицына. Термодинамические потенциалы<br>3.9. Твердые тела при низких и высоких температурах. Фононы. Интерполяционная формула Дебая<br>3.10. Возбуждения в сверхтекучей жидкости. Сверхтекучее и нормальное движение. Термодинамические функции гелия II | 6                  | 6                    |
| <b>4. Многофазные и многокомпонентные системы</b>  |                    |                      |
| 4.1. Фазовые переходы. Критическое состояние. Критические индексы<br>4.2. Теория фазовых переходов Ландау<br>4.3. Фазовые переходы в магнитных системах. Приближение среднего поля. Приближение Брэгга-Вильямса<br>4.4. Химические реакции. Теория переходного состояния.  | 4                  | 4                    |
| <b>5. Динамические основы статистического описания.</b>  |                    |                      |
| 5.1. Функции распределения. Уравнение Лиувилля. Статистический оператор<br>5.2. Уравнение Неймана<br>5.3. Марковские процессы. Уравнение баланса и диссипация. Времена релаксации<br>5.4. Уравнение Больцмана; интеграл столкновений; H-теорема Больцмана<br>5.5. Переход к гидродинамике<br>5.6. Случайные процессы. Уравнение Фоккера-Планка. Броуновское движение<br>5.7. уравнение Ланжевена. Корреляционная функция и спектральная плотность флуктуаций<br>5.8. Динамические системы с флуктуирующими параметрами. Метод Монте-Карло. Алгоритм Метрополиса.   | 6                  | 6                    |
| <b>6. Дополнительные главы статистической физики</b>   |                    |                      |

|  |   |   |
|--|---|---|
| 6.1. Континуальный интеграл в статистической физике<br>6.2. Туннелирование. Инстантоны<br>6.3. Метод функций Грина | 2 | 2 |
|--|---|---|

## Рекомендуемые ресурсы

Основная:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика. Физическая кинетика. Том X : учебное пособие / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 2-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. — 536 с. — ISBN 5-9221-0125-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2692> (Дата обращения 15.01.2023)
2. Чарльз Киттель. Статистическая термодинамика. М: 1977. - 336 с.
3. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика. Издательство "Наука", Главная редакция физико-математической литературы, Учебное пособие. 1981. - 352 с.
4. А. С. Кондратьев, В.П. Романов, Задачи по статистической физике, Учебное пособие для вузов. - М.: Наука - 1992. - 152 с.
5. Ю.Б. Румер, М.Н. Рывкин Термодинамика, статистическая физика и кинетика. Издательство: М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы; Издание 2-е, испр. и доп. Переплет: твердый; 1977. - 552 с.
6. Р. Кубо Статистическая механика, М.: Мир, 1967. - 452 с.

Дополнительная:

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учебное пособие : в 10 томах / Л. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц, Л. П. Питаевский ; под редакцией Г. С. Ландсберга. — 5-е изд., испр. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2021 — Том 9 : Статистическая физика. Ч. 2. Теория конденсированного состояния — 2021. — 440 с. — ISBN 978-5-9221-1580-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/185699> (Дата обращения 15.01.2023)
2. Дж. Уленбек, Дж. Форд, Лекции по статистической механике; Под ред. И. А. Квасникова · Москва : Мир, 1965 · 307 с.
3. Фейнман Р.М., Квантовая механика и интегралы по траекториям.: Мир. 1968. 382 с. ил. Language: RussianAbstract.
4. Фейнман Р.М., Статистическая механика. М.: Мир, 1975. 407 с
5. Вайнштейн А.И., Захаров В.И., Новиков В.А., Шифман М.А., 1982. Инстантонная азбука. Успехи физических наук, 136(4), pp.553-591.

## Политика оценивания

**Оценочные средства дисциплины: практические занятия, коллоквиум, устный экзамен.**

На финальную оценку влияет как результат экзамена, так и работа на практических занятиях по решению задач. Промежуточная аттестация проходит в формате защиты 30 решенных задач. Экзамен проходит по всем разделам дисциплины в формате устной беседы с лектором. Особое внимание будет уделяться темам, которые вызвали трудности при решении задач.

Оценка выставляется по пятибалльной шкале, где:

**Оценка 5 - «Отлично»** – обучающийся глубоко и прочно усвоил весь программный материал, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает, не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами и практическими заданиями, правильно обосновывает принятые решения, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.

**Оценка 4 - «Хорошо»** – обучающийся твердо знает программный материал, грамотно и по существу излагает его, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, может правильно применять теоретические положения и владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий.

**Оценка 3 - «Удовлетворительно»** – обучающийся усвоил только основной материал, но не знает отдельных деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность в изложении программного материала и испытывает затруднения в выполнении практических заданий.

**Оценка 2 - «Неудовлетворительно»** – обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические задания, задачи.