**Санкт-Петербургский государственный университет**

**Р А Б О Ч А Я П Р О Г Р А М М А**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Статистическая физика и термодинамика

Statistical Physics and Thermodynamics

**Язык(и) обучения**

русский

Трудоемкость в зачетных единицах: 5

Регистрационный номер рабочей программы: 036223

**Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

**1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Формирование у обучающихся знаний о завершающем разделе теоретической физики – статистической физике и термодинамике. Знакомство с основными принципами построения неравновесной и равновесной классической и квантовой статистической физики, понимание связи статистической физики и термодинамики, изучение теории равновесных ансамблей и распределений Гиббса, рассмотрение идеальных газов, квантовых и классического, методов статистического описания твердых тел и жидкостей, теории флуктуаций, теории фазовых переходов первого и второго рода, основ физической кинетики, включающих теорию броуновского движения, кинетическое уравнение Больцмана и уравнение Фоккера-Планка. Задачей курса является научить использовать методы статистической физики в различных областях физики конденсированных систем, химии, биофизике и технике.

**1.2. Требования подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)**

Обучающиеся должны знать основные положения молекулярной физики, классической и квантовой механики, электродинамики.

**1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

Прослушав курс, обучающиеся должны:

знать основные принципы построения статистического и термодинамического подходов при описании классических и квантовых систем,

знать равновесные ансамбли Гиббса, функции распределения для них и их характеристики,

знать основные термодинамические потенциалы и владеть основами термодинамических преобразований, уметь записать основное термодинамическое соотношение,

уметь применять статистические и термодинамические подходы для описания газов, твердых тел и жидкостей, систем с кулоновскими взаимодействиями,

иметь представления о фазовых переходах первого и второго рода, знать основные принципы построения теории фазовых переходов второго рода,

знать принципы построения термодинамической теории флуктуаций, уметь вычислять флуктуации термодинамических величин, иметь представления о временных корреляционных функциях и их свойствах,

знать положения теории броуновского движения на основе уравнения Ланжевена, иметь понятие о корреляционных функциях,

уметь получать уравнение Фоккера-Планка, знать область применимости этого кинетического уравнения, знать примеры получения уравнения Фоккера-Планка для различных физических систем.

**1.4. Перечень и объём активных и интерактивных форм учебных занятий**

Практические занятия,,консультации , промежуточная аттестация - зачет, экзамен. Объем часов указан в разделе 2.1.

**Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий**

**2.1. Организация учебных занятий**

**2.1.1 Основной курс**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины,  практики и т.п. | Контактная работа обучающихся с преподавателем | | | | | | | | | | | | | | | | Самостоятельная работа | | | | | | | Объём активных и интерактивных  форм учебных занятий | Трудоёмкость |
| лекции | семинары | | консультации | практические  занятия | лабораторные работы | | контрольные работы | коллоквиумы | текущий контроль | | промежуточная  аттестация | итоговая аттестация | под руководством преподавателя | | в присутствии  преподавателя | сам. раб. с использованием  методических материалов | | текущий контроль (сам.раб.) | | промежуточная аттестация (сам.раб.) | | итоговая аттестация  (сам.раб.) |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 6 | 30 |  | |  | 20 |  | | 8 |  |  | | 2 |  |  | |  | 10 | |  | | 2 | |  | 30 | 2 |
|  | 2-50 |  | |  | 2-50 |  | | 2-50 |  |  | | 2-50 |  |  | |  | 1-1 | |  | | 1-1 | |  |  |  |
| Семестр 7 | 32 |  | | 2 | 22 |  | | 8 |  |  | | 2 |  |  | |  | 12 | |  | | 30 | |  | 34 | 3 |
|  | 2-50 |  | | 2-50 | 2-50 |  | | 2-50 |  |  | | 2-50 |  |  | |  | 1-1 | |  | | 1-1 | |  |  |  |
| ИТОГО | 62 |  | | 2 | 42 |  | | 16 |  |  | | 4 |  |  | |  | 22 | |  | | 32 | |  | 64 | 5 |
| Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п. | | | Формы текущего контроля успеваемости | | | | | | | | Виды промежуточной аттестации | | | | | | | Виды итоговой аттестации  (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ) | | | | | | | |
| Формы | | | | Сроки | | | | Виды | | | | Сроки | | | Виды | | | | Сроки | | | |
| ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Форма обучения: очная | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Семестр 6 | | |  | | | |  | | | | зачёт, устно, традиционная форма | | | | по графику промежуточной аттестации | | | | |  | |  | | | |
| Семестр 7 | | |  | | | |  | | | | экзамен, устно, традиционная форма | | | | по графику промежуточной аттестации | | | | |  | |  | | | |

**2.2. Структура и содержание учебных занятий**

Период обучения (модуль): **Семестр 6**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| № п/п | Наименование темы (раздела, части) | Вид учебных занятий |
| 1 | Предмет статистической физики. Фазовое пространство, статистический ансамбль, функция распределения по состояниям в фазовом пространстве. Понятия подсистемы, статистической независимости, радиуса корреляции. Среднеквадратичные флуктуации аддитивных величин. Полное и неполное описание. | лекция |
|
|
| 2 | Теорема Лиувилля. Уравнение Лиувилля для функции распределения. Эволюция физических величин. | лекция |
| 3 | Статистическое распределение для квантовых систем. Чистое и смешанное состояния. Статистический оператор (матрица плотности). Уравнение Неймана (квантовое уравнение Лиувилля) для эволюции матрицы плотности. Полное и неполное описание в квантовой статистике. Правила соответствия квантовой и классической статистик. | лекция |
| 4 | Энтропия квантовых и классических систем. Экстремальный энтропийный принцип. Равновесные и квазиравновесные распределения. | лекция |
| 5 | Микроканоническое распределение, статистический вес и температура. Эргодическая гипотеза. Каноническое распределение, статистическая сумма и свободная энергия. | лекция |
| 6 | Большое каноническое распределение, большой термодинамический потенциал, большая статистическая сумма и химический потенциал. Изотермо-изобарический ансамбль, термодинамический потенциал, давление. | лекция |
| 7 | Эквивалентность статистических ансамблей. Вывод канонического распределения из микроканонического (теорема Гиббса о каноническом распределении). Основное термодинамическое соотношение в статистической физике. Естественные переменные основных термодинамических потенциалов. Теорема о малых добавках. Зависимость термодинамических величин от чисел частиц. Соотношение Гиббса-Дюгема. | лекция |
| 8 | Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики. Второе начало термодинамики. Неравенство Клаузиуса. Проблема необратимости. Закон возрастания энтропии. Минимальная работа, производимая над телом, находящимся во внешней среде. | лекция |
| 9 | Термодинамические неравенства. Третье начало термодинамики. Теорема Нернста. | лекция |
| 10 | Фазы вещества, фазовое равновесие, правило фаз Гиббса, формула Клапейрона-Клаузиуса. Стабильные, метастабильные и неустойчивые состояния. Нуклеация. Термодинамика и кинетика образования зародышей новой фазы. | лекция |
| 11 | Распределение по импульсам и координатам. Распределение Максвелла. Идеальный газ, распределение Больцмана. Свободная энергия и уравнение состояния больцмановского идеального газа. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью. Закон равнораспределения. Одноатомный идеальный газ. Химический потенциал одноатомного идеального газа. Двухатомный газ: вращения и колебания молекул. | лекция |
| 12 | Термодинамика: основные понятия (термодинамические потенциалы и их естественные переменные, первое начало термодинамики, термодинамическое определение энтропии, химический потенциал; соотношения Максвелла, получение уравнения состояния и др. характеристик системы из явного вида термод. потенциалов, теплоёмкости и др. экспериментально измеримые т/д производные) | практические занятия |
| 13 | Замена переменных в частных производных: метод якобианов. Зависимость т/д потенциалов от числа частиц, соотношение Гиббса-Дюгема и пр. полезные применения соображений интенсивности-аддитивности т/д величин. | практические занятия |
| 14 | Статфизика: основные понятия (фазовое пространство, функция распределения, статсумма, связь статсуммы и т/д потенциала). Статистические ансамбли Гиббса. Получение уравнения состояния, вычисление внутренней энергии и хим. потенциала идеального газа с использованием канонического ансамбля. | практические занятия |
| 15 | Расчет характеристик идеального газа в большом каноническом и изотермо-изобарическом ансамблях. | практические занятия |
| 16 | Слабо неидеальный газ: вириальное разложение для давления, второй вириальный коэффициент, точка Бойля. Вычисление поправки к давлению в модели твёрдых сфер и с учётом слабого притяжения | практические занятия |
| 17 | Газ Ван-дер-Ваальса. Процесс Джоуля-Томпсона, точка инверсии | практические занятия |
| 18 | Равновесие фаз: условия равновесия, кривая сосуществования, крит. точка, области метастабильности, уравнение состояния в малой окрестности крит. точки. | практические занятия |
| 19 | Промежуточная аттестация | Зачет |

Период обучения (модуль): **Семестр 7**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Распределение Ферми. Распределение Бозе. Термодинамика Ферми- и Бозе-газа. Вырожденный электронный газ. Вырожденный Бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна. | Лекция |
| 2 | Черное излучение. Распределение Планка. Термодинамика черного излучения. | Лекция |
| 3 | Колебания кристаллической решетки. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Фононы. Твердые тела при низких температурах. Твердые тела при высоких температурах. Интерполяционная формула Дебая. | Лекция |
| 4 | Частичные функции распределения для канонического и большого канонического ансамблей. Работа по внесению молекулы в систему. Соотношение Перкуса. Связь радиальной и парной корреляционной функции со средней энергией. Связь радиальной и парной корреляционной функции с давлением. | Лекция |
| 5 | Рассеяние рентгеновских лучей в жидкостях. Экспериментальное определение парной корреляционной функции. | Лекция |
| 6 | Цепочка уравнений ББГКИ для равновесных частичных функций распределения. Потенциал средней силы. Суперпозиционное приближение и уравнение Борна-Кирквуда-Ивона. Решение уравнения Борна-Кирквуда-Ивона для неидеального газа с кулоновским взаимодействием. Формула Дебая-Хюккеля. | Лекция |
| 7 | Функция Майера. Разложение конфигурационного интеграла по майеровским функциям, область применимости разложения. Второй вириальный коэффициент. Процесс Джоуля-Томсона. Уравнение состояния Ван дер Ваальса. Уравнение состояния для жестких сфер. Общий вид вириального разложения давления и разложения по активностям большой статистической суммы, представление коэффициентов разложения в виде диаграмм. | Лекция |
| 8 | Флуктуации экстенсивных термодинамических величин в различных равновесных ансамблях. Функция распределения для флуктуаций. Распределение Гаусса для одной флуктуирующей величины. Распределение Гаусса для нескольких флуктуирующих величин. Теорема о минимальной работе и флуктуации основных термодинамических величин | лекция |
| 9 | Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы второго рода. Критические индексы. Теория Ландау фазовых переходов II рода. Влияние внешнего однородного поля в теории Ландау фазовых переходов. Поведение восприимчивости и критерий слабого поля в теории Ландау фазовых переходов II рода. Флуктуации параметра порядка. Учет неоднородности флуктуаций. Критерий Леванюка-Гинзбурга. Эффективный гамильтониан. Масштабная инвариантность (скейлинг). | Лекция |
| 10 | Броуновское движение. Уравнение Ланжевена. Корреляционные функции и их спектральные плотности в теории броуновского движения. Формула Эйнштейна. Флуктуационно-диссипационная теорема. | Лекция |
| 11 | Кинетическое уравнение Фоккера-Планка. Вывод формулы Эйнштейна из уравнения Фоккера-Планка. Приложения уравнения Фоккера-Планка. | Лекция |
| 12 | Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Н-теорема Больцмана. | Лекция |
| 13 | Квантовый идеальный ферми газ. Распределение Ферми. Энергия Ферми. Условие идеальности. Уравнение состояния, внутренняя энергия и теплоёмкость идеального ферми-газа. Теорема о малых добавках. | Практические занятия |
| 14 | Двухатомный идеальный газ: классическая теорема о равнораспределении, учёт колебательных и вращательных степеней свободы при вычислении внутренней энергии и теплоёмкости квантового газа | практические занятия |
| 15 | Распределение Бозе. Бозонный газ при низких температурах: конденсация Бозе-Эйнштейна. | Практические занятия |
| 16 | Теория флуктуаций: расчёт флуктуаций в каноническом и большом каноническом ансамблях. | Практические занятия |
| 17 | Расчет флуктуаций т/д величин с использованием функции распределения флуктуаций. | Практические занятия |
| 18 | Броуновское движение, уравнение Ланжевена как пример стохастического уравнения, формула Эйнштейна | практические занятия |
| 19 | Промежуточная аттестация | Экзамен |

**Раздел 3. Обеспечение учебных занятий**

**3.1. Методическое обеспечение**

**3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины**

Посещение лекций, ведение конспекта, своевременное решение заданий, подготовка к лекциям по обязательной и дополнительной литературе, повторение пройденного материала

**3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы**

Изучение обязательной и дополнительной литературы (см. пункты 3.4.1-3.4.3)

**3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания**

Промежуточной аттестацией являются зачет и экзамен. Зачет проводится в соответствии с расписанием промежуточной аттестации в конце 6 семестра. Чтобы получить зачет, обучающийся должен иметь положительные оценки по контрольным работам (сдать преподавателю все контрольные задачи), сдать краткий теоретический тест по материалу курса в 6 семестре (не менее трех правильных ответов по тесту). Экзамен проводится в соответствии с расписанием промежуточной аттестации в конце 6 семестра. На экзамене обучающийся получает билет, который состоит из 2 вопросов. Знания курса оцениваются по пятибалльной шкале:

5 баллов - Ответ полный, без замечаний, дана интерпретация полученных результатов, проиллюстрировано практическими примерами, есть элементы творческого отношения к предмету.

4 балла - В ответе есть незначительные упущения, вывод основных соотношений дан недостаточно подробно, дана интерпретация полученных результатов, проиллюстрировано практическими примерами.

3 балла - В ответе есть упущения, не все основные соотношения написаны или в их выводе допущены ошибки, не полная интерпретация полученных результатов, проявлена несистематичность в знаниях.

2 балла - Продемонстрировано знание некоторых основных положений теории при существенных упущениях в деталях, слабое представление о практическом применении теории.

1 балл - Нет ответа на поставленный вопрос (основные соотношения отсутствуют или написаны неверно).

Оценке отлично соответствует 5 баллов.

Оценке хорошо соответствует 4 балла.

Оценке удовлетворительно соответствует 3 балла.

Оценке неудовлетворительно соответствует 1 или 2 балла.

**3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)**

Окончательный контроль знаний по дисциплине осуществляется на экзамене, проводимом в устной форме.

Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу

1. Предмет статистической физики. Фазовое пространство, статистический ансамбль, функция распределения по состояниям в фазовом пространстве. Полное и неполное описание.

2. Понятия подсистемы, статистической независимости, радиуса корреляции. Среднеквадратичные флуктуации аддитивных величин.

3. Теорема Лиувилля.

4. Уравнение Лиувилля для функции распределения. Эволюция физических величин.

5. Статистическое распределение для квантовых систем. Чистое и смешанное состояния. Статистический оператор (матрица плотности).

6. Уравнение Неймана (квантовое уравнение Лиувилля) для эволюции матрицы плотности.

7. Полное и неполное описание в квантовой статистике.

8. Правила соответствия квантовой и классической статистик.

9. Энтропия квантовых и классических систем.

10. Экстремальный энтропийный принцип. Равновесные и квазиравновесные распределения.

11. Микроканоническое распределение, статистический вес и температура. Эргодическая гипотеза.

12. Каноническое распределение, статистическая сумма и свободная энергия.

13. Большое каноническое распределение, большой термодинамический потенциал, большая статистическая сумма и химический потенциал.

14. Изотермо-изобарический ансамбль, термодинамический потенциал, давление.

15. Эквивалентность статистических ансамблей.

16. Вывод канонического распределения из микроканонического (теорема Гиббса о каноническом распределении).

17. Основное термодинамическое соотношение в статистической физике.

18. Естественные переменные основных термодинамических потенциалов. Теорема о малых добавках.

19. Зависимость термодинамических величин от чисел частиц. Соотношение Гиббса-Дюгема.

20. Работа и количество тепла. Первое начало термодинамики.

21. Второе начало термодинамики. Неравенство Клаузиуса.

22. Проблема необратимости. Закон возрастания энтропии.

23. Минимальная работа, производимая над телом, находящимся во внешней среде.

24. Цикл и теоремы Карно.

25. Термодинамические неравенства.

26. Третье начало термодинамики. Теорема Нернста.

27. Фазы вещества, фазовое равновесие, правило фаз Гиббса.

28. Фазовые диаграммы. Фазовые переходы первого рода. Формула Клапейрона-Клаузиуса.

29. Нуклеация. Образование зародышей новой фазы. Кинетика нуклеации.

30. Распределение Максвелла. Идеальный газ, распределение Больцмана.

31. Свободная энергия и уравнение состояния больцмановского идеального газа.

32. Химический потенциал одноатомного идеального газа.

33. Теплоемкость одноатомного идеального газа. Закон равнораспределения по поступательным степеням свободы.

34. Закон равнораспределения при учете вращательных и колебательных степеней свободы.

35. Колебательные и вращательные степени свободы при низких температурах.

36. Квантовые поправки в теории теплоемкости идеальных газов.

37. Распределения Ферми и Бозе для квантовых идеальных газов.

38. Термодинамика Ферми- и Бозе-газа.

39. Вырожденный электронный газ.

40. Вырожденный Бозе-газ. Конденсация Бозе-Эйнштейна.

41. Черное излучение. Распределение Планка. Термодинамика черного излучения.

42. Колебания кристаллической решетки. Акустическая и оптическая ветви колебаний. Фононы.

43. Твердые тела при низких температурах.

44. Твердые тела при высоких температурах.

45. Интерполяционная формула Дебая.

46. Частичные функции распределения для канонического и большого канонического ансамблей. Работа по внесению молекулы в систему.

47. Связь радиальной и парной корреляционной функции со средней энергией.

48. Связь радиальной и парной корреляционной функции с давлением.

49. Рассеяние рентгеновских лучей в жидкостях. Экспериментальное определение парной корреляционной функции.

50. Цепочка уравнений ББГКИ для равновесных частичных функций распределения. Потенциал средней силы.

51. Суперпозиционное приближение и уравнение Борна-Кирквуда-Ивона.

52. Решение уравнения Борна-Кирквуда-Ивона для неидеального газа с кулоновским взаимодействием. Формула Дебая-Хюккеля.

53. Функция Майера. Разложение конфигурационного интеграла по майеровским функциям, область применимости разложения.

54. Второй вириальный коэффициент.

55. Уравнение состояния Ван дер Ваальса. Уравнение состояния для твёрдых сфер.

56. Общий вид вириального разложения давления и разложения по активностям большой статистической суммы, представление коэффициентов разложения в виде диаграмм.

57. Флуктуации экстенсивных термодинамических величин в различных равновесных ансамблях.

58. Функция распределения для флуктуаций. Распределение Гаусса для одной флуктуирующей величины.

59. Распределение Гаусса для нескольких флуктуирующих величин.

60. Теорема о минимальной работе и флуктуации основных термодинамических величин.

61. Классификация фазовых переходов. Фазовые переходы второго рода. Критические индексы.

62. Теория Ландау фазовых переходов II рода.

63. Влияние внешнего однородного поля в теории Ландау фазовых переходов.

64. Поведение восприимчивости и критерий слабого поля в теории Ландау фазовых переходов II рода.

65. Флуктуации параметра порядка. Учет неоднородности флуктуаций.

66. Критерий Леванюка-Гинзбурга.

67. Эффективный гамильтониан. Масштабная инвариантность (скейлинг).

68. Броуновское движение. Уравнение Ланжевена.

69. Корреляционные функции и их спектральные плотности в теории броуновского движения.

70. Формула Эйнштейна. Флуктуационно-диссипационная теорема.

71. Кинетическое уравнение Фоккера-Планка. Вывод формулы Эйнштейна из уравнения Фоккера-Планка.

72. Кинетическое уравнение Больцмана. Интеграл столкновений. Н-теорема Больцмана.

**3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса**

Оценка обучающимися содержания и качества учебного процесса по дисциплине осуществляется в установленном в СПбГУ порядке.

**3.2. Кадровое обеспечение**

**3.2.1 Образование и (или) квалификация штатных преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий**

учёная степень не ниже кандидата физико-математических наук

**3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом**

не требуется

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

**3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий**

Аудитория на 50 человек

**3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования**

Компьютер, мультимедийный проектор и экран, ПО ОС Windows и MS Office, Acrobat Reader.

**3.3.3 Характеристики специализированного оборудования**

Не предусмотрено.

**3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения**

Стандартное программное обеспечение

**3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов**

Кусок мела на лекцию и кусок мела на практическое занятие. Бумага для промежуточной аттестации

**3.4. Информационное обеспечение**

**3.4.1 Список обязательной литературы**

1. Куни Ф.М. Статистическая физика и термодинамика. М.: Наука, 1981.352 с.

2. Ландау, Л. Д., Лифшиц, Е. М. Статистическая физика. Часть 1: Учебное пособие для вузов. М.: Физматлит, 2010. 616 с.

3. Лифшиц, Е. М., Питаевский, Л. П. Физическая кинетика. изд. 2. М.: Физматлит, 2007. 536 с.

4. Квасников И.A. Термодинамика и статистическая физика. Toм 1. Теория равновесных систем: термодинамика. М.: УРСС, 2002. 238 с.

5. Квасников И.A. Термодинамика и статистическая физика. Т.2: Теория равновесных систем: Статистическая физика. Т.2. Изд.4. М.: УРСС, 2013. 436 с.

6. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика. Т.3: Теория неравновесных систем. Т.3. Изд.4. М.: УРСС, 2014. 448 с.

7. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика: Квантовая статистика. Т.4. Изд.стереотип. М.: УРСС, 2014. 352 с.

8. Кондратьев А.С., Романов В.П. Задачи по статистической физике. М.: «Наука», 1992. 152 с.

9. Кубо Р. Статистическая механика. - М.: Мир, 1967. - 452 с.

10. Кубо Р. Термодинамика.- М.: Мир, 1970.

**3.4.2 Список дополнительной литературы**

1. Балеску Р. Равновесная и неравновесная статистическая механика. Т. 1, 2 - М.: Мир, 1978.

2. Фейнман Р. Статистическая механика: Курс лекций. - М.: Платон, 2000. - 407 с.

3. Зайцев Р.О. Статистическая физика. -М.: МФТИ, 2004.

4. Резибуа П., Де Ленер М. Классическая кинетическая теория газов и жидкостей. М: Мир, 1980.

5. Садовский М.В. Лекции по статистической физике. Екатеринбург: Институт Электрофизики УрО РАН, 1999.

6. Пригожин И., Кондепуди Д. Современная термодинамика. М.: Мир, 2002.

7. [McQuarrie](https://www.bookdepository.com/author/Donald-A-McQuarrie) D.A. Statistical Mechanics. 2 ed.  Sausalito: University Science Books, 2011.

8. Chandler D. Introduction to modern statistical thermodynamics. Oxford University Press, 1987.

**3.4.3 Перечень иных информационных источников**

http://stat.phys.spbu.ru/

**Раздел 4. Разработчики программы**

Щёкин Александр Кимович, чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессор, профессор Кафедры статистической физики, akshch@list.ru

Волков Николай Александрович, к.ф.-м.н., доцент, Кафедры статистической физики, nikolay.volkoff@gmail.com