

**Таджикский национальный университет
Физический факультет
Кафедра теоретической физики**



**СИЛЛАБУС (РАСШИРЕННАЯ РАБОЧАЯ
ПРОГРАММА) ПО СПЕЦИАЛЬНОМУ КУРСУ
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННЫХ СРЕД ДЛЯ
СТУДЕНТОВ 4-ГО КУРСА СПЕЦИАЛЬНОСТИ
31040103 – «ФИЗИКА»**

Предмет: Физика конденсированных сред

4 курс, 8 семестр

Специальность: 31040103 – «Физика»

Общее количество кредитов и учебных часов: 6 кредит (144 ч.)

лекция – 48 ч.

практическое занятие – 48 ч.

СРС – 48 ч.

Душанбе – 2025

Силлабус (расширенная рабочая программа) составлен доцентом кафедрой теоретической физики Зарифзодой А.К. для студентов 4-го курса специальности 31040103 – «Физика».

Ф.И.О. преподавателя	Курс	4	Расписание занятий
Зарифзода Афзалшах Кахрамон	Семестр	8	
	Кредиты	6	
Адрес преподавателя: г. Душанбе, Таджикский национальный университет, «Студенческий городок», физический факультет.	Лекция	48	
	СРСП	48	
	СРС	48	
	Прием СРС		
	Форма итогового контроля	Экзамен	

Силлабус (расширенная рабочая программа) составлен на основе государственного стандарта высшего профессионального образования Республики Таджикистана, утверждённый Министерством образования и науки Республики Таджикистана 11.06.2005 г., Положение о кредитной системе обучения в высших учебных заведениях Республики Таджикистана (Постановление совета Министерство образования и науки Республики Таджикистана от 30.12.2016, № 19/24) и государственного образовательного стандарта специальности 31040103 – «Физика».

Силлабус (расширенная рабочая программа) утвержден на заседании кафедры протокол № 7 от «24» 01 2025г.

Заведующий кафедрой

Одилов О.Ш.

Утверждена методическим советом физического факультета протокол № 5 от «25» 01 2025г.

Председатель НМС физического факультета

Истамов Ф.



ГЛАВА I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Спецкурс «Физика конденсированных сред» входит в учебный план специальности «Физика» физического факультета и занимает особое место в формировании студента как высококвалифицированного специалиста. При обучении курса предоставляются информации о структурных уровнях материальных веществ и их составляющие, типами межчастичного взаимодействия, взаимодействия частиц веществ при их нахождении в различных агрегатных состояниях и т.д.

1.2. Краткое описание предмета

Конденсированное состояние вещества – понятие, объединяющее твердые тела и жидкости при наличии связи между структурными элементами (атомами, молекулами, ионами и др.), в отличие от газового состояния, где такая зависимость отсутствует. Изучение физико-химических свойств твердых тел и жидкостей достигло огромных успехов, развитие которых привело к установлению фундаментальных свойств материального мира и широко используются в различных областях: медицине, химической технологии, промышленности и технике. В спецкурсе «Физика конденсированных сред» сделана попытка привести избранные темы и вопросы физики конденсированного состояния, которые были бы доступны и полезны студентам для проведения ими научных исследований. Предлагаемый курс посвящен изучению равновесной статистической теории жидкостей, где приводятся основные методы статистической термодинамики, теория свободного объема, определение и общие свойства коррелятивных функций распределения, структура простых жидкостей, радиальная функция распределения реальных жидкостей, структурно-диффузионная модель жидкости, уравнения для неравновесных коррелятивных функций распределения в фазовом пространстве и т.д.

1.3. Цель и задачи предмета

Основная цель курса является формирование у студентов базового представления о структуре материи, объяснить им характер взаимодействия между молекулами и атомами, математически описать фундаментальные законы природы. Студент должен знать о структуре веществах, типах кристаллических решеток в твердых телах и кинетике их структурных изменений, свойствах жидкостей и процессах плавления, диффузии, вязкости и т.д.

Задачи курса являются:

- объяснение основных понятий физики конденсированных сред;
- объяснение сущности физических законов действующих в микро- и макромире;
- содействию развитию навыков студентов в приобретении знаний при изучении естественных наук;
- объяснить роль и связь этого курса с другими естественными науками (физикой, химией и биологией).

1.4. Пререквизиты: (связь дисциплины с другими предметами, осваиваемыми студентом) предметы освоенные студентом в период обучения в общеобразовательном учреждении среднего образования: биология, химия, математика, информатика.

1.5. Постреквизиты: (связь дисциплины с другими предметами, которые студент изучает в период обучения): теоретическая механика, электродинамика, квантовая механика, статистическая физика и т.д.

1.6. Основные требования к разделам предмета и его изучению:

1.6.1. Требования к владению предметом (профессиональные навыки).

В результате изучения дисциплины студент должен:

- освоить основные понятия физики конденсированных сред;
- освоить математический аппарат описания физических явлений;
- понимать сущности существующих законов проявляющихся в микромире;
- иметь представление о физическом картине мира;
- уметь решать поставленные физические задачи.

Форму урока – лекция, практические аудиторные занятия, подготовка докладов к конференции, самостоятельная текущая работа, выполнение индивидуальных заданий для каждой темы

Методы обучения – решение заданий, подготовка докладов, выполнение самостоятельных работ, дискуссия, прием тестов и т.д.

ГЛАВА II. КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН ТЕМЫ СПЕЦИАЛЬНОГО КУРСА

Общее количество кредитов 8 кр. (192 часов)

Аудиторные лекционно-теоретические занятия – 48 часов

Аудиторные практические занятия – 48 часов

Специальная лабораторная работа – 48 часов

Самостоятельные работы студентов – 48 часов

2.1. Общий календарный план темы учебного предмета

Содержание темы

№	Неделя	Наименование тем и параграфов	Аудиторные занятия			СРС	Всего	Литература
			Лекция	СРСП	Спецлаб			
1.	I	Особенности жидкого состояния вещества и состояние теории жидкостей. Тепловое движение молекул в жидкостях. Жидкости простые и не простые.	3	3	3	3	12	1–4
2.	II	Основы статистической термодинамики. Уравнение состояния газов и жидкостей.	3	3	3	3	12	1–4
3.	III	Теоретическое уравнение состояния неидеального газа. Свободная энергия разряженного газа при учете влияния взаимодействия частиц.	3	3	3	3	12	1–4
4.	IV	О теории свободного объема.	3	3	3	3	12	1–4
5.	V	Определение и общие свойства коррелятивных функций.	3	3	3	3	12	1–4
6.	VI	Флуктуации число частиц в жидкости. Энтропия.	3	3	3	3	12	1–4
7.	VII	Упругие свойства жидкостей. Рассеяние света и рентгеновских лучей жидкостями.	3	3	3	3	12	1–4
8.	VIII	Радиальная функция распределения реальных жидкостей. Радиальная функция распределения одномерной модели жидкости.	3	3	3	3	12	1–4
9.	IX	Сопоставление структуры жидкости и кристалла. Структурно-диффузионная модель жидкости.	3	3	3	3	12	1–4
10.	X	Флуктуации координационных чисел в простых жидкостях.	3	3	3	3	12	1–4
11.	XI	Мгновенный и средний порядок в простых жидкостях. Связь структуры жидкостей с их физическими свойствами.	3	3	3	3	12	1–4
12.	XII	Уравнения для коррелятивных функций. Вывод основных уравнений.	3	3	3	3	12	1–4
13.	XIII	Уравнения для коррелятивных функций системы электрически заряженных частиц.	3	3	3	3	12	1–4
14.	XIV	Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения.	3	3	3	3	12	1–4
15.	XV	Общее исследование уравнения Боголюбова и Кирквуда.	3	3	3	3	12	1–4
16.	XVI	Уравнения для коррелятивных функций распределения в фазовом пространстве.	3	3	3	3	12	1–4
<i>Всего:</i>			48	48	48	48	192	

2.2. Содержание глав темы спецкурса

Тема 1. Особенности жидкого состояния вещества и состояние теории жидкостей.

Теория Ван-дер-Ваальса о строение жидкостей. Бесструктурная модель жидкости. Тепловое движение молекул в жидкостях. Простые и сложные жидкости. Теория свободного объема.

Тема 2. Основы статистической термодинамики. Уравнение состояния газов и жидкостей.

Гамильтониан системы. Фазовое пространство. Вероятность распределения частиц. Статистический интеграл. Конфигурационный интеграл. Свободная энергия, давление, энтропия и химический потенциал системы. Уравнение Ван-дер-Ваальса, Дитеричи, Бергло.

Тема 3. Теоретическое уравнение состояния неидеального газа. Свободная энергия разряженного газа при учете влияния взаимодействия частиц.

Статистический интеграл состояния для идеального газа. Функция Гамильтона плотного газа. Применение классической статистики к идеальному одноатомному газу. Статистический интеграл при учете взаимодействия молекул.

Тема 4. О теории свободного объема.

Решеточная и ячеечная теория жидкостей. Идея дырочной модели жидкости. Конфигурационный интеграл. Определение свободного объема. Статистический интеграл.

Тема 5. Определение и общие свойства коррелятивных функций. Флуктуации число частиц в жидкости. Энтропия.

Частные функции распределения частиц. Одночастичная, двухчастичная и s-частичная функция распределения. Нормировка коррелятивных функций распределения. Бинарная коррелятивная функция распределения. Радиальная функция распределения. Средние значения величин. Определение энтропии через коррелятивных функций распределения.

Тема 6. Упругие свойства жидкостей. Рассеяние света и рентгеновских лучей жидкостями.

Коэффициент изотермической сжимаемости и модуль сжатия. Обобщенный закон Гука. Выражения для модуля сдвига и сжатия. Адиабатический модуль сжимаемости. Интенсивность рассеяния электромагнитных волн.

Тема 7. Радиальная функция распределения реальных жидкостей. Радиальная функция распределения одномерной модели жидкости.

Описание молекулярной структуры жидкости с помощью радиальной функции распределения. Рентгенографический анализ молекулярной структуры жидкостей. Радиальная функция распределения одномерной системы.

Тема 8. Сопоставление структуры жидкости и кристалла. Структурно-диффузионная модель жидкости.

Радиальная функция распределения для кристаллических и жидких систем. Координационные числа. Диффузионная модель жидкости.

Тема 9. Флуктуации координационных чисел в простых жидкостях.

Флуктуация число частиц в объеме жидкости. Первая и вторая координационные сферы.

Тема 10. Мгновенный и средний порядок в простых жидкостях.

Характерные времена релаксации в жидкости. Параметр разупорядочения. Средний порядок в системе.

Тема 11. Связь структуры жидкостей с их физическими свойствами.

Тепловое движение в жидкостях. Связь между микроскопическими и макроскопическими параметрами. Равновесные коррелятивные функции и радиальная функция распределения.

Тема 12. Уравнения для коррелятивных функций. Вывод основных уравнений.

Связь между конфигурационным интегралом и коррелятивных функций распределения. Уравнения для коррелятивных функций.

Тема 13. Уравнения для коррелятивных функций системы электрически заряженных частиц.

Кулоновская система и дальнедействующий характер кулоновских сил. Термодинамический предел. Радиальная функция распределения кулоновских систем.

Тема 14. Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения

Суперпозиционное приближение. Одночастичная и двухчастичная функции распределения. Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения. Разложение по малому параметру.

Тема 15. Общее исследование уравнения Боголюбова и Кирквуда.

Вывод уравнения Кирквуда для радиальной функции распределения. Определение средних значений физических величин. Поведение радиальной функции распределения на больших расстояниях.

Тема 16. Уравнения для коррелятивных функций распределения в фазовом пространстве.

Полная функция распределения состояний частиц. Равновесная s-частичная функция распределения. Интегро-дифференциальные уравнения для коррелятивных функций распределения в фазовом пространстве.

2.3. Содержание самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студента как его самостоятельное занятие в освоения образовательной программы спецкурса по темам и заданиям, полностью обеспечивается учреждением высшего профессионального образования (факультетом) учебно-методическими литературами и инструкциями. Самостоятельная работа студента в условиях реализации кредитной системы обучения осуществляется в двух формах:

- самостоятельная работа студента под руководством преподавателя (СРСИ);
- самостоятельная работа студента (СРС)

Содержание СРСИ

Самостоятельная работа студента под руководством преподавателя осуществляется в виде контрольных заданий, рефератов, домашних задания, презентаций собранных материалов, защиты курсовых работ (проектов), отчетов и др. и оценивается учителем.

Тема	Неделя	Содержание практических занятий (СРСП)
Особенности жидкого состояния вещества и состояние теории жидкостей. Тепловое движение молекул в жидкостях. Жидкости простые и не простые.	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Теория Ван-дер-Ваальса о строение жидкостей. 2. Бесструктурная модель жидкости. 3. Тепловое движение молекул в жидкостях. 4. Простые и сложные жидкости. 5. Теория свободного объема.
Основы статистический термодинамики. Уравнение состояние газов и жидкостей.	2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Гамильтониан системы. Фазовое пространство. 2. Вероятность распределения частиц. Статистический интеграл. 3. Конфигурационный интеграл. 4. Свободная энергия, давление, энтропия и химический потенциал системы. 5. Уравнение Ван-дер-Ваальса, Дитеричи, Бергло.
Теоретическое уравнение состояния неидеального газа. Свободная энергия разряженного газа при учете влияния взаимодействия частиц.	3	<ol style="list-style-type: none"> 1. Статистический интеграл состояния для идеального газа. 2. Функция Гамильтона плотного газа. 3. Применение классической статистики к идеальному одноатомному газу. 4. Статистический интеграл при учете взаимодействия молекул.
О теории свободного объема.	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Решеточная и ячеечная теория жидкостей. 2. Идея дырочной модели жидкости. 3. Конфигурационный интеграл. 4. Определение свободного объема. 5. Статистический интеграл.
Определение и общие свойства коррелятивных функций. Флуктуации число частиц в жидкости. Энтропия.	5	<ol style="list-style-type: none"> 1. Частные функции распределения частиц. 2. Одночастичная, двухчастичная и s-частичная функция распределения. 3. Нормировка коррелятивных функций распределения. 4. Бинарная коррелятивная функция распределения. 5. Радиальная функция распределения. Средние значения величин. 6. Определение энтропии через коррелятивных функций распределения.
Упругие свойства жидкостей. Рассеяние света и рентгеновских лучей жидкостями.	6	<ol style="list-style-type: none"> 1. Коэффициент изотермической сжимаемости и модуль сжатия. 2. Обобщенный закон Гука. 3. Выражения для модуля сдвига и сжатия. 4. Адиабатический модуль сжимаемости. 5. Интенсивность рассеяния электромагнитных волн.
Радиальная функция распределения реальных жидкостей. Радиальная функция распределения одномерной модели жидкости.	7	<ol style="list-style-type: none"> 1. Описание молекулярной структуры жидкости с помощью радиальной функции распределения. 2. Рентгенографический анализ молекулярной структуры жидкостей. 3. Радиальная функция распределения одномерной системы.
Сопоставление структуры жидкости и кристалла. Структурно-диффузионная модель жидкости.	8	<ol style="list-style-type: none"> 1. Радиальная функция распределения для кристаллических и жидких систем. 2. Координационные числа. 3. Диффузионная модель жидкости.
Флуктуации координационных чисел в простых жидкостях.	9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Флуктуация число частиц в объеме жидкости. 2. Первая и вторая координационные сферы.
Мгновенный и средний порядок в простых жидкостях.	10	<ol style="list-style-type: none"> 1. Характерные времена релаксации в жидкости. 2. Параметр разупорядочения. 3. Средний порядок в системе.

Связь структуры жидкостей с их физическими свойствами.	11	1. Тепловое движение в жидкостях. 2. Связь между микроскопическими и макроскопическими параметрами. 3. Равновесные коррелятивные функции и радиальная функция распределения.
Уравнения для коррелятивных функций. Вывод основных уравнений.	12	1. Связь между конфигурационным интегралом и коррелятивных функций распределения. 2. Уравнения для коррелятивных функций.
Уравнения для коррелятивных функций системы электрически заряженных частиц.	13	1. Кулоновская система и дальнедействующий характер кулоновских сил. 2. Термодинамический предел. 3. Радиальная функция распределения кулоновских систем.
Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения.	14	1. Суперпозиционное приближение. 2. Одночастичная и двухчастичная функции распределения. 3. Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения. 4. Разложение по малому параметру.
Общее исследование уравнения Боголюбова и Кирквуда.	15	1. Вывод уравнения Кирквуда для радиальной функции распределения. 2. Определение средних значений физических величин. 3. Поведение радиальной функции распределения на больших расстояниях.
Уравнения для коррелятивных функций распределения в фазовом пространстве.	16	1. Полная функция распределения состояний частиц. 2. Равновесная s-частичная функция распределения. 3. Интегро-дифференциальные уравнения для коррелятивных функции распределения в фазовом пространстве.

Содержание СРС

Самостоятельная работа студента (СРС) представляет собой активный и целенаправленный способ приобретения знаний, развития его продуктивных умений и навыков без активного участия в этом процессе преподавателя. Все виды самостоятельной работы студентов являются обязательными и контролируются. Самостоятельная работа студента обеспечивает подготовку студента к текущим урокам. Результат самостоятельной работы студента выражается в активном участии в лекционно-теоретических и практических занятиях, семинарах, лабораторных работах и сдаче зачетных и других форм. Оценка, полученная в результате самостоятельной работы студентов, является основанием для общей оценки усвоения ими учебных предметов. Подведение итогов и оценка самостоятельной работы студента проводится периодически в присутствии всех студентов академической группы. Результаты самостоятельной работы студента учитываются при проведении итоговой аттестации по учебному предмету.

Способы выполнения самостоятельной работы студента на основе образовательной программы Спецкурса «Физика конденсированных сред» и учебного плана данной специальности устанавливаются следующим образом:

Наименование темы	Задание	Срок выполнения	Выполнение заданий
Особенности жидкого состояния вещества и состояние теории жидкостей. Тепловое движение молекул в жидкостях. Жидкости простые и не простые.	Домашнее задание: структура жидкости, тепловое движение молекул, непрерывный модель жидкости.	Неделя 1	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Основы статистический термодинамики. Уравнение состояние газов и жидкостей.	Домашнее задание: Вероятность распределения частиц в объеме системы, выбор гамильтониана, определение статистического интеграла.	Неделя 2	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы

Теоретическое уравнение состояния неидеального газа. Свободная энергия разряженного газа при учете влияния взаимодействия частиц.	Домашнее задание: Статистический интеграл для идеального газа. Определение свободной энергии.	Неделя 3	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
О теории свободного объема.	Домашнее задание: Применение теории свободного объема к жидкостям.	Неделя 4	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Определение и общие свойства коррелятивных функций. Флуктуации число частиц в жидкости. Энтропия.	Домашнее задание: Частные функции распределения. Нормировка коррелятивных функций распределения.	Неделя 5	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Упругие свойства жидкостей. Рассеяние света и рентгеновских лучей жидкостями.	Домашнее задание: Определение выражения для модули сдвига и сжатия. Связь между коэффициентом сжимаемости и модули сжатия.	Неделя 6	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Радиальная функция распределения реальных жидкостей. Радиальная функция распределения одномерной модели жидкости.	Домашнее задание: Описание молекулярной структуры жидкости с помощью радиальной функции распределения.	Неделя 7	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Сопоставление структуры жидкости и кристалла. Структурно-диффузионная модель жидкости.	Домашнее задание: Радиальная функция распределения для кристаллических и жидких систем. Координационные числа.	Неделя 8	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Первый промежуточный контроль			
Флуктуации координационных чисел в простых жидкостях.	Домашнее задание: Флуктуация число частиц в объеме жидкости. Первая и вторая координационные сферы.	Неделя 9	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Мгновенный и средний порядок в простых жидкостях.	Домашнее задание: Характерные времена релаксации в жидкости. Средний порядок в системе.	Неделя 10	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Связь структуры жидкостей с их физическими свойствами.	Домашнее задание: Связь между микроскопическими и макроскопическими параметрами. Равновесные коррелятивные функции и радиальная функция распределения.	Неделя 11	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Уравнения для коррелятивных функций. Вывод основных уравнений.	Домашнее задание: Связь между микроскопическими и макроскопическими параметрами. Равновесные коррелятивные функции и радиальная функция распределения.	Неделя 12	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Уравнения для коррелятивных функций системы электрически заряженных частиц.	Домашнее задание: Кулоновская система и дальнедействующий характер кулоновских сил. Термодинамический предел.	Неделя 13	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения.	Домашнее задание: Уравнение Боголюбова для радиальной функции распределения.	Неделя 14	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы

Общее исследование уравнения Боголюбова и Кирквуда.	Домашнее задание: Вывод уравнения Кирквуда для радиальной функции распределения. Определение средних значений физических величин.	Неделя 15	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Уравнения для коррелятивных функций распределения в фазовом пространстве.	Домашнее задание: Полная функция распределения состояний частиц. Равновесная s-частичная функция распределения.	Неделя 16	Предоставление письменного отчета и ответы на вопросы
Второй промежуточный контроль			

ГЛАВА III. КРИТЕРИЯ ОЦЕНКИ

К критериям оценки знаний относятся логичность изложения ответа, умение анализировать, активное участие на занятиях.

На результат оценки также будут влиять невыполнение задания, пропущенные без уважительных причин занятия, неподобающее поведение во время занятий.

При посещении занятий следует соблюдать следующие правила:

1. Не опаздывать на занятия.
2. Не пропускать занятия без уважительной причины.
3. Пропущенные занятия отрабатывать в указанное преподавателем время.
4. Активно участвовать на занятиях, добросовестно выполнять все задания.
5. Согласно календарному графику учебного процесса вовремя сдавать все виды контрольных заданий.
6. Не выходить из аудитории без разрешения преподавателя.
7. Выключать сотовые телефоны и плееры.
8. Вести себя подобающе, соблюдать этику поведения в общественном месте.

Оценка, выставляемая за предмет, представляет собой сумму баллов, полученных в течение недели, и результата итогового экзамена. Очки начисляются следующим образом:

№	Форма контроля	Недели и минимальное количество баллов																ТЭ	Σ балл	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16			
1	За активность на лекциях	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4		64	
2	За выполненную работу (семинар, практику и т.д.)	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6		96	
3	За выполненные работы СРС	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5		40	
4	В недели	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5		200	
Всего																			100	300

Общий балл по предмету рассчитывается по следующей формуле:

$$ИЭ = \frac{ПЭ_1 + ПЭ_2}{2} \cdot 0,5 + ТЭ \cdot 0,5.$$

ИЭ – итоговый экзамен,

ПЭ – промежуточный экзамен,

ГЛАВА IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Основная литература

1. Одинаев С. Физика конденсированного состояния. Душанбе, 2019. 330 с.
2. Френкель Я.И.- Кинетическая теория жидкостей. М.: Ленинград: Изд-во АН СССР, 1959. – 460 с.
3. Крокстон К.- Физика жидкого состояния. М.: Мир, 1978. – 400 с.
4. Гиршфельдер Дж., Кертисс Ч., Берд Р. Молекулярная теория газов и жидкостей. М.: Из-во иност. лит., 1961, 931 с.

Дополнительная литература

1. Физика простых жидкостей. Под ред. Темперли Г. и др., часть I-М. : Мир, 1971. –308с., часть II – М.:Мир, 1973, – 400с.
2. Панова Т.В, Геринг Г.И.- Физика конденсированного состояния вещества: Учебное пособие. Омск: Омский госуниверситет, 2008. – 98с
3. Аграфонов Ю.В – Физика конденсированного состояния вещества. Метод функции распределения. Иркутск: 1994. –165с.
4. Уленбек Дж., Форд Дж. Лекции по статистической механике. М.: Мир, 1965, 307 с.