

**Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования Московской области
«Международный университет природы, общества и человека «Дубна»
(университет «Дубна»)
Факультет естественных и инженерных наук
Кафедра теоретической физики**

УТВЕРЖДАЮ

проректор по учебной работе

_____ С.В. Моржухина

« ____ » _____ 2010 г.

ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теоретическая физика»

**Разделы: Физика конденсированного состояния,
термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика**

по направлению 010700.62 «ФИЗИКА»

(№, наименование направления, специальности)

Форма обучения: очная

Уровень подготовки: *бакалавр*

Курс 4, семестр 7, 8

г. Дубна, 2011 г.

1. Требования ГОС ВПО

Физика конденсированного состояния

Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояния электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Конденсация бозонов. Сверхтекучесть. Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников. Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.

Термодинамика

Основные законы и методы термодинамики, начала термодинамики, термодинамические потенциалы, уравнения и неравенства. Условия устойчивости и равновесия, фазовые переходы. Основы термодинамики необратимых процессов, соотношения Онсагера, принцип Ле-Шателье.

Статистическая физика

Основные представления, квантовые и классические функции распределения. Общие методы равновесной статистической механики, канонические распределения. Теория идеальных систем. Статистическая теория неидеальных систем. Теория флуктуаций. Броуновское движение и случайные процессы.

Физическая кинетика

Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Диффузионное приближение, уравнение Фоккера-Планка. Цепочка уравнений Боголюбова. Приближение самосогласованного поля, уравнение Власова, плазменные колебания, затухание Ландау. Уравнение Больцмана, H-теорема. Столкновения в плазме, интегралы столкновений, кинетические коэффициенты. Локальное распределение Максвелла, построение уравнений гидродинамического приближения. Кинетическое уравнение для легкой компоненты. Уравнение кинетического баланса.

2. Аннотация

Программа курса «Физика конденсированного состояния, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика» составлена в соответствии с разделом **ОПД.Ф.01** ГОС ВПО для подготовки бакалавров по направлению: 010700.62 «Физика». Курс «Физика конденсированного состояния, термодинамика, статистическая физика, физическая кинетика» является разделом дисциплины «Теоретическая физика», которая входит в федеральный компонент цикла общих профессиональных дисциплин (**ОПД**).

Место курса в профессиональной подготовке бакалавров

Курс базируется на знаниях студентов, приобретенных в курсах общей физики, математического анализа, теории вероятностей, классической теоретической механики и квантовой механики.

Понятия, законы и методы, введенные в курсе термодинамики и статистической физики, будут использоваться в курсах «Введение в физику твердого тела», «Квантовополевые методы статистической физики»

Полученные знания необходимы студентам при подготовке, выполнении и защите выпускной квалификационной работы и при решении научно-исследовательских задач в будущей профессиональной деятельности.

Формы работы студентов в ходе изучения дисциплины предусмотрены лекции, семинарские занятия, выполнение домашних работ. Отдельные темы теоретического курса прорабатываются студентами самостоятельно в соответствии с планом самостоятельной работы и конкретными заданиями преподавателя с учетом индивидуальных особенностей студентов.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом, выполняется в ходе семестра в форме подготовки к семинарским, занятиям выполнению домашних работ.

Виды текущего контроля – проверка домашних заданий, контрольных работ. Текущий контроль проводится, чтобы установить степень усвоения студентами лекционного материала, а также проверить их навыки решения задач термодинамики и статистической физики, физической кинетики и физики конденсированного состояния.

Форма промежуточного контроля

Зачет в 7 семестре, экзамен в 8 семестре.

3. Цели и задачи дисциплины

Разделы физика конденсированного состояния, термодинамика, статистической физики и физическая кинетика завершают дисциплину «Теоретическая физика» в плане подготовки бакалавра по направлению «Физика». Цель курса - сформировать у студентов современное представление об основных методах статистического и термодинамического описания свойств равновесных и неравновесных макроскопических систем, состоящих из большого числа частиц.

Задача курса - научиться применять основные методы термодинамики и статистической физики, физической кинетики и физики конденсированного состояния.

4. Требования к уровню освоения содержания дисциплины (знания, умения, навыки)

В результате изучения курса векторного и тензорного анализа студент должен

Знать свойства необратимых процессов приближения к термодинамическому равновесию, условия равновесия и устойчивости термодинамических систем, основы классической статистической физики равновесных и неравновесных систем, основы квантовой статистики;

Уметь давать термодинамическое описание равновесного состояния макроскопических систем и квазистатических процессов, использовать основные уравнения статистической механики и термодинамики для описания различных явлений, определять область законов равновесной термодинамики и статистической механики;

Владеть логикой построения термодинамики на основе фундаментальных опытов, статистическими методами описания свойств вещества, математическими методами статистической механики.

5. Объем дисциплины и виды учебной работы

Вид занятий	Всего часов	VII семестр	VIII семестр
-------------	-------------	-------------	--------------

Общая трудоемкость	225	102	123
Аудиторные занятия:	144	72	72
Лекции	72	36	36
Семинары	72	36	36
Самостоятельная работа:	81	30	51
Виды итогового контроля	Зачет, экзамен	Зачет	Экзамен

6. Разделы дисциплины

№	Раздел дисциплины	Л	С	СР
	7-й семестр			
1	Физика конденсированного состояния	16	16	12
2	Термодинамика.	20	20	18
	8-й семестр			
3	Статистическая физика.	22	22	26
4	Физическая кинетика.	14	14	25

Содержание разделов дисциплины

1. Физика конденсированного состояния

- 1.1.** Адиабатический принцип Борна-Эренфеста. Состояния электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Примеси и примесные уровни. Дефекты.
- 1.2.** Статистика носителей заряда. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
- 1.3.** Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Конденсация бозонов. Сверхтекучесть.
- 1.4.** Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
- 1.5.** Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.

2. Термодинамика

- 2.1.** Основные положения термодинамики. Термодинамические системы. Макроскопические параметры. Равновесное состояние. Время релаксации. Первый постулат термодинамики. Температура. Нулевое начало термодинамики. Второй постулат термодинамики. Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия. Работа и теплота. Термические и калорические уравнения состояния.
- 2.2.** *Основные законы* и уравнения термодинамики. *Начала термодинамики.* Первое начало термодинамики. Теплоемкость и скрытая теплота. Связь между теплоемкостями. Основные термодинамические процессы и их уравнения. Связь между термическими коэффициентами. Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия и абсолютная температура. *Основное уравнение* термодинамики.

2.3. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Парадокс Гиббса. Второе начало термодинамики для неравновесных процессов. *Основы термодинамики необратимых процессов, соотношения Онсагера*. Третье начало термодинамики. Термодинамические системы вблизи абсолютного нуля. Следствия третьего начала термодинамики.

2.4. *Методы термодинамики.* Метод круговых процессов. Метод *термодинамических потенциалов*.

2.5. *Условия устойчивости и равновесия* термодинамических систем. Общие условия равновесия и устойчивости. Равновесие в двухфазной однокомпонентной системе. Условия устойчивости равновесия в однородной системе. *Принцип Ле Шателье-Брауна*.

2.6. *Фазовые переходы.* Классификация фазовых переходов. Уравнения Клапейрона - Клаузиуса и Эренфеста. Правило фаз Гиббса.

3. Статистическая физика

3.1. *Основные представления* классической статистической механики. Фазовое пространство. Скобка Пуассона. Уравнение Лиувилля. Фазовый ансамбль и фазовая плотность вероятности. Теорема Лиувилля.

3.2. *Классические функции распределения. Общие методы равновесной статистической механики, канонические распределения.* Микроканоническое распределение. Эргодическая гипотеза. Явный вид фазовой плотности вероятности для микроканонического распределения в адиабатически изолированной системе

3.3. *Каноническое распределение* Гиббса. Явный вид фазовой плотности вероятности для изотермической равновесной системы.

3.4. Связь канонического распределения Гиббса и термодинамических параметров. Вероятностный смысл энтропии. Связь энтропии и температуры с параметрами канонического распределения.

3.5. *Теория идеальных систем.* Приложения канонического распределения Гиббса к классическим системам. Вычисление свободной энергии и других термодинамических параметров идеального газа. Числа заполнения для идеального газа.

3.6. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и среднем вириале. Приложения теоремы о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы: теплоемкость идеального газа и твердых тел. *Статистическая теория неидеальных систем.*

3.7. Распределение Гиббса для систем с переменным числом частиц.

3.8. Основные положения квантовой статистической физики. Основные законы квантовой механики. Квантовый статистический ансамбль. Матрица плотности квантового статистического ансамбля.

3.9. Квантовое каноническое распределение. Квантовая статистическая сумма. Свободная энергия.

3.10. Квантовая статистика систем тождественных частиц. Квантовое распределение Больцмана. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна. Термическое и калорическое уравнения состояния квантовых газов.

3.11. Фотонный газ и статистика Бозе-Эйнштейна. Классическая теория равновесного излучения. Вывод формулы Рэлея-Джинса. Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного тела. Законы Вина и Стефана-Больцмана.

3.12. Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердых тел.

3.13. *Теория флуктуаций*

3.14. Вырожденный бозе-газ. Бозе-эйнштейновская конденсация.

3.15. Приложение статистики Ферми-Дирака к электронному газу в металле. Сильно вырожденный электронный газ.

3.16. Электронный газ в магнитном поле. Парамагнетизм Паули и диамагнетизм Ландау.

4. Физическая кинетика

4.1. *Цепочка уравнений Боголюбова* для кинетических функций распределения.

4.2. *Общая структура кинетического уравнения для одночастичной функции распределения. Уравнение Больцмана. Вывод уравнения из цепочки Боголюбова. Столкновения в плазме, интегралы столкновений, кинетические коэффициенты.*

4.3. *H-теорема* Больцмана. Связь H-функции Больцмана с энтропией. Макроскопическая необратимость и микроскопическая обратимость.

4.4. *Кинетическое уравнение Власова. Вывод уравнения из цепочки Боголюбова. Приближение самосогласованного поля. Плазменные колебания, затухание Ландау.*

4.5. *Локальное распределение Максвелла, построение уравнений гидродинамического приближения. Уравнения переноса Энского и уравнения гидродинамики.*

4.6. *Броуновское движение и вопросы теории случайных процессов*

4.7. *Уравнение Смолуховского, уравнение кинетического баланса. Диффузионное приближение, уравнение Фоккера-Планка. Вывод уравнения Фоккера—Планка.*

Практические занятия (семинары)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование практических занятий (семинаров)
7-ой семестр		
1	1	Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Примеси и примесные уровни.
2	1	Статистика носителей заряда.
3	1	Кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
4	1	Квазичастицы.
5	1	Сверхтекучесть
6	1	Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны.
7	1	Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
8	1	Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.
9	2	Основные положения термодинамики. Термодинамические системы. Макроскопические параметры.
10	2	Равновесные и неравновесные процессы. Внутренняя энергия. Работа и теплота.
11	2	Основные законы и уравнения термодинамики. Начала термодинамики. Первое начало термодинамики. Основные термодинамические процессы и их уравнения.
12	2	Второе начало термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия и абсолютная температура.
13	2	Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния. Парадокс Гиббса.
14	2	Третье начало термодинамики. Термодинамические системы вблизи абсолютного нуля.
15	2	Метод термодинамических потенциалов.
16	2	Условия устойчивости и равновесия термодинамических систем. Принцип Ле Шателье-Брауна.
17	2	Фазовые переходы
18	1-2	<i>Зачетная неделя</i>
8-ой семестр		
1	3	Основные представления классической статистической механики.
2	3	Классические функции распределения. Общие методы равновесной статистической механики
3	3	Каноническое распределение Гиббса.
4	3	Вычисление свободной энергии и других термодинамических параметров идеального газа.
5	3	Теплоемкость идеального газа и твердых тел.
6	3	Основные положения квантовой статистической физики.
7	3	Квантовая статистическая сумма. Свободная энергия.
8	3	Квантовое распределение Больцмана. Статистики Ферми-Дирака и Бозе-Эйнштейна.
9	3	Вывод формулы Рэлея-Джинса Формула Планка для спектральной плотности излучения абсолютно черного

		тела.
10	3	Теория Эйнштейна и Дебая теплоемкости твердых тел.
11	3	Вырожденный бозе-газ. Бозе-эйнштейновская конденсация.
12	4	Цепочка уравнений Боголюбова для кинетических функций распределения.
13	4	Уравнение Больцмана. Вывод уравнения из цепочки Боголюбова.
14	4	H-теорема Больцмана.
15	4	Кинетическое уравнение Власова. Приближение самосогласованного поля.
16	4	Локальное распределение Максвелла, построение уравнений гидродинамического приближения.
17	4	Диффузионное приближение, уравнение Фоккера-Планка.
18	3-4	Зачетная неделя

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Квасников И.А. Термодинамика и статистическая физика: Теория равновесных систем, Том 1, 2, 3. М.: Едиториал УРСС, 2003.
2. Кубо Р., Ичимура Х., Усуи Ц., Хасизуме Н., Термодинамика: Современный курс с задачами и решениями - М.: Мир, 1970.
3. Кубо Р., Ичимура Х., Усуи Ц., Хасизуме Н., Статистическая механика: Современный курс с задачами и решениями - М.: Мир, 1967.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Термодинамика и статистическая физика. (1986).
2. Базаров И.П., Геворкян Э.В., Николаев П.Н. Неравновесная термодинамика и физическая кинетика. (1989)
3. Леонтович М.А. Введение в термодинамику. Статистическая физика. М.: Наука, 1983.
4. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Статистическая физика. (Теоретическая физика в 10 т.; Т.V). М.: Физматлит, 2002.
5. Ландау Л.Д., Лифшиц Е. М. Статистическая физика: Учебное пособие для вузов. Ч.2 : Теория конденсированного состояния - М.: Физматлит, 2002. - (Теоретическая физика в 10 т.; Т.9).
6. Хуанг К., Статистическая механика. М., "Мир", 1966.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. оверхэд
2. мультимедийный проектор

9. Формы контроля и оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Адиабатический принцип Борна-Эренфеста.
2. Состояния электронов в кристаллической решетке. Зоны Бриллюэна, энергетические зоны. Примеси и примесные уровни. Дефекты. Статистика носителей заряда.
3. Неравновесные электроны и дырки. Рассеяния носителей заряда, проводимость, и кинетические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
4. Квазичастицы. Акустические и оптические фононы, плазмоны, экситоны Френкеля и Ванье. Конденсация бозонов. Сверхтекучесть.
5. Электрон-фононные взаимодействия. Полярон Фрелиха.
6. Взаимодействие света с кристаллической решеткой, поляритоны. Оптические свойства диэлектриков, металлов и полупроводников.
7. Поверхностные состояния электронов. Состояния электронов в структурах с пониженной размерностью.
8. Основные понятия и исходные положения термодинамики.
9. I начало термодинамики.
10. II начало термодинамики для квазистатических процессов: формулировки Томсона, Клаузиуса, Каратеодори.
11. Энтропия и абсолютная температура. II начало термодинамики для нестатических (необратимых) процессов.
12. Математическое обоснование существования энтропии и термодинамической температуры.
13. Основное уравнение и основное неравенство термодинамики.
14. III начало термодинамики (закон Нернста).
15. Основные термодинамические процессы и их уравнения
16. Связь модулей упругости с теплоемкостями
17. Основное уравнение термодинамики для равновесных процессов. Связь между термическим и калорическим уравнениями состояния.
18. Вычисление энтропии. Парадокс Гиббса
19. Цикл Карно и теоремы Карно.
20. Основные термодинамические потенциалы: свободная энергия, энтальпия, потенциал Гиббса, химический, и большой потенциал.
21. Уравнение Гиббса-Дюгема.
22. Общие условия устойчивости термодинамического равновесия, термодинамические неравенства.
23. Принцип Ле-Шателье-Брауна.
24. Условия устойчивости для однородных систем, закон действующих масс.
25. Условия равновесия для гетерогенных систем. Правило фаз Гиббса.
26. Термодинамика диэлектриков и магнетиков.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Классический статистический ансамбль: фазовое пространство и функция распределения классического ансамбля.
2. Уравнение Лиувилля.
3. Квантовый ансамбль: статистический оператор (матрица плотности).
4. Функции распределения равновесных статистических систем.
5. Микроканоническое распределение Гиббса: Принцип (Голмена) равных априорных вероятностей. Статистический вес и энтропия системы. Вычисление термодинамических величин. Вероятность и энтропия (как мера неопределенности состояния системы).
6. Каноническое распределение Гиббса для закрытой системы в термостате: Каноническая статистическая сумма (интеграл) и ее связь со свободной энергией системы. Вычисление термодинамических величин.
7. Теорема о равномерном распределении кинетической энергии по степеням свободы и теорема о вириале.
8. Распределение Максвелла.
9. Большой канонический ансамбль для открытой системы в термостате.
10. Вычисление термодинамических величин с помощью большого канонического распределения Гиббса.
11. Квантовое микроканоническое и каноническое распределения.
12. Квантовое большое каноническое распределение.
13. Классический одноатомный идеальный газ.
14. Квантовые одноатомные идеальные газы.
15. Распределения Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака.
16. Термическое и калорическое уравнения состояния квантовых газов.
17. Сильно вырожденный электронный газ.
18. Вырожденный бозе-газ. Бозе-эйнштейновская конденсация.

19. Электронный газ в магнитном поле.
20. Парамагнетизм Паули.
21. Диамагнетизм Ландау.
22. Цепочка уравнений Боголюбова для кинетических функций распределения.
23. Уравнение Больцмана. Вывод уравнения из цепочки Боголюбова.
- 24.** H-теорема Больцмана.
25. Связь H-функции Больцмана с энтропией.
26. Макроскопическая необратимость и микроскопическая обратимость.
27. Кинетическое уравнение Власова. Вывод уравнения из цепочки Боголюбова.
28. Гидродинамический этап эволюции системы.
29. Уравнения переноса Энского и уравнения гидродинамики.
30. Случайные величины и процессы.
31. Уравнение Смолуховского, уравнение кинетического баланса.
32. Вывод уравнения Фоккера—Планка.