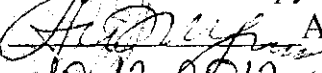


Министерство образования Республики Беларусь

Учебно-методическое объединение
по естественнонаучному образованию

УТВЕРЖДАЮ

Первый заместитель Министра образования
Республики Беларусь

 А. И. Жук

10.12.2012

Регистрационный № ТД- Б-439/тип.

ТЕРМОДИНАМИКА И СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Типовая учебная программа
для высших учебных заведений по специальностям:
1-31 04 02 Радиофизика; 1-31 04 03 Физическая электроника

СОГЛАСОВАНО

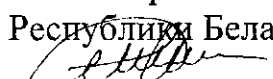
Председатель учебно-методического
объединения по естественнонаучному
образованию

 А. Д. Толстик
19.06.2012



СОГЛАСОВАНО

Начальник Управления высшего и
среднего специального образования
Министерства образования
Республики Беларусь

 С. И. Романюк

10.12.2012

СОГЛАСОВАНО

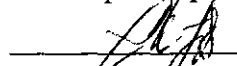
Проректор по учебной и
воспитательной работе
Государственного учреждения
образования «Республиканский
институт высшей школы»



 В. И. Шупляк

05.10.2012

Эксперт-нормоконтролер

 С. М. Артемьева

05.10.2012

Минск 2012

СОСТАВИТЕЛИ:

Д.В. Ушаков, доцент кафедры физики и аэрокосмических технологий Белорусского государственного университета, кандидат физ.-мат. наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Кафедра общей и теоретической физики Учреждения образования “Белорусский государственный педагогический университет имени Максима Танка”

Ю.В. Развин – доцент кафедры экспериментальной и теоретической физики Белорусского национального технического университета, канд. физ.-мат. наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ В КАЧЕСТВЕ ТИПОВОЙ:

Кафедрой физики и аэрокосмических технологий Белорусского государственного университета
(протокол № 7 от 14 февраля 2012 года)

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета
(протокол № 5 от 28 мая 2012 года)

Секцией по специальностям: 1-31 04 02 Радиофизика; 1-31 04 03 Физическая электроника, 1-31 04 04 Аэрокосмические радиоэлектронные и информационные системы и технологии, 1-31 80 07 Радиофизика; 1-31 80 08 Физическая электроника, 1-31 80 15 Электрофизика, электрофизические установки Учебно-методического объединения по естественнонаучному образованию
(протокол № 2 от 19 июня 2012 года)

Ответственный за редакцию: Д.В. Ушаков

Ответственный за выпуск: Д.В. Ушаков

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Типовая учебная программа «Термодинамика и статистическая физика» разработана для студентов специальностей 1-31 04 02 «Радиофизика» и 1-31 04 03 «Физическая электроника», в соответствии с требованиями образовательных стандартов специальностей 1-31 04 02 «Радиофизика» и 1-31 04 03 «Физическая электроника».

Термодинамика и статистическая физика представляет заключительный раздел общефизических дисциплин и фактически является фундаментом для большинства специальных курсов, например, таких как квантовая радиофизика, статистическая радиофизика (для специальности 1-31 04 02 «Радиофизика»), а также квантовая электроника и оптоэлектроника, статистическая радиофизика и теория информации (для специальности 1-31 04 03 «Физическая электроника»).

Цель изучения курса "Термодинамика и статистическая физика": сформировать у студентов представление о методах нахождения термодинамических свойств систем; выработать единый подход к анализу равновесных и неравновесных систем; научить методам решения задач с использованием аппарата высшей математики.

Основная задача дисциплины – изучение процессов в макроскопических объектах любой физической природы. В результате изучения дисциплины студенты должны получить ясное представление о методах физического представления и математического описания термодинамических систем, научиться использовать общие подходы к конкретным физическим объектам. Студенты должны освоить методику нахождения статистических сумм (интегралов), последующее определение термодинамических свойств системы, научиться методам описания свойств неравновесных термодинамических систем.

Основными методами и технологиями обучения дисциплины «Термодинамика и статистическая физика», являются:

- принцип проблемного изложения, реализуемый на лекционных занятиях;
- преподавание с использованием интерактивных технологий;
- включение элементов учебно-исследовательской деятельности в процесс выполнения контролируемой самостоятельной работы.

В результате изучения дисциплины студент должен:

знать:

- основные понятия и способы описания макроскопических систем в представлениях феноменологической термодинамики;
- методы статистического исследования термодинамических систем;
- приложение методов статистической термодинамики к решению прикладных задач.

уметь:

- определять термодинамические параметры макроскопических систем;
- рассчитывать средние значения величин, характеризующих термодинамические системы;

- методами статистической физики определять термодинамические свойства систем;
- устанавливать характеристики флуктуаций;
- исследовать свойства неравновесных систем.

Для успешного изучения дисциплины необходимо усвоение таких разделов высшей математики, как интегральное и дифференциальное исчисление, векторный анализ, методы математической физики, теории вероятностей и математической статистике, а также предшествующих разделов цикла общей физики: «Механика», «Молекулярная физика», «Электричество», «Оптика», «Атомная и ядерная физика».

Для контроля качества обучения рекомендуется использовать опрос во время занятий, аудиторские тесты по отдельным разделам дисциплины, контрольные работы, устный экзамен.

Контролируемая самостоятельная работа студентов направлена на закрепление и обобщение пройденного учебного материала, реализуется в виде выполнения конкретных заданий, содержащих элементы научного поиска.

Изучение дисциплины рассчитано на 202 часа, из которых 108 являются аудиторными. Распределение аудиторных часов по видам занятий следующее: лекции – 64 ч., практические занятия – 44 ч.

ПРИМЕРНЫЙ ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

№ п/п	Наименование темы	Лекции	Практ. занятия	Всего
1.	Введение	2	2	4
2.	Равновесная феноменологическая термодинамика	10	6	16
3	Функции распределения равновесных термодинамических систем	6	4	10
4	Равновесная статистическая термодинамика	4	6	10
5	Статистика Больцмана	10	6	16
6	Статистика Ферми-Дирака, статистика Бозе-Эйнштейна	6	4	10
7	Равновесные системы взаимодействующих частиц	6	4	10
8.	Равновесные флуктуации	4	4	8
9.	Неравновесная статистическая термодинамика	8	4	12
10.	Конденсированные среды.	8	4	12
	Итого	64	44	108

Содержание учебного материала:

- 1. Введение.** Предмет и методы статистической физики и термодинамики. Основные понятия и разделы статистической физики.
- 2. Равновесная феноменологическая термодинамика.** Начала термодинамики. Калорическое и термические уравнения состояния. Термодинамические потенциалы. Число степеней свободы. Дифференциальные уравнения термодинамики. Общие и частные условия равновесия и устойчивости. Термодинамические процессы. Уравнения процессов, критические явления. Получение низких температур. Процесс Джоуля-Томсона. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса и уравнения Эренфеста.
- 3. Функции распределения равновесных термодинамических систем.** Динамическое представление состояний макроскопической системы. Функция распределения. Матрица плотности. Уравнение Лиувилля для классических и квантовых систем. Равновесный статистический ансамбль. Число состояний, статистический вес, кратность вырождения. Принцип равной вероятности. Число состояний и энтропия. Микроканоническое, каноническое и обобщенное каноническое распределения Гиббса. Соответствие классических и квантовых распределений.
- 4. Равновесная статистическая термодинамика.** Статистическое представление термодинамических величин. Методы статистической термодинамики. Статистическое обоснование начал термодинамики. Возрастание энтропии в процессе эволюции.
- 5. Статистика Больцмана.** Определение идеальных систем. Классическое распределение Максвелла-Больцмана. Термодинамические свойства классического идеального газа. Теорема о равномерном распределении энергии по степеням свободы. Классическая теория электрической поляризации и намагничивания. Распределение Больцмана. Квантовый идеальный газ, свойства в термодинамическом пределе. Квантово-классическое распределение Больцмана. Термическое уравнение состояния и теплоемкость атомарного и молекулярного газов. Система невзаимодействующих одномерных квантовых осцилляторов. Система квантовых ротаторов. Тепловая ионизация и диссоциация атомов и молекул, расчет постоянных равновесия. Системы с ограниченным энергетическим спектром, отрицательные абсолютные температуры.
- 6. Статистика Ферми-Дирака, статистика Бозе-Эйнштейна.** Принцип тождественности однотипных квантовых частиц. Функции распределения Гиббса для идеальной системы однотипных частиц, распределение Ферми. Распределение Бозе. Термодинамические свойства сильно и слабо вырожденных газов ферми- и бозе-частиц. Критерии применимости статистики Больцмана.
- 7. Равновесные системы взаимодействующих частиц.** Представление теории возмущений для слабо неидеальных макроскопических систем. Конфигурационный интеграл. Термическое уравнение состояния классического газа с парными взаимодействиями. Вириальное разложение. Частичные

функции распределения, статистическое представление термодинамических величин.

8. Равновесные флуктуации. Вероятность флуктуаций, распределение Гаусса. Дисперсия энергии и числа частиц. Термодинамическая теория флуктуаций. Эквивалентность равновесных ансамблей макроскопических систем. Спектральное представление случайных стационарных процессов, автокорреляционная функция, соотношение Винера-Хинчина.

9. Неравновесная статистическая термодинамика. Основные положения неравновесной феноменологической линейной термодинамики. Решение простейших уравнений теплопроводности и диффузии. Броуновское движение, уравнение Ланжевена. Статистические характеристики броуновской частицы. Случайные процессы. Уравнение Фоккера-Планка. Система уравнений Боголюбова. Кинетическое уравнение Больцмана, релаксационное представление, решения в стационарном случае для явлений переноса. Статистическое представление кинетических коэффициентов.

10. Конденсированные среды. Тепловое равновесное излучение, фотонный газ. Теплоемкость кристаллической решетки в гармоническом приближении, фононный газ. Статистика валентных электронов в металлах и полупроводниках. Размерные полупроводниковые структуры. Термодинамика классической плазмы, самосогласованное поле, дебаевское экранирование. Тепловые электрические флуктуации, формула Найквиста. Фазовые переходы в ферромагнетиках и сегнетоэлектриках. Явление сверхпроводимости. Рассеяние света на флуктуациях плотности среды.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

1. *Квасников, И.А.* Термодинамика и статистическая физика. Том 1: Теория равновесных систем: Термодинамика / И.А. Квасников. М.: Едиториал УРСС, 2002. 240 с.
2. *Квасников, И.А.* Термодинамика и статистическая физика. Том 2: Теория равновесных систем: Статистическая физика / И.А. Квасников. М.: Едиториал УРСС, 2002. 432 с.
3. *Квасников, И.А.* Термодинамика и статистическая физика. Том 3: Теория неравновесных систем / И.А. Квасников. М.: Едиториал УРСС, 2003. 448 с.
4. *Базаров, И.П.* Термодинамика / И. П. Базаров. М. : Высш. шк., 1991. 376 с.
5. *Ландау, Л.Д.* Статистическая физика / Л.Д. Ландау, Е.М. Лившиц. М.: Наука, 1976. 584 с.
6. *Бортник, М.В.* Термодинамика и статистическая физика (курс лекций) / М.В. Бортник, Д.В. Ушаков. Мн.: БГУ, 2006. 254 с.
7. *Бортник, М.В.* Задачи по курсу "Термодинамика и статистическая физика" / М.В. Бортник, Д.В. Ушаков. Мн.: БГУ, 2002. 54 с.
8. *Шиллинг, Г.* Статистическая физика в примерах / Г. Шиллинг. М.: Мир, 1976. 432 с.

Дополнительная литература

1. *Климантович, Ю.Л.* Статистическая физика / Ю.Л. Климантович. М. : Наука, 1982. 608 с.
2. *Ансельм, А.И.* Основы статистической физики и термодинамики / А.И. Ансельм. М. : Наука, 1973. 424 с.
3. *Леонтович, М.А.* Введение в термодинамику. Статистическая физика / М.А. Леонтович. М. : Наука, 1983. 416 с.
4. *Балеску, Р.* Равновесная и неравновесная статистическая механика / Р. Балеску. М. : Мир, 1978. Т. 1. 405 с. Т. 2. 399 с.
5. *Терлецкий, Я. П.* Статистическая физика / Я. П. Терлецкий. М. : Наука, 1973. 280 с.
6. *Ландсберг, П.* Задачи по термодинамике и статистической физике / П. Ландсберг. М.: Мир, 1974.