

УДК 536



Издание осуществлено при финансовой поддержке
Российского фонда фундаментальных исследований
по проекту №02-01-01059.

Козлов В. В.

Тепловое равновесие по Гиббсу и Пуанкаре. — Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2002, 320 стр.

В книге развиваются идеи Гиббса и Пуанкаре о тепловом равновесии механических систем. Хотя идеи Гиббса широко известны, многие из поставленных им проблем не решены до сих пор. Наоборот, глубокие результаты Пуанкаре по кинетике оказались не востребованными и вообще неизвестными специалистам по статистической механике.

Рассматриваемый в настоящей книге круг вопросов группируется вокруг трех связанных друг с другом тем: слабая сходимость вероятностных мер (плотности которых — решения уравнения Лиувилля), иерархия хаотичности динамических систем Гамильтона, теория возмущений ансамбля слабо взаимодействующих подсистем.

Полученные результаты позволяют лучше понять природу необратимого поведения термодинамических систем, дать новую интерпретацию второго начала термодинамики о росте энтропии, а также дать строгий вывод канонического распределения Гиббса, не опирающийся на эргодическую гипотезу.

Текст книги структурирован в виде очерков: четыре главы в значительной степени независимы друг от друга. К каждой из глав имеется комментарий и библиография. Добавления посвящены свойствам инвариантных мер с гладкой плотностью, условиям существования дополнительных законов сохранения — первых интегралов уравнений Гамильтона, а также явлению диффузии в нелинейных динамических системах.

Книга предназначена для математиков, механиков и физиков, интересующихся классической статистической механикой и вопросами обоснования термодинамики.

ISBN 5-93972-187-7

© В. В. Козлов, 2002

© Институт компьютерных исследований, 2002

<http://rzd.ru>

Оглавление

Предисловие	8
ВВЕДЕНИЕ. Гамильтоновы системы, статистическая механика и равновесная термодинамика	12
ГЛАВА I. Кинетика бесстолкновительной сплошной среды	49
§ 1. Тепловое равновесие	49
§ 2. Идеальный газ как бесстолкновительная сплошная среда	51
§ 3. Первая теорема о диффузии	52
§ 4. Выравнивание плотности	56
§ 5. Вторая теорема о диффузии	58
§ 6. Давление, внутренняя энергия и уравнение состояния	62
§ 7. Энтропия	66
§ 8. Изменение формы сосуда	69
§ 9. Трение	71
ГЛАВА II. Слабая сходимость решений уравнения Лиувилля для нелинейных гамильтоновых систем	77
§ 1. Введение	77
§ 2. Слабый предел	80
§ 3. Условия слабой сходимости	83
§ 4. Идеальный газ как бесстолкновительная среда	85
§ 5. Предельные меры слоистых потоков	87
§ 6. Оператор Купмана для слоистых потоков	91
§ 7. Возрастание энтропии	96
§ 8. Новые формы эргодической теоремы	98
§ 9. Плотность распределения в конфигурационном пространстве	105
ГЛАВА III. Неканонические распределения вероятностей	109
§ 1. Распределения, зависящие от энергии	109
§ 2. Термодинамика билиардов	113

§ 3. Классы распределения вероятностей	116
§ 4. Обобщенная энтропия	120
§ 5. Идеальный газ и проблема моментов	122
§ 6. Неэкспоненциальная атмосфера	126
§ 7. Статистическая динамика системы связанных маятников . . .	132
 ГЛАВА IV. Каноническое распределение Гиббса и термодинамика	
механических систем с конечным числом степеней свободы .	137
§ 1. Введение	137
§ 2. Основная теорема	140
§ 3. Вывод канонического распределения Гиббса	144
§ 4. Аналитический случай	148
§ 5. Приложение к системе слабо связанных маятников	150
§ 6. Термодинамика механических систем	151
§ 7. Ансамбль слабо взаимодействующих гамильтоновых систем со многими степенями свободы	154
§ 8. Невозмущенная задача	156
§ 9. Энергетические поверхности	159
§ 10. Резонансы	161
§ 11. Распределение ансамбля при исчезающем взаимодействии . .	165
 Примечания и библиография	169
 Литература	186
 ДОБАВЛЕНИЕ 1. О существовании интегрального инварианта глад-	
ких динамических систем	194
 ДОБАВЛЕНИЕ 2. Лиувиллевость инвариантных мер вполне интегри-	
руемых систем и уравнение Монжа–Ампера	207
 ДОБАВЛЕНИЕ 3. О существовании и гладкости интеграла гамильто-	
новой системы определенного вида	216
 ДОБАВЛЕНИЕ 4. Ветвление решений и полиномиальные интегралы	
уравнений динамики	223

ДОБАВЛЕНИЕ 5. Полиномиальные интегралы обратимых механических систем с конфигурационным пространством в виде двумерного тора	236
ДОБАВЛЕНИЕ 6. Об интегралах гамильтоновых систем с торическим пространством положений	262
ДОБАВЛЕНИЕ 7. Диффузия в системах с интегральным инвариантом на торе	298
ДОБАВЛЕНИЕ 8. О диффузии в гамильтоновых системах	304
ДОБАВЛЕНИЕ 9. Слабая сходимость вероятностных мер и круговая модель Каца	311
ДОБАВЛЕНИЕ 10. Неинтегрируемость системы взаимодействующих частиц с потенциалом Дайсона	315