


Л.Д. ЛАНДАУ и Е.М. ЛИФШИЦ

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

В десяти томах

МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2010



530.1(07)
Л 222

Л.Д. ЛАНДАУ, Е.М. ЛИФШИЦ

ТОМ V

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Часть 1

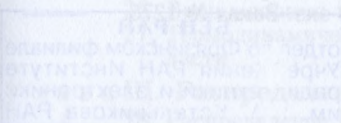
Издание пятое, стереотипное

Под редакцией Л.П. Питаевского

Рекомендовано Министерством образования
Российской Федерации
в качестве учебного пособия для студентов
физических специальностей университетов

МОСКВА
ФИЗМАТЛИТ®
2010

52301



УДК 530.1
ББК 22.31
Л22

Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М. **Теоретическая физика**: Учеб. пособ.: Для вузов. В 10 т. Т. V. **Статистическая физика**. Ч. I. — 5-е изд., стереот. — М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. — 616 с. — ISBN 978-5-9221-0054-0.

Том посвящен изложению квантовой и классической статистической физики, основанному на методе Гиббса. Излагаются основы термодинамики, статистическая физика идеального газа, теория неидеальных газов, распределения Ферми и Бозе и их применение к термодинамике черного излучения и теории твердого тела, теория растворов, теория химического равновесия и поверхностных явлений. Исследуются магнитные свойства газов. Рассмотрены теория симметрии кристаллов, флуктуации, фазовые переходы I и II рода и свойства вещества в окрестности критической точки, роль флуктуаций в этих явлениях. «Статистическая физика, часть 2», в которой излагается квантовая теория конденсированного состояния вещества, составляет том IX курса.

4-е изд. — 1995 г.

Для студентов старших курсов физических специальностей вузов, а также аспирантов и научных работников, специализирующихся в области теоретической физики.

Табл. 3. Ил. 80.

Ответственный редактор курса «Теоретическая физика» — академик РАН, доктор физико-математических наук *Л. П. Питаевский*

Учебное издание

ЛАНДАУ Лев Давидович, ЛИФШИЦ Евгений Михайлович
СТАТИСТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА. Ч. I
(Серия: «Теоретическая физика», том V)

Редакторы: *Е. С. Артоболевская, Д. А. Миртова*
Оригинал-макет: *А. А. Распопова, Е. В. Третьяков*

Подписано в печать 29.04.10.

Формат 60×90¹/₁₆. Бумага офсетная №1. Печать офсетная

Усл. печ. л. 38,5 Уч.-изд. л. 41,8. Тираж 1000 экз. Заказ № 1275.

Издательская фирма

«Физико-математическая литература»

МАИК «Наука/Интерпериодика»

117997 Москва, Профсоюзная ул., 90

<http://www.fml.ru>, E-mail: fizmat@maik.ru

БЕН РАН
отдел во Фрязинском филиале
Учреждения РАН Института
радиофизики и электроники
им. П. А. Котельникова РАН

Отпечатано в ПФ «Полиграфист»

160001, г. Вологда, ул. Челюскинцев, 3

Тел.: (8172) 72-07-92, 72-61-75, 72-60-63; факс: (8172)

76-00-49, 72-71-11

E-mail: forma@pfpoligrafist.com

ISBN 978-5-9221-0054-0



9 785922 110054 0

ISBN 978-5-9221-0054-0

© ФИЗМАТЛИТ, 1995, 2002, 2005, 2010

Оглавление

Предисловие редактора к четвертому изданию	9
Предисловие к третьему изданию	9
Из предисловий к предыдущим изданиям	11
Глава I. Основные принципы статистики	
1. Статистическое распределение	13
2. Статистическая независимость	19
3. Теорема Лиувилля	23
4. Роль энергии	25
5. Статистическая матрица	28
6. Статистическое распределение в квантовой статистике	37
7. Энтропия	40
8. Закон возрастания энтропии	47
Глава II. Термодинамические величины	
9. Температура	53
10. Макроскопическое движение	55
11. Адиабатический процесс	57
12. Давление	61
13. Работа и количество тепла	64
14. Тепловая функция	67
15. Свободная энергия и термодинамический потенциал	68
16. Соотношения между производными термодинамиче- ских величин	72
17. Термодинамическая шкала температуры	76
18. Процесс Джоуля-Томсона	77
19. Максимальная работа	78
20. Максимальная работа, производимая телом, находя- щимся во внешней среде	80
21. Термодинамические неравенства	84
22. Принцип Ле-Шателье	87
23. Теорема Нернста	90
24. Зависимость термодинамических величин от числа ча- стиц	92
25. Равновесие тела во внешнем поле	96
26. Вращающиеся тела	97
27. Термодинамические соотношения в релятивистской об- ласти	99
Глава III. Распределение Гиббса	
28. Распределение Гиббса	103
29. Распределение Максвелла	106
30. Распределение вероятностей для осциллятора	111
31. Свободная энергия в распределении Гиббса	115
32. Термодинамическая теория возмущений	120
33. Разложение по степеням \hbar	123
34. Распределение Гиббса для вращающихся тел	130
35. Распределение Гиббса с переменным числом частиц . .	132
36. Вывод термодинамических соотношений из распределе- ния Гиббса	135

Глава IV. Идеальный газ

37. Распределение Больцмана	138
38. Распределение Больцмана в классической статистике	140
39. Столкновения молекул	143
40. Неравновесный идеальный газ	145
41. Свободная энергия больцмановского идеального газа	148
42. Уравнение состояния идеального газа	150
43. Идеальный газ с постоянной теплоемкостью	153
44. Закон равнораспределения	158
45. Одноатомный идеальный газ	161
46. Одноатомный газ. Влияние электронного момента	164
47. Двухатомный газ с молекулами из различных атомов. Вращение молекул	167
48. Двухатомный газ с молекулами из одинаковых атомов. Вращение молекул	171
49. Двухатомный газ. Колебания атомов	174
50. Двухатомный газ. Влияние электронного момента	177
51. Многоатомный газ	179
52. Магнетизм газов	183

Глава V. Распределения Ферми и Бозе

53. Распределения Ферми	189
54. Распределение Бозе	190
55. Неравновесные ферми- и бозе-газы	191
56. Ферми- и бозе-газы элементарных частиц	193
57. Вырожденный электронный газ	197
58. Теплоемкость вырожденного электронного газа	200
59. Магнетизм электронного газа. Слабые поля	204
60. Магнетизм электронного газа. Сильные поля	207
61. Релятивистский вырожденный электронный газ	210
62. Вырожденный бозе-газ	213
63. Черное излучение	216

Глава VI. Твердые тела

64. Твердые тела при низких температурах	225
65. Твердые тела при высоких температурах	230
66. Интерполяционная формула Дебая	233
67. Тепловое расширение твердых тел	237
68. Сильно анизотропные кристаллы	239
69. Колебания кристаллической решетки	243
70. Плотность числа колебаний	248
71. Фононы	251
72. Операторы рождения и уничтожения фононов	255
73. Отрицательные температуры	259

Глава VII. Неидеальные газы

74. Отклонение газов от идеальности	263
75. Разложение по степеням плотности	268
76. Формула Ван-дер-Ваальса	271
77. Связь вириального коэффициента с амплитудой рассеяния	275
78. Термодинамические величины классической плазмы	279
79. Метод корреляционных функций	283
80. Термодинамические величины вырожденной плазмы	285

Глава VIII. Равновесие фаз

81. Условия равновесия фаз	292
82. Формула Клапейрона–Клаузиуса	296
83. Критическая точка	298
84. Закон соответственных состояний	301

Глава IX. Растворы

85. Системы с различными частицами	304
86. Правило фаз	305
87. Слабые растворы	307
88. Осмотическое давление	309
89. Соприкосновение фаз растворителя	310
90. Равновесие по отношению к растворенному веществу	313
91. Выделение тепла и изменение объема при растворении	316
92. Растворы сильных электролитов	319
93. Смесь идеальных газов	321
94. Смесь изотопов	324
95. Давление пара над концентрированным раствором	326
96. Термодинамические неравенства в растворах	329
97. Кривые равновесия	332
98. Примеры диаграмм состояния	338
99. Пересечение особых кривых поверхности равновесия	344
100. Газ и жидкость	345

Глава X. Химические реакции

101. Условие химического равновесия	349
102. Закон действующих масс	350
103. Теплота реакции	354
104. Ионизационное равновесие	357
105. Равновесие по отношению к образованию пар	359

Глава XI. Свойства вещества при очень больших плотностях

106. Уравнение состояния вещества при больших плотностях	362
107. Равновесие тел с большой массой	365
108. Энергия гравитирующего тела	373
109. Равновесие нейтронной сферы	375

Глава XII. Флуктуации

110. Распределение Гаусса	380
111. Распределение Гаусса для нескольких величин	383
112. Флуктуации основных термодинамических величин	386
113. Флуктуации в идеальном газе	393
114. Формула Пуассона	395
115. Флуктуации в растворах	398
116. Пространственная корреляция флуктуаций плотности	399
117. Корреляция флуктуаций плотности в вырожденном газе	403
118. Корреляция флуктуаций во времени	409
119. Временная корреляция флуктуаций нескольких величин	413
120. Симметрия кинетических коэффициентов	416
121. Диссипативная функция	419
122. Спектральное разложение флуктуаций	423

123. Обобщенная восприимчивость	429
124. Флуктуационно-диссипационная теорема	437
125. Флуктуационно-диссипационная теорема для нескольких величин	443
126. Операторное выражение обобщенной восприимчивости	448
127. Флуктуации изгиба длинных молекул	451

Г л а в а XIII. Симметрия кристаллов

128. Элементы симметрии кристаллической решетки	456
129. Решетка Бравэ	458
130. Кристаллические системы	460
131. Кристаллические классы	465
132. Пространственные группы	468
133. Обратная решетка	470
134. Неприводимые представления пространственных групп	474
135. Симметрия относительно обращения времени	481
136. Свойства симметрии нормальных колебаний кристаллической решетки	486
137. Структуры с одно- и двумерной периодичностью	492
138. Корреляционная функция в двумерных системах	496
139. Симметрия по ориентации молекул	499
140. Нематические и холестерические жидкие кристаллы	501
141. Флуктуации в жидких кристаллах	504

Г л а в а XIV. Фазовые пререходы второго рода и критические явления

142. Фазовые переходы второго рода	508
143. Скачок теплоемкости	513
144. Влияние внешнего поля на фазовый переход	518
145. Изменение симметрии при фазовом переходе второго рода	522
146. Флуктуации параметра порядка	537
147. Эффективный гамилтониан	545
148. Критические индексы	550
149. Масштабная инвариантность	556
150. Изолированные и критические точки непрерывного перехода	561
151. Фазовый переход второго рода в двумерной решетке	567
152. Ван-дер-ваальсова теория критической точки	577
153. Флуктуационная теория критической точки	582

Г л а в а XV. Поверхности

154. Поверхностное натяжение	589
155. Поверхностное натяжение кристаллов	593
156. Поверхностное давление	596
157. Поверхностное натяжение растворов	598
158. Поверхностное натяжение растворов сильных электролитов	600
159. Адсорбция	602
160. Смачивание	604
161. Краевой угол	607
162. Образование зародышей при фазовых переходах	609
163. Невозможность существования фаз в одномерных системах	613
Предметный указатель	615