

УДК 536

VORLESUNGEN
ÜBER THEORETISCHE PHYSIK
BAND V

THERMODYNAMIK
UND STATISTIK

von
ARNOLD SOMMERFELD

WIESBADEN
1 9 5 2

Зоммерфельд А.

Термодинамика и статистическая физика. — М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002, 480 стр.

Репринтное издание (оригинальное издание: М.: Издательство иностранной литературы, 1955 г.).

ISBN 5-93972-178-8

© НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2002

<http://shop.rcd.ru>

О Г Л А В Л Е Н И Е

От редакции	3
Предисловие автора	5
Из предисловия издателей	9
<i>Глава I. Термодинамика. Общие принципы</i>	<i>11</i>
§ 1. Температура как функция состояния	11
§ 2. Работа и количество тепла	15
§ 3. Идеальный газ	19
1. Закон Бойля—Мариотта (19). 2. Закон Гей- Люссака (20). 3. Закон Авогадро и универсаль- ная газовая постоянная (22).	
§ 4. Первое начало термодинамики. Энергия и энталь- пия как функции состояния	24
1. Эквивалентность тепла и работы (25). 2. Эн- тальпия как функция состояния (28). 3. Соотно- шение между удельными теплоемкостями c_p и c_v (30).	
§ 5. Обратимый и необратимый адиабатические про- цессы	32
1. Адиабатический обратимый процесс (32). 2. Адиабатический необратимый процесс (36). 3. Процесс Джоуля—Кельвина (38). 4. Одно очень важное следствие (40).	
§ 6. Второе начало термодинамики	41
1. Цикл Карно и его коэффициент полезного действия (42). 2. Первая часть второго начала термодинамики (45). 3. Вторая часть второго начала термодинамики (52). 4. Простейший численный пример (54). 5. Некоторые историче- ские замечания (57). 6. К вопросу о взаимоот- ношении энергии и энтропии (59).	
§ 7. Термодинамические потенциалы и соотношения взаимности	60
§ 8. Термодинамические равновесия	67
1. Незаторможенное термодинамическое равнове- сие и максимум энтропии (67). 2. Система в не- заторможенном термодинамическом равновесии является изотермической и изобарической (69). 3. Дополнительные степени свободы в затормо- женном равновесии (69). 4. Экстремальные свой-	

	ства термодинамических потенциалов (70).	
	5. Теорема о максимальной работе (73).	
§ 9.	Уравнение Ван-дер-Ваальса	77
	1. Ход изотерм (78). 2. Энтропия и calorические свойства газа Ван-дер-Ваальса (80).	
§ 10.	Сжижение газа по Ван-дер-Ваальсу	82
	1. Интегральный и дифференциальный процессы Джоуля—Кельвина (82). 2. Кривая инверсии и ее техническое применение (84). 3. Границы области сосуществования жидкой и газообразной фаз в плоскости p, v (86).	
§ 11.	Шкала Кельвина	92
§ 12.	Тепловая теорема Нернста	96
Глава II. Применение термодинамики к конкретным системам		
		103
§ 13.	Смесь газов; парадокс Гиббса. Закон Гульдберга и Вааге	103
	1. Обратимое разделение газов (105). 2. Увеличение энтропии при диффузии и парадокс Гиббса (106). 3. Закон действующих масс (108).	
§ 14.	Химические потенциалы и химические постоянные	114
	1. Химические потенциалы μ_i (115). 2. Связь величин μ_i и g_i для смесей идеальных газов (118). 3. Химические постоянные идеальных газов (119).	
§ 15.	Разбавленные растворы	120
	1. Общие принципы и история (120). 2. Уравнение состояния разбавленных растворов Вант-Гоффа (122).	
§ 16.	Различные агрегатные состояния воды. К теории паровой машины	126
	1. Кривая давления пара и уравнение Клапейрона (126). 2. Фазовое равновесие между водой и льдом (131). 3. Удельная теплоемкость насыщенного водяного пара (132).	
§ 17.	Общие принципы теории равновесия фаз	134
	1. Тройная точка воды (135). 2. Правило фаз Гиббса (139). 3. Закон Рауля для разбавленных растворов (141). 4. Закон абсорбции Генри (1803 г.) (144).	
§ 18.	Напряжение гальванического элемента	145
	1. Электрохимические потенциалы (146). 2. Элемент Даниэля (1836 г.) (147). 3. Сведение отдельных реакций к упрощенной брутто-реакции (149). 4. Уравнение Гиббса—Гельмгольца (151). 5. Численный расчет (152). 6. Интегрирование уравнения Гиббса—Гельмгольца (154).	
§ 19.	Ферромагнетизм и парамагнетизм	155
	1. Работа намагничивания и магнитное уравне-	

	ние состояния (155). 2. Функция Ланжевена для парамагнетиков (158). 3. Теория ферромагнетизма Вейсса (160). 4. Удельные теплоемкости c_H и c_M (165). 5. Магнитокалорический эффект (170).	
§ 20.	Излучение в полости 1. Закон Кирхгофа (173). 2. Закон Стефана—Больцмана (176). 3. Закон Вина (178). 4. Закон излучения Планка (184).	172
§ 21.	Необратимые процессы. Термодинамика неравновесных состояний 1. Теплопроводность и появление локальной энтропии (193). 2. Теплопроводность в анизотропных телах и соотношения взаимности Онзагера (196). 3. Термоэлектрические явления (198). 4. Внутренние превращения (206). 5. Общие закономерности (208). 6. Область применимости термодинамической теории необратимых процессов (211).	193
Глава III. Элементарная кинетическая теория газов . . .		213
§ 22.	Уравнение состояния идеального газа	213
§ 23.	Распределение Максвелла 1. Распределение Максвелла в случае одноатомного газа. Вывод 1860 г. (219). 2. Вычисления и эксперимент (222). 3. Общие соображения о распределении по энергиям. Множитель Больцмана (225).	219
§ 24.	Броуновское движение	227
§ 25.	Статистика парамагнитных веществ 1. Классическая функция Ланжевена (235). 2. Функция Ланжевена, видоизмененная согласно квантовой теории (238).	235
§ 26.	Статистический смысл постоянных в уравнении Ван-дер-Ваальса 1. Собственный объем молекул и постоянная b (241). 2. Вандерваальсовы силы сцепления и постоянная a (243).	240
§ 27.	Проблема длины свободного пробега 1. Вычисление длины свободного пробега в одном частном случае (247). 2. Вязкость (249). 3. Теплопроводность (253). 4. Общие замечания к проблеме длины свободного пробега (255).	246
Глава IV. Общие принципы статистики. Метод ячеек . .		258
§ 28.	Теорема Лиувилля. Γ -пространство и μ -пространство 1. Многомерное Γ -пространство (259). 2. Теорема Лиувилля (260). 3. Равновероятность состояний для идеального газа (262).	258

§ 29. Принцип Больцмана	265
1. Статистический вес как мера вероятности состояния (266). 2. Максимум вероятности как мера энтропии (270). 3. Выводы относительно метода элементарных ячеек (272).	
§ 30. Сравнение с термодинамикой	274
1. Изохорический процесс (274). 2. Общий случай процесса в газе в отсутствие внешнего поля (275). 3. Газ в силовом поле. Формула Больцмана (277). 4. Распределение скоростей по Максвеллу—Больцману (278). 5. Смесь газов (280).	
§ 31. Удельная теплоемкость и энергия газа из абсолютно твердых молекул	281
1. Одноатомный газ (281). 2. Газ двухатомных молекул (284). 3. Газ многоатомных молекул и трудности его рассмотрения, отмеченные Кельвином (288).	
§ 32. Теплоемкости упругих молекул и твердых тел	289
1. Двухатомная молекула (289). 2. Многоатомный газ (291). 3. Твердые тела и закон Дюлонга и Пти (291).	
§ 33. Квантование энергии колебаний	292
1. Линейный осциллятор (293). 2. Твердое тело (297). 3. Обобщение на любые квантовые состояния (297).	
§ 34. Квантование вращательной энергии	298
§ 35. Дополнения к теории излучения и теории твердого тела	303
1. Метод собственных колебаний (304). 2. Теория теплоемкости твердого тела по Дебаю (305).	
§ 36. Сумма состояний в Г-пространстве	307
1. Условие Гиббса (307). 2. Связь с методом Больцмана (309). 3. Переход к квантовой статистике (312). 4. Анализ гипотезы Гиббса (315).	
§ 37. Основы квантовой статистики	316
1. Квантовая статистика тождественных частиц (316). 2. Метод Дарвина—Фаулера (318). 3. Статистика Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака (321). 4. Метод седловых точек (323).	
§ 38. Вырожденные газы	327
1. Распределения Бозе—Эйнштейна и Ферми—Дирака (327). 2. Степень вырождения газов (332). 3. Сильно вырожденный газ Бозе—Эйнштейна (334).	
§ 39. Электронный газ в металлах	338
1. Замечания в теории Друде (338). 2. Полностью вырожденный газ Ферми—Дирака (340). 3. Почти полное вырождение (343). 4. Специальные проблемы (345).	
§ 40. Средние квадратичные флуктуации	349

Глава V. Основы точной кинетической теории газов . . .	357
§ 41. Кинетическое уравнение Максвелла—Больцмана	358
1. Описание состояния в кинетической теории газов (358). 2. Именованная функция f со временем (360). 3. Законы упругого удара (362). 4. Интеграл столкновений Больцмана (364). 5. Гипотеза Больцмана о молекулярном беспорядке (367).	
§ 42. H -теорема и распределение Максвелла	369
1. H -теорема (369). 2. Распределение Максвелла (373). 3. Равновесные распределения (376).	
§ 43. Основные уравнения гидродинамики	377
1. Разложение функции распределения в ряд (377). 2. Уравнения переноса Максвелла (380). 3. Сохранение массы (383). 4. Сохранение импульса (384). 5. Сохранение энергии (386). 6. Принцип энтропии (389).	
§ 44. К интегрированию кинетического уравнения	392
1. Интегрирование методом моментов (392). 2. Преобразование уравнений моментов (393). 3. Вычисление моментов относительно интеграла столкновений (396). 4. Коэффициенты внутреннего трения и теплопроводности (397).	
§ 45. Проводимость и закон Видемана—Франца	403
1. Кинетическое уравнение и уравнение переноса для электронов в металле (403). 2. Приближенное решение кинетического уравнения (405). 3. Плотность электрического тока и потока энергии (409). 4. Закон Ома (411). 5. Теплопроводность и абсолютная термо-э.д.с. (412). 6. Закон Видемана—Франца (414).	
Задачи	417
К главе I	417
К главе II	420
К главе III	423
К главе IV	425
К главе V	428
Указания к решению задач	429