

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1

ТЕРМОДИНАМИКА	7
1.1. Основные определения	7
1.1.1. Система (7). 1.1.2. Классические и квантовые системы (7). 1.1.3. Подсистема (8). 1.1.4. Микроскопическое и макроскопическое состояния (8). 1.1.5. Термодинамическое равновесие (9). 1.1.6. Стационарное состояние (9). 1.1.7. Релаксация (9). 1.1.8. Квазистатистический (равновесный), процесс (9). 1.1.9. Обратимые и необратимые процессы (10). 1.1.10. Круговой процесс (цикл). (11). 1.1.11. Идеальный газ (11). 1.1.12. Температура (11). 1.1.13. Число Авогадро (12). 1.1.14. Молекулярно-кинетический смысл температуры (12). 1.1.15. Уравнение состояния (13). 1.1.16. Уравнение состояния упругого стержня (15). 1.1.17. Функция состояния (16)	
1.2. Первое начало термодинамики	16
1.2.1. Работа в квазистатистическом процессе (16). 1.2.2. Адиабатическая оболочка (17). 1.2.3. Внутренняя энергия (18). 1.2.4. Теплота (18). 1.2.5. Первое начало термодинамики (18). 1.2.6. Теплоемкость (18). 1.2.7. Внутренняя энергия идеального газа (19). 1.2.8. Соотношение Майера (19). 1.2.9. Адиабатический процесс (20). 1.2.10. Политропический процесс (21). 1.2.11. Скорость звука в газах и жидкостях (21). 1.2.12. Истечение газа из отверстия (22)	
1.3. Второе начало термодинамики	23
1.3.1. Тепловая машина (23). 1.3.2. Формулировки Клаузиуса и Томсона (Кельвина). (24). 1.3.3. Цикл Карно (25). 1.3.4. Коэффициент полезного действия (КПД), тепловых машин (25). 1.3.5. Теоремы Карно (1824 г.). (26). 1.3.6. КПД машины Карно (27). 1.3.7. Термодинамическая шкала температур (28). 1.3.8. Неравенство Клаузиуса (29). 1.3.9. Энтропия (31). 1.3.10. Закон возрастания энтропии (32). 1.3.11. Объединенная запись первого и второго начал термодинамики (32). 1.3.12. Энтропия идеального газа (33). 1.3.13. Расширение идеального газа в пустоту (33). 1.3.14. Парадокс Гиббса (парадокс смешения газов). (33). 1.3.15. Холодильные машины (34)	
1.4. Термодинамические потенциалы (функции)	35
1.4.1. Основные термодинамические потенциалы (35). 1.4.2. Соотношения Максвелла (соотношения взаимности) (37). 1.4.3. Производная $(\partial U / \partial V)_T$ (37). 1.4.4. Уравнение состояния и энтропия излучения (38). 1.4.5. Разность $C_P - C_V$ (39). 1.4.6. Связь адиабатической и изотермической сжимаемостей (39). 1.4.7. Уравнения Гиббса-Гельмгольца (40). 1.4.8. Энергия упругой деформации стержня (40). 1.4.9. Термодинамика адиабатического деформирования упругого стержня (41). 1.4.10. Максимальная работа (45)	
1.5. Условия термодинамической устойчивости	46
1.5.1. Термодинамические неравенства (46). 1.5.2. Смысл условий устойчивости (49)	

Глава 2**ПРИНЦИПЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ** 50**2.1. Некоторые сведения из теории вероятностей** 50

2.1.1. Комбинаторные формулы (50). 2.1.2. Формула Стирлинга и гамма-функция (51). 2.1.3. Вероятности и средние значения (52). 2.1.4. Биномиальное распределение (57). 2.1.5. Распределение Пуассона (59). 2.1.6. Распределение Гаусса (60)

2.2. Распределение Больцмана 62**2.3. Распределение Максвелла** 66

2.3.1. Гипотеза молекулярного хаоса (66). 2.3.2. Первый вывод распределения Максвелла (67). 2.3.3. Второй вывод распределения Максвелла (69). 2.3.4. Распределение по абсолютной величине скорости (71). 2.3.5. Распределение по энергиям (72). 2.3.6. Средние значения для идеального газа (72). 2.3.7. Скорость звука (73). 2.3.8. Распределение Максвелла для k частиц (73). 2.3.9. Среднее число ударов молекул о стенку (75)

2.4. Распределение Максвелла–Больцмана 76**2.5. Принципы статистической механики** 77

2.5.1. Микро- и макросостояния (77). 2.5.2. Фазовое пространство системы (77). 2.5.3. Постулаты (77). 2.5.4. Статистический вес макросостояния (78). 2.5.5. Эргодическая гипотеза (79). 2.5.6. Фазовое пространство для одной частицы (μ -пространство). (80)

2.6. Распределение Гиббса 81**2.7. Статистическая сумма** 84

2.7.1. Определение статистической суммы (84). 2.7.2. Статистическая сумма и средние величины (84). 2.7.3. Статистическая сумма для распределений Больцмана и Максвелла (85)

2.8. Энтропия 86

2.8.1. Энтропия и статистический вес (86). 2.8.2. Аддитивность энтропии (87). 2.8.3. Закон возрастания энтропии (88)

2.9. Статистическая температура 88**2.10. Энтропия и второе начало термодинамики** 90**2.11. Энтропия идеального одноатомного газа** 90**2.12. Статистическая сумма и свободная энергия** 93**2.13. Третье начало термодинамики (теорема Нернста).** 95**2.14. Парадоксы статистической физики** 96**Глава 3****ТЕОРИЯ ТЕПЛОЕМКОСТИ** 100**3.1. Теорема о равнораспределении энергии по степеням свободы** 100

3.1.1. Средняя поступательная энергия молекулы (100). 3.1.2. Средняя вращательная энергия молекулы (100). 3.1.3. Колебательная энергия двухатомной молекулы (101). 3.1.4. Многоатомная молекула (102). 3.1.5. Средняя потенциальная энергия при ангармоническом взаимодействии атомов в молекуле (104). 3.1.6. Макроскопическое тело (104)

3.2. Закон Дюлонга–Пти 107**3.3. Квантовая теория теплоемкости** 107

Глава 4

ФЛУКТУАЦИИ	111
4.1. Определения	111
4.2. Флуктуации числа частиц идеального газа в выделенном объеме	112
4.3. Флуктуации объема	113
4.4. Флуктуации температуры в заданном объеме	115
4.5. Зависимость флуктуаций от числа частиц	115
4.6. Термодинамическая теория флуктуаций	117
4.7. Влияние флуктуаций на точность измерений	119
4.7.1. Пружинные весы (120). 4.7.2. Газовый термометр (120)	
4.8. Тепловое расширение твердых тел	121

Глава 5

ПРОЦЕССЫ ПЕРЕНОСА В ГАЗАХ	124
5.1. Длина свободного пробега	124
5.1.1. Газокинетическое сечение молекулы (124). 5.1.2. Длина свободного пробега (124). 5.1.3. Частота столкновений молекул газа (125). 5.1.4. Формула Сазерленда (126). 5.1.5. Ослабление потока частиц в газе (127). 5.1.6. Распределение молекул по длинам свободного пробега (127)	
5.2. Диффузия	128
5.2.1. Определения. Закон Фика (128). 5.2.2. Самодиффузия (130).	
5.3. Теплопроводность	130
5.3.1. Определения. Закон Фурье (130).	
5.4. Вязкость	131
5.5. Коэффициенты переноса	131
5.6. Уравнения диффузии и теплопроводности	133
5.6.1. Уравнение диффузии (133). 5.6.2. Уравнение теплопроводности (134). 5.6.3. Примеры решения уравнения теплопроводности (136)	
5.7. Броуновское движение	138
5.7.1. Закон Эйнштейна–Смолуховского (138). 5.7.2. Связь подвижности и коэффициента диффузии (139). 5.7.3. Броуновское движение как случайные блуждания (139). 5.7.4. Скорость диффузии и теплопроводности (142). 5.7.5. Звук как адиабатический процесс (142)	
5.8. Эффузия разреженного газа	143
5.8.1. Эффект Кнудсена (143). 5.8.2. Эффузионное разделение газовых смесей (144). 5.8.3. Свободное молекулярное течение газа через трубу (145)	

Глава 6

ФАЗОВЫЕ ПЕРЕХОДЫ	147
6.1. Фазы и фазовое равновесие	147
6.1.1. Фаза и фазовый переход (147). 6.1.2. Экстенсивные и интенсивные величины (147). 6.1.3. Химический потенциал (147). 6.1.4. Условия равновесия фаз (149)	
6.2. Уравнение Клапейрона–Клаузиуса	150

6.2.1. Кривая фазового равновесия (150).	6.2.2. Кривая фазового равновесия «жидкость–пар» (150).	6.2.3. Изотермическое испарение жидкости в вакуум (151).	6.2.4. Теплоемкость насыщенного пара (153)	
6.3. Критическая точка				154
6.4. Тройная точка				154
6.5. Многокомпонентные системы. Правило фаз				157
6.6. Фазовые переходы первого и второго рода				159
6.6.1. Фазовые переходы первого рода (159).	6.6.2. Фазовые переходы второго рода (159).	6.6.3. Фазовая диаграмма гелия (160)		
6.7. Неидеальные газы				161
6.7.1. Уравнение Ван-дер-Ваальса (161).	6.7.2. Другие уравнения состояния (162).	6.7.3. Изотермы газа Ван-дер-Ваальса (162).	6.7.4. Приведенное уравнение Ван-дер-Ваальса (164).	6.7.5. Равновесие фаз газа Ван-дер-Ваальса (164).
6.7.6. Правило Максвелла (166).	6.7.7. О химическом потенциале газа Ван-дер-Ваальса (168).	6.7.8. Внутренняя энергия и энтропия газа Ван-дер-Ваальса (168).	6.7.9. Свободное расширение газа в вакуум (170)	
6.8. Эффект Джоуля–Томсона				170
6.8.1. Дросселирование газа (170).	6.8.2. Дифференциальный эффект Джоуля–Томсона (171).	6.8.3. Интегральный эффект Джоуля–Томсона (173).	6.8.4. О механизмах эффекта Джоуля–Томсона (174).	6.8.5. Изменение энтропии при дросселировании (175).
6.8.6. Равновесное адиабатическое расширение газа (175)				
6.9. Газ Ван-дер-Ваальса вблизи критической точки				176
6.9.1. Теплота фазового перехода газа Ван-дер-Ваальса (176).	6.9.2. Теплоемкость газа Ван-дер-Ваальса (177).	6.9.3. Флуктуации плотности (178)		

Глава 7

ПОВЕРХНОСТНЫЕ ЯВЛЕНИЯ

7.1. Поверхностное натяжение		181
7.1.1. Поверхностная энергия (181).	7.1.2. Коэффициент поверхностного натяжения (182).	7.1.3. Силы на границе раздела трех сред (183)
7.2. Термодинамика поверхности		184
7.2.1. Формулировки первого и второго начал термодинамики (184).	7.2.2. Внутренняя энергия поверхности (185).	7.2.3. Изотермическая теплота образования поверхности (185)
7.3. Формула Лапласа		185
7.4. Давление насыщенного пара над кривой поверхностью		186
7.5. Кипение		189
7.5.1. Зависимость температуры кипения от давления (189).	7.5.2. Критический размер пузырька пара в жидкости (189)	

Некоторые физические константы

192