

В.В.Сычѳв

**ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ
УРАВНЕНИЯ
ТЕРМОДИНАМИКИ**

3-е издание, переработанное



Москва
Издательский дом МЭИ
2010

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие к третьему изданию	5
Список основных обозначений	6
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ	8
1.1. Некоторые основные понятия термодинамики	8
1.2. Уравнения первого и второго законов термодинамики	11
Глава 2. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ ТЕРМОДИНАМИКИ	15
2.1. Производные функций нескольких переменных	15
2.2. Пфафова форма и полный дифференциал	18
2.3. Связи между различными производными	25
2.4. Преобразование Лежандра	28
2.5. Разрывы термодинамических функций	29
2.4. Якобианы	31
Глава 3. ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ И ИХ СВОЙСТВА	35
3.1. Основные характеристические функции	35
3.2. Химический потенциал	47
3.3. Функции Массье—Планка	57
3.4. Большой потенциал и функция Крамерса	71
3.5. Другие характеристические функции	76
Глава 4. УРАВНЕНИЯ МАКСВЕЛЛА	90
4.1. Уравнения Максвелла для простых систем	90
4.2. Уравнения Максвелла для сложных систем	93
4.3. Уравнения Максвелла для систем с переменным количеством вещества	97
Глава 5. ВАЖНЕЙШИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ ПРОСТЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	103
5.1. Частные производные термодинамических потенциалов	103
5.2. Уравнения Гиббса—Гельмгольца	110
5.3. Уравнения для теплоемкостей	118
5.4. Уравнения для энтропии	124
5.5. Другие важные частные производные термодинамических функций	127
5.6. Дифференциальное уравнение изоэнтропии. Уравнение Лапласа	130
5.7. Основные термодинамические уравнения процессов течения	132
Глава 6. РАЗРЫВЫ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ НА ПОГРАНИЧНЫХ КРИВЫХ	140
6.1. Изломы и разрывы термодинамических функций при переходе через пограничные кривые	140
6.2. Уравнения скачков термодинамических функций на пограничных кривых	144
Глава 7. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ФАЗОВЫХ ПЕРЕХОДОВ	153
7.1. Общие сведения	153
7.2. Уравнение Клапейрона—Клаузиуса и его аналоги	156
7.3. Уравнения фазовых переходов при неодинаковых давлениях фаз	160
7.4. Изолинии в двухфазной области на плоскости p, T	162
7.5. Уравнения для скачков термодинамических величин на границе двухфазной области	168

7.6. Теплоемкости на пограничных кривых	179
7.7. Термодинамические величины внутри двухфазной области	181
7.8. Уравнения связи термодинамических величин на левой и правой пограничных кривых	187
7.9. Уравнения фазовых переходов второго рода	198
Глава 8. КРИТИЧЕСКАЯ ТОЧКА И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЕЕ ОПИСАНИЯ	205
8.1. Термодинамические соотношения для критической точки	205
8.2. Особенности описания термодинамических свойств вещества в критической точке	214
Глава 9. ВАЖНЕЙШИЕ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ ДЛЯ СЛОЖНЫХ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ	219
9.1. Общие соотношения для сложных систем.	219
9.2. Уравнения систем в магнитном поле	220
9.3. Уравнения систем в электрическом поле.	228
9.4. Уравнения систем в поле тяготения.	234
9.5. Уравнения упругодеформируемых систем	235
9.6. Уравнения гальваноэлектрических систем	238
9.7. Уравнения двумерных поверхностных систем	240
9.8. Уравнения для излучения в полости как термодинамической системы	244
9.9. Уравнения систем с переменным количеством вещества.	246
Заключение	249
Приложение. Готический алфавит	250

ПРЕДИСЛОВИЕ К ТРЕТЬЕМУ ИЗДАНИЮ

*Наука лишь постольку
наука, поскольку в нее
входит математика*

Иммануил Кант

Как известно, термодинамика построена весьма просто — опытным путем установлены два ее основных закона, и применение к ним математического аппарата позволяет получить все те разнообразные выводы, которыми так богата термодинамика.

Математический аппарат термодинамики представляется достаточно простым (по сравнению, скажем, с математическим аппаратом ряда разделов современной теоретической физики), но вместе с тем в некоторых своих элементах он весьма изощрен. Неучет ряда этих изощренных «мелочей» часто приводит к грубым ошибкам, даже в солидных термодинамических работах.

Ограниченный объем обычных учебников по термодинамике не позволяет достаточно подробно рассмотреть эти важные вопросы математического аппарата термодинамики*. Именно поэтому было решено посвятить этим вопросам отдельную книгу, достаточно компактную по объему, но в то же время содержащую детальное рассмотрение обсуждаемых проблем.

Первое издание книги было опубликовано в 1981 г., второе — в 1991 г.; вышли в свет и два издания в переводе на английский язык (в 1983 и 1991 гг.).

Разумеется, в задачи книги не входило изложение термодинамики и ее физических, химических, технических приложений — они достаточно подробно изложены в существующих учебниках и монографиях. Задачи книги уже — углубить уже имеющиеся у читателя знания в области математического аппарата термодинамики, систематизировать их, делая при этом акцент на вопросах, зачастую являющихся источником ошибок в термодинамических расчетах. Таким образом, книга рассчитана на подготовленного читателя. Но прежде всего она адресована студентам-старшекурсникам теплофизических, физико-технических и инженерно-физических специальностей, уже прослушавшим общий курс термодинамики, и аспирантам этих специальностей — современной научной молодежи. Как показали отзывы на предыдущие издания этой книги, она оказалась полезной научным работникам, инженерам и преподавателям термодинамики в вузах.

В настоящее издание внесены ряд уточнений и поправок.

Критические замечания читателей будут приняты с благодарностью.

Автор

* В этой книге не приведен, как это обычно принято, список дополнительной литературы. Причина этого элементарно проста — нам не известно ни одной книги, специально посвященной дифференциальным уравнениям термодинамики.