

УДК 533.9  
ББК 22.333  
Т 343

Интернет-магазин  
**MAFFESS**

<http://shop.rcd.ru>

- физика
- математика
- биология
- нефтегазовые технологии



Издание осуществлено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований по проекту №05-02-30033.

**Эбелинг В., Фёрстер А., Фортов В., Грязнов В., Полищук А.**

Теплофизические свойства горячей плотной плазмы. — М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2007. — 400 с.

Предлагаемая книга посвящена плазме высокой плотности, где энергия взаимодействия частиц сопоставима с кинетической энергией их теплового движения. Основное внимание уделено методам вычисления термодинамических функций равновесных систем. Затронуты вопросы кинетических свойств неидеальной плазмы, а также проблемы, связанные с поглощением лазерного излучения и торможением пучков тяжелых ионов в плазме с сильным межчастичным взаимодействием. Обсуждаются теоретические методы и модели для описания плотной плазмы, приводится сравнение полученных результатов с экспериментальными данными.

**ISBN 978-5-93972-646-7**

**ББК 22.333**

© В. Эбелинг, А. Фёрстер, В. Фортов, В. Грязнов, А. Полищук, 2007  
© НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2007

<http://shop.rcd.ru>  
<http://ics.org.ru>

# Оглавление

<b>Предисловие к русскому изданию</b> . . . . .	8
<b>ГЛАВА 1. Предисловие</b> . . . . .	10
<b>ГЛАВА 2. Физические свойства горячей плотной плазмы</b> . . . . .	12
2.1. Задача термодинамического описания горячей сжатой плазмы	12
2.2. Исторические сведения . . . . .	17
2.3. Безразмерные параметры плазмы . . . . .	19
<b>ГЛАВА 3. Общая термодинамика и кинетика переходов</b> . . . . .	25
3.1. Обзор статистико-термодинамических результатов . . . . .	25
3.2. Разложение при низких плотностях . . . . .	39
3.3. Аппроксимации Якоби–Паде . . . . .	43
3.4. Средне-сферическое приближение . . . . .	50
3.5. Сдвиги энергетических уровней и ионизационная щель . . . .	53
3.6. Кинетика процессов ионизации и переходов между уровнями	61
<b>ГЛАВА 4. Термодинамические и кинетические свойства простой плазмы</b> . . . . .	73
4.1. Термодинамические соотношения . . . . .	73
4.2. Термодинамика водорода . . . . .	79
4.3. Термодинамика гелия и водородно-гелиевых смесей . . . . .	86
4.4. Термодинамика плазмы других инертных газов . . . . .	98
4.5. Сравнение химической модели и модели среднего атома . . . .	108
4.6. Сдвиги энергетических уровней и спектральных линий для водородоподобных связанных состояний . . . . .	115
4.7. Кинетика ионизации водородоподобной плазмы . . . . .	120
4.8. Фронты ионизации и явления нуклеации . . . . .	126
4.9. Термодинамика необратимых процессов ионизации . . . . .	138

<b>ГЛАВА 5. Уравнение состояния и состав многокомпонентных систем</b>	<b>145</b>
5.1. Методы расчета состава и термодинамических свойств многокомпонентных систем	145
5.2. Модель ограниченного атома	164
5.3. Некоторые результаты и их обсуждение	169
<b>ГЛАВА 6. Ионизационное равновесие и неравновесные свойства металлической плазмы</b>	<b>178</b>
6.1. Общий подход и модель Томаса–Ферми	178
6.2. Приближенные расчеты спектров электронов в модели ограниченного атома	195
6.3. Модели, описывающие явление перехода диэлектрик–металл	198
6.4. Обобщенная химическая модель	205
6.5. Полуэмпирический расчет электронных коэффициентов переноса	213
<b>ГЛАВА 7. Поглощение лазерного излучения и торможение ионных пучков в плазме</b>	<b>228</b>
7.1. Тормозное излучение и динамическая проводимость	228
7.2. Теоретический подход к расчету непрозрачностей в плазме	243
7.3. Непрозрачности плазмы. Полуэмпирический подход	246
7.4. Теория пробега быстрых ионов в плазме металлов	254
7.5. Полуэмпирическая модель тормозной способности плазмы	258
<b>ГЛАВА 8. Уравнение состояния плотной водородной плазмы и плазмы инертных газов</b>	<b>268</b>
8.1. Термодинамические свойства и энергетические уровни плотного водорода	268
8.2. Уравнение состояния при высокой плотности на основе подхода с зависящими от плотности энергетическими уровнями	281
8.3. Уравнение состояния при высокой плотности на основе метода исключенного объема	292
8.4. Переходы за счет давления, изоэнтропии и ударные адиабаты для плотного водорода и дейтерия	297
8.5. Термодинамика ударно-сжатых газов мегабарного диапазона давлений в рамках модели SANA	308
8.5.1. Термодинамическая модель. Эффекты электронного вырождения и межчастичного взаимодействия	309
8.5.2. Короткодействующее отталкивание	311

8.5.3. Термодинамика ударно-сжатых инертных газов. Расчет ударных адиабат и сравнение с экспериментом . . .	314
8.5.4. Термодинамика ударно-сжатого водорода (дейтерия) . . .	320
<b>ГЛАВА 9. Термодинамика ударно-сжатых пористых металлов . . .</b>	<b>326</b>
9.1. Термодинамическая модель. Эффекты вырождения электронов и взаимодействия частиц . . . . .	329
9.1.1. Короткодействующее отталкивание атомов и ионов . . .	332
9.1.2. Дополнительное притяжение . . . . .	334
9.2. Сравнение экспериментальных и расчетных данных . . . . .	335
<b>ГЛАВА 10. Таблицы термодинамических свойств . . . . .</b>	<b>342</b>
10.1. Алюминий (Al) . . . . .	343
10.2. Железо (Fe) . . . . .	348
10.3. Медь (Cu) . . . . .	353
10.4. Золото (Au) . . . . .	358
10.5. Свинец (Pb) . . . . .	363
10.6. Висмут (Bi) . . . . .	368
10.7. Уран (U) . . . . .	371
<b>ГЛАВА 11. Ссылки . . . . .</b>	<b>376</b>
<b>Предметный указатель . . . . .</b>	<b>397</b>