

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора русского издания	10
Предисловие	12
Глава 1. Что такое плазма	15
§ 1.1. Введение	15
§ 1.2. Квазинейтральность и затухание Ландау	18
§ 1.3. Термоядерная плазма	20
Глава 2. Характеристики плазмы	25
§ 2.1. Функция распределения в пространстве скоростей, электронная и ионная температуры	25
§ 2.2. Плазменная частота, дебаевская длина	27
§ 2.3. Циклотронная частота, ларморовский радиус	28
§ 2.4. Дрейфовая скорость ведущего центра	29
§ 2.5. Магнитный момент, пробочное удержание, продольный адиабатический инвариант	32
§ 2.6. Время кулоновских столкновений, инжекция быстрых нейтральных атомов	35
§ 2.7. Убегающие электроны, поле Драйсера	41
§ 2.8. Электрическое сопротивление, омический нагрев	42
§ 2.9. Многообразии временных и пространственных масштабов в плазме	43
Глава 3. Конфигурации магнитного поля и траектории частиц	45
§ 3.1. Уравнения Максвелла	45
§ 3.2. Магнитная поверхность	48
§ 3.3. Уравнение движения заряженной частицы	49
§ 3.4. Траектория заряженной частицы в осесимметричной системе	52
§ 3.5. Дрейф ведущего центра в тороидальном поле	54
3.5а. Траектория ведущего центра пролетной частицы (56). 3.5б. Траектория ведущего центра запертой частицы (57).	
§ 3.6. Траектория ведущего центра и магнитная поверхность	59
§ 3.7. Влияние продольного электрического поля на банановые орбиты	60
Глава 4. Функция распределения в пространстве скоростей и уравнение Больцмана	62
§ 4.1. Фазовое пространство и функция распределения	62
§ 4.2. Уравнения Больцмана и Власова	63
Глава 5. Плазма как проводящая жидкость	67
§ 5.1. Уравнения двухжидкостной магнитной гидродинамики	67
§ 5.2. Одножидкостная магнитная гидродинамика	70
§ 5.3. Упрощенные МГД уравнения	72
§ 5.4. Магнитозвуковые волны	74

Глава 6. Равновесие	78
§ 6.1. Баланс давлений	78
§ 6.2. Уравнения равновесия для систем с осевой и трансляционной симметриями	80
§ 6.3. Равновесие в токамаке [1]	83
§ 6.4. Полоидальное поле и равновесие плазмы в токамаке	89
§ 6.5. Предел по параметру β	93
§ 6.6. Ток Пфирша—Шлютера [3]	95
§ 6.7. Теорема вириала	97
Глава 7. Диффузия плазмы, время удержания	101
§ 7.1. Столкновительная (классическая) диффузия	103
7.1a. Магнитогидродинамическое описание (103).	
7.1b. Приближение отдельных частиц (105).	
§ 7.2. Неоклассическая диффузия электронов в токамаке	106
§ 7.3. Потери на флуктуациях, бомовская диффузия и конвективные потери	109
§ 7.4. Потери на флуктуациях магнитного поля	113
Глава 8. Магнитогидродинамические неустойчивости	115
§ 8.1. Перестановочная, сосисочная и винтовая неустойчивости	116
8.1a. Перестановочная неустойчивость (116).	
8.1b. Критерий устойчивости перестановочной моды, магнитная яма (120).	
8.1c. Сосисочная неустойчивость (перетяжки) (124).	
8.1d. Винтовая неустойчивость (змейки) (124).	
§ 8.2. Устойчивость в магнитной гидродинамике	126
8.2a. Линеаризация магнитогидродинамических уравнений (126).	
8.2b. Энергетический принцип [5] (129).	
§ 8.3. Неустойчивости цилиндрической плазмы	133
8.3a. Неустойчивости плазмы с резкой границей: критерий Крускала—Шафранова (133).	
8.3b. Неустойчивости плазмы с диффузной границей (137).	
8.3c. Критерий Сайдема (142).	
8.3d. Конфигурация токамака (143).	
8.3e. Пинч с обращенным полем [12] (145).	
§ 8.4. Магнитогидродинамическое уравнение Хайна—Люста	150
§ 8.5. Баллонная неустойчивость	152
§ 8.6. Моды, связанные с градиентами плотности и температуры	156
Глава 9. Резистивная неустойчивость	160
§ 9.1. Тиринг-неустойчивость	161
§ 9.2. Резистивная дрейфовая неустойчивость	166
Глава 10. Распространение электромагнитных волн в плазме	172
§ 10.1. Дисперсионное уравнение волн в холодной плазме	173
§ 10.2. Свойства волн	177
10.2a. Поляризация и движение частиц (177).	
10.2b. Явления отсечки и резонанса (178).	

§ 10.3. Волны в двухкомпонентной плазме	179
§ 10.4. Типы волн	184
10.4a. Альфвеновские волны (184).	
10.4b. Ионные циклотронные и быстрые магнитозвуковые волны (185).	
10.4c. Нижнегибридный резонанс (187).	
10.4d. Верхнегибридный резонанс (189).	
10.4e. Электронные циклотронные волны (189).	
§ 10.5. Электростатические волны	190
Глава 11. Затухание Ландау и циклотронный резонанс	193
§ 11.1. Затухание Ландау и резонансная раскачка	193
§ 11.2. Времяпролетное затухание	197
§ 11.3. Циклотронное затухание	198
§ 11.4. Квазилинейная теория эволюции функции распределения	201
Глава 12. Распространение волн и волновой нагрев	204
§ 12.1. Поток энергии	205
§ 12.2. Приближение геометрической оптики	209
§ 12.3. Тензор диэлектрической проницаемости, поглощение волн и нагрев	210
§ 12.4. Ионный циклотронный нагрев	217
§ 12.5. Нижнегибридный нагрев	221
§ 12.6. Электронный циклотронный нагрев	225
Глава 13. Кинетические (потенциальные) неустойчивости	229
§ 13.1. Дисперсионное уравнение для электростатических волн	229
§ 13.2. Двухпоточковая неустойчивость	231
§ 13.3. Неустойчивость электронного пучка	232
§ 13.4. Неустойчивость Харриса	233
Глава 14. Неустойчивости, вызванные высокоэнергичными частицами	237
§ 14.1. Фишбон-неустойчивость	237
14.1a. Формулировка подхода (237).	
14.1b. МГД составляющая потенциальной энергии (238).	
14.1c. Энергия горячей компоненты (241).	
14.1d. Инкремент фишбон-неустойчивости (244).	
§ 14.2. ТAE-моды	247
14.2a. Собственные альфвеновские моды, индуцированные тороидальностью (248).	
14.2b. Неустойчивость ТAE-мод, вызванная быстрыми частицами (253).	
14.2c. Различные альфвеновские моды (261).	
Глава 15. История термоядерных исследований	264
Глава 16. Токамак	277
§ 16.1. Установки токамак	277
§ 16.2. Равновесие	281
16.2a. Случай проводящего кожуха (282).	
16.2b. Случай отсутствия кожуха (282).	
16.2c. Предельное равновесное значение бета для токамака с вытянутым сечением (283).	

§ 16.3. МГД устойчивость и предел по плотности	284
§ 16.4. Предел по бета для плазмы вытянутого сечения	286
§ 16.5. Контроль за примесями, приграничный слой и дивертор	288
§ 16.6. Скейлинг L-моды	294
§ 16.7. H-мода и режимы с улучшенным удержанием.	297
§ 16.8. Неиндукционное возбуждение тока	305
16.8a. Возбуждение тока нижнегибридными волнами (305). 16.8b. Возбуждение тока электронными циклотронными волнами (309). 16.8с. Нейтральная инжекция и возбуждение тока (312). 16.8d. Бутстрэп-ток (315).	
§ 16.9. Неоклассическая тиринг-мода	317
§ 16.10. Моды резистивного кожуха	324
16.10a. Инкремент моды резистивного кожуха (324). 16.10b. Стабилизация обратной связью (331).	
§ 16.11. Параметры токамака—реактора	333
Глава 17. Альтернативные системы удержания	343
§ 17.1. Пинч с обращенным полем	343
17.1a. Конфигурация пинча с обращенным полем (343). 17.1b. МГД релаксация (344). 17.1с. Удержание (348). 17.1d. Поддержание тока переменным полем (349).	
§ 17.2. Стелларатор	350
17.2a. Винтовое поле (350). 17.2b. Стеллараторные установки (354). 17.2с. Неоклассическая диффузия в винтовом поле (355). 17.2d. Удержание плазмы в стеллараторах [37,38,39] (359).	
§ 17.3. Открытые системы	361
17.3a. Время удержания в пробочных ловушках и касках (362). 17.3b. Эксперименты по удержанию плазмы в пробочных ловушках (364). 17.3с. Неустойчивости в пробочных ловушках (365). 17.3d. Амбиполярные ловушки (368).	
Глава 18. Инерционное удержание	375
§ 18.1. Условие поджига [1, 2]	376
§ 18.2. Имплотация	379
Приложение А. Вывод уравнений МГД	384
Приложение В. Интеграл энергии для осесимметричных тороидальных систем	389
§ В.1. Интеграл энергии в наглядной форме	389
§ В.2. Интеграл энергии для осесимметричных тороидальных систем	392
§ В.3. Интеграл энергии для баллонных мод с высокими значениями n	397
Приложение С. Вывод тензора диэлектрической проницаемости горячей плазмы	400
§ С.1. Дисперсионное уравнение для горячей плазмы.	400

§ С.2. Решение линеаризованного уравнения Власова	402
§ С.3. Тензор диэлектрической проницаемости горячей плазмы	404
§ С.4. Тензор диэлектрической проницаемости би-максвелловской плазмы	407
§ С.5. Закон дисперсии электростатических волн.	409
§ С.6. Закон дисперсии электростатических волн в неоднородной плазме	410
Физические константы, плазменные величины и математические формулы	415
Предметный указатель	419