533.9(049.3)

УСПЕХИ ФИЗИКИ ПЛАЗМЫ

Физика высокотемпературной плазмы. Сборник обзоров. Перевод с англ. под редакцией проф. М. С. Рабиновича. М., «Мир», 1972, 340 с.

В 1968—1971 гг. в США под редакцией проф. А. Саймона и проф. У. Томпсона был издан сборник «Успехи физики плазмы», состоящий из четырех томов. В сборнике помещены обзорные статьи практически по всем разделам физики плазмы и ее приложений, написанные известными зарубежными физиками. Издательство «Мир» решило перевести на русский язык отдельные обзорные статьи этого сборника, посвященные проблемам высокотемпературной термоядерной плазмы. В 1972 г. вышел в свет первый том перевода сборника, в который вошли статьи из первых двух томов английского издания; в 1974 г. ожидается появление второго тома перевода, в который будут включены обзорные статьи из третьего и четвертого томов английского издания.

В первый том перевода сборника под названием «Физика высокотемпературной плазмы» включены следующие обзоры:

1. Дж. Даусон, «Излучение плазмы».
2. Т. Фаулер, «Термодинамика неустойчивой плазмы».
3. Н. Кролл, «Дрейфовые волны».
4. Г. Фюрт, «Стабилизация плазмы в тороидальных системах с помощью минимума среднего B».
5. Н. Д'Анжело, «Исследование цезиевой плазмы».
6. К. Чу, Р. Гросс, «Ударные волны в физике плазмы».

В статье Дж. Даусона изложены методы расчета коэффициентов излучения и поглощения классической нетурбулентной плазмы, флуктуаций и взаимодействия волн в плазме, рассеяния и трансформации одних типов волн в другие. Методы эти уже относительно давно и достаточно полно разработаны и даже изложены в ряде монографий по физике плазмы. Тем не менее в статье Дж. Даусона они собраны воедино и освещены таким образом, что подготавливают читателя к пониманию тех же явлений, но протекающих в турбулентной плазме; этим аномальным явлениям в настоящее время в литературе уделяется большое внимание.

В статье Т. Фаулера сделана попытка подытожить современные представления о термодинамике неравновесной и неустойчивой плазмы. Наиболее ценным является изложение общего энергетического метода анализа неустойчивых состояний плазмы и демонстрация его эффективности на различных конкретных примерах.

Пожалуй, самым интересным в переводе сборника является статья Н. Кролла, посвященная теории дрейфовых волн в замагниченной неоднородной плазме. Дрейфовые волны играют фундаментальную роль во всей физике высокотемпературной плазмы, поскольку они определяют устойчивость магнитного удержания плазмы в термоядерных установках. Статья Кролла дает довольно полное представление о современной теории дрейфовых колебаний высокотемпературной бесстолкновительной плазмы и ее методах. К сожалению, в обзоре мало внимания уделяется дрейфово-диссипативным неустойчивостям, которые очень интенсивно исследовались теоретически и экспериментально в последние годы. Кроме того, автор всюду следует локальному методу анализа дрейфовых колебаний неоднородной плазмы, нисколько не заботясь о строгом математическом обосновании этого метода в рамках приближения геометрической оптики. Известно, что обоснования локального метода являлись предметом многих дискуссий, в частности на страницах УФН.

В статье Г. Фюрта рассмотрены конкретные термоядерные установки и обсуждается роль минимума среднего B для удержания плазмы в этих установках. К сожалению,

статья написана слишком сжато и конспективно; многие утверждения даже не поясняются, хотя часто они оказываются спорными.

Прекрасный обзор Н. Д'Анджело посвящен описанию экспериментов по моделированию ряда неустойчивостей на примере спонтанной термически ионизованной цезиевой плазмы. Здесь изложены не только экспериментальные результаты, но описаны также диагностические методы и способы создания спокойной плазмы.

Наконец, последняя статья сборника, написанная К Чу и Р. Гроссом, посвящена ударным волнам в плазме и носит энциклопедический характер. Авторы рассмотрели практически все типы ударных волн в ионизованном газе как в сильностолкновительном, так и бесстолкновительном пределах, изложили математические методы их описания и провели сравнение теоретических представлений с экспериментом. Следует отметить, кроме того, весьма полный обзор литературы по ударным волнам и подробную библиографию.

Хотя не все статьи первого тома перевода равноценны, но все они достаточно интересны и содержательны, чтобы высказать уверенность, что сборник, безусловно, является очень полезным для специалистов в области физики высокотемпературной плазмы и управляемого термоядерного синтеза.

Такую уверенность укрепляет и готовящийся в настоящее время к печати второй том перевода сборника. В него включены следующие обзорные статьи:

1. Д. Балдуин, А. Бернстейн, М. Винник, «Кинетическая теория плазменных волн в магнитном поле».
2. А. Бернстейн, «Движение заряженной частицы в сильном магнитном поле».
3. Б. Коппи, «Коллективные моды колебаний плазмы с учетом геометрии системы и распределения частиц по скоростям».
4. Г. Бенфорд, Д. Бук, «Равновесие релятивистских электронных пучков».
5. Ф. Бригс, «Двухпучковые неустойчивости».

В статье Д. Балдуина и др. излагается кинетическая теория колебаний классической нетурбулентной плазмы, которую можно найти во многих монографиях и даже учебниках по физике плазмы.

В небольшой статье А. Бернстейна дан метод вычисления адиабатических инвариантов движения заряженной частицы в сильном магнитном поле в дрейфовом приближении с точностью до членов третьего порядка малости.

Для физики высокотемпературной плазмы и проблемы управляемого синтеза интересной является статья Б. Коппи, в которой систематически излагается теория неустойчивых мод колебаний в системах со сложной геометрией силовых линий магнитного поля и сложным распределением частиц по скоростям. Результаты общего теоретического анализа прилагаются к конкретным термоядерным установкам, и выяснена степень опасности тех или иных неустойчивых мод для удержания плазмы.

Весьма актуальными в настоящее время являются материалы обзорных статей Г. Бенфорда, Д. Бука и Ф. Бригса, которые посвящены взаимодействию сильноточных электронных пучков с плазмой. Сильноточные релятивистские электронные пучки в последние годы интенсивно исследуются в связи с многочисленными возможностями их применения в физике управляемого термоядерного синтеза, плазменной электронике и др.

В статье Г. Бенфорда и Д. Бука дан обзор современных представлений о равновесии сильноточных релятивистских электронных пучков; рассмотрены практически все существующие на сегодняшний день модели таких пучков, указаны их недостатки и достоинства с точки зрения достижения максимальных мощностей и энергий.

В статье Ф. Бригса изложена теория возбуждения СВЧ волн при взаимодействии электронных пучков с плазмой, причем, что важно, рассматриваются близкие к реальным ограниченные системы плазма — пучок. К сожалению, автор ограничился анализом лишь нерелятивистских электронных пучков, в то время как в литературе сейчас появляется огромное количество работ, посвященных релятивистским пучкам.

А. А. Рухадзе