

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУКБИБЛИОГРАФИЯ

019.941:533.9

Д. А. Франк-Каменецкий. Лекции по физике плазмы. Изд. 2-е, М., Атомиздат, 1968, 285 стр., ц. 53 коп.

Книга Д. А. Франк-Каменецкого представляет собой переработанный курс лекций, который автор в течение ряда лет читал студентам Московского физико-технического института. По месту, занимаемому в литературе по плазме, она служит как бы переходным мостиком между элементарным качественным изложением основных идей науки о плазме \*) и монографическими работами, использующими для развития этих идей все богатство современного математического аппарата \*\*). Как отмечает сам автор, «задача книги чисто педагогическая: научить студента разбираться в основных вопросах физики плазмы и производить простейшие расчеты». О том, насколько удалось автору осуществить поставленную задачу, говорит уже сам факт повторного издания книги.

Исследование ионизированных газов — плазмы — в последнее время все в большей степени привлекает к себе внимание физиков. Дело в том, что исследование плазмы представляет не только чисто академический интерес (плазма — четвертое, качественно отличное от других состояние вещества и соответственно специфический объект исследования). От успеха в исследовании плазмы зависит решение таких актуальных проблем современной техники, как проблемы: управляемого термоядерного синтеза, создания плазменных ракетных двигателей для космических кораблей, входа в атмосферу космических и межконтинентальных ракет, радиосвязи в космическом пространстве, непосредственного преобразования тепловой энергии в электрическую, и многие другие. И вполне естественно, что такая широкая сфера приложения физики плазмы порождает необходимость в освоении основ науки о плазме обширным кругом специалистов. Вместе с тем в литературе уделяется относительно мало внимания систематизированному решению этой важной задачи. Как правило, основы физики плазмы рассматриваются через призму либо проблемы управляемого термоядерного синтеза, либо классического газового разряда. Отсюда неизбежная односторонность в изложении материала. Книга Д. А. Франк-Каменецкого в этом отношении выгодно отличается от других. В книге рассматривается более широкий круг вопросов, что позволяет читателю составить общее представление о многочисленных свойствах плазмы, проявляющихся в эксперименте и при использовании в технике, причем основное внимание уделяется рассмотрению свойств замагниченной плазмы, т. е. плазмы, движение частиц которой ограничено сильными внешними магнитными полями, что оправдано особым интересом науки и техники на современном этапе именно к замагниченному состоянию плазмы.

Удачной представляется и структура книги. В первой главе рассматриваются основные понятия и методы теории плазмы, причем понятия не просто постулируются и поясняются словесно, а выводятся одно из другого в процессе предметного мысленного экспериментирования с плазмой, представленной как идеальный объект. В результате каждое понятие определяется через другие, что позволяет читателю усвоить систему понятий («сеть» понятий), а не простую их номенклатуру. Вторая глава посвящена рассмотрению плазмы с точки зрения термодинамики. Подробно рассматриваются процессы ионизации ввиду их важности для понимания равновесного состояния плазмы;

\*) См.: Л. А. Арцимович, *Элементарная физика плазмы*, М., Госатомиздат, 1963; Д. А. Франк-Каменецкий, *Плазма — четвертое состояние вещества*, М., Госатомиздат, 1961.

\*\*\*) См. многочисленные работы сотрудников ИАЭ им. И. В. Курчатова, опубликованные в пяти томах сб. «Вопросы теории плазмы» (М., Госатомиздат); В. Л. Гинзбург, *Распространение электромагнитных волн в плазме*, изд. 2-е, М., «Наука», 1967; В. П. Силин, А. А. Рухадзе, *Электромагнитные свойства плазмы и плазмоподобных сред*, М., Госатомиздат, 1961; Р. Балеску, *Статистическая механика заряженных частиц*, М., «Мир», 1967 и др.

формула Саха выводится двумя различными способами, что позволяет сочетать строгость вывода формулы с физической наглядностью описываемых ею процессов. Вводятся критерии применимости термодинамического приближения. В третьей главе исследуется круг вопросов, связанных с движением заряженных частиц плазмы во внешних полях при допущении взаимной независимости траекторий движения. Основное внимание здесь уделяется рассмотрению дрейфового тока (выделяется пять разновидностей дрейфа, дается их подробная характеристика) и тока намагничивания. На базе представлений об этих токах приводится очень простой вывод уравнений квазигидродинамического приближения. В четвертой и пятой главах рассматриваются явления колебаний и волн в низкотемпературной и горячей плазме. Проводится их подробная классификация, объясняются особенности возникновения и поведения в различных условиях. Предмет шестой главы составляет количественное описание теплового движения частиц плазмы — физическая кинетика плазмы. Большое внимание здесь уделено рассмотрению основного понятия физической кинетики — понятию функции распределения, физического смыслу этого понятия. Рассмотрены различные приближения кинетического уравнения, сферы применимости этих приближений, методы решения кинетических уравнений. В шести приложениях приводятся дополнительные сведения из области физики и математики, играющие роль краткого справочника. В конце каждой главы помещены задачи с решениями. Это помогает читателю, с одной стороны, самостоятельно проконтролировать степень усвоения материала, а с другой — лучше понять связь теоретических положений с экспериментом и практикой.

В известном смысле недостатком книги является то обстоятельство, что в ней не охвачен круг вопросов, связанных с результатами, полученными в последние годы. Сюда прежде всего следует отнести квазилинейную теорию неустойчивости плазмы \*), а также неустойчивость дрейфовых волн, обусловленную слабой неоднородностью плазмы, впервые рассмотренную в 1961 г. Л. И. Рудаковым и Р. З. Сагдеевым \*\*). Именно это явление, как было показано в дальнейшем, ответственно за аномальную диффузию плазмы поперек магнитного поля \*\*\*), что делает изложение этого вопроса особо актуальным в рамках проблемы управляемого термоядерного синтеза. Вместе с тем эти результаты до сих пор не нашли своего отражения в литературе, доступной широкому кругу читателей. Хотелось бы, чтобы в последующем издании книги Д. А. Франк-Каменецкого эти вопросы были изложены с тем же мастерством физической наглядности.

Особо следует отметить методологический аспект книги. Обычно в теоретических работах по физике плазмы (да и не только плазмы) авторы стремятся с максимальной строгостью (с точки зрения математики) получить уравнения, описывающие ту или иную область плазменных явлений. Такой подход оправдан только в том случае, если работа адресована узким специалистам. В работах же, рассчитанных на широкий круг неспециалистов, преимущество дедуктивной математической строгости превращается в свою противоположность. Громоздкий формализм и сложные математические расчеты мешают увидеть объективное содержание знания об исследуемом объекте. Даже тогда, когда неподготовленному читателю удается преодолеть баррикады математического формализма, усвоенное им знание носит чисто формальный характер. Он знает формулы, уравнения, правила их вывода, но не понимает, как они соотносятся с реальным объектом, который описывают. Отсюда неумение применить усвоенное абстрактное знание при конкретном исследовании объекта. Поэтому Д. А. Франк-Каменецкий намеренно акцентирует внимание на содержательной стороне физики плазмы, строя в то же время изложение материала таким образом, чтобы читатель, имеющий достаточную математическую подготовку, при желании мог самостоятельно получить интересующий его результат с помощью строгой математической дедукции. Большое внимание в книге уделяется физическому смыслу вводимых понятий, содержательной интерпретации получаемых формул, выявлению пределов их применимости.

Практика научного познания физических объектов показывает, что, как правило, теоретическое объяснение объекта начинается с выявления характера его структуры, который и определяет методы исследований. В теории для описания структуры используются два базисных полярно противоположных понятия: дискретность и непрерывность. Соответственно плазма может быть рассмотрена с двух точек зрения: как система независимых частиц и как непрерывная среда. Оба подхода представляют собой лишь

\*) См.: А. А. Веденов, в сб. «Вопросы теории плазмы», т. 3, М., Госатомиздат, 1963.

\*\*) Л. И. Рудаков, Р. З. Сагдеев, ДАН СССР 138, 581 (1961). См. также: А. Б. Михайловский, в сб. «Вопросы теории плазмы», т. 3, М., Госатомиздат, 1963.

\*\*\*) См., например: Б. Б. Кадомцев, О. П. Погуде, в сб. «Вопросы теории плазмы», т. 5, М., Госатомиздат, 1967.

некоторое приближение к реальности. Поэтому в книге большое внимание уделяется уточнению условий применимости концепций дискретности и континуума, построению моделей в рамках этих концепций, соответствию теоретических моделей и реальной плазмы.

В силу отмеченных особенностей можно с уверенностью сказать, что значение книги выходит за рамки поставленной автором задачи. Книга будет полезна не только для студентов, но и для всех тех инженеров, аспирантов, научных сотрудников, которые в своей непосредственной работе сталкиваются с проблемами физики плазмы.

*К. С. Оганезов*