

БИБЛИОГРАФИЯ

523.7(049.3)

КЛАССИЧЕСКАЯ КНИГА ПО ТЕОРИИ ЖИДКОСТЕЙ

Я. И. Френкель. Кинетическая теория жидкостей. С приложениями. (Серия «Классики науки».) Л., «Наука», ЛО, 1975, 592 с.

Не так много книг, которые по всеобщему признанию стали классическими и не перестали быть современными. Именно к таким книгам относится «Кинетическая теория жидкостей» Якова Ильича Френкеля.

Настоящее издание книги уже третье на русском языке. Первое издание появилось в 1945 г., второе — в качестве третьего тома «Собрания избранных трудов» Якова Ильича, и оба издания сразу разошлись. Когда книга вышла в первый раз, очень крупный физик-теоретик, перелистывая этот объемистый труд, многократно повторял одну и ту же фразу: «Как можно так много написать о жидкостях, о которых так мало известно». По-видимому, Я. И. Френкель и сам понимал, что появление его большой книги вызовет недоумение, и, возможно, поэтому в предисловии написал, что в публикации книги «... я нахожу, однако, для себя оправдание по следующим трем причинам». И здесь автор книги указывает, что в течение последних двадцати лет он сам занимается теорией жидкостей, причем многие его результаты остались не опубликованными, что правильное понимание кинетической теории жидкостей имеется только у ограниченного круга специалистов, между тем как оно необходимо для всех, кто исследует конденсированное состояние. И, наконец: «Изложение новой теории даже еще в очень сырой и неполной форме будет способствовать привлечению внимания других ученых к этому предмету и ускорению его дальнейшего развития».

Теперь хорошо известно, что многочисленные достижения и новые направления в современной теории конденсированного состояния берут свое начало в исследованиях Я. И. Френкеля и, в частности, в «Кинетической теории жидкостей». Эта книга не только в нашей стране одна из самых популярных и читаемых монографий, но она также переведена в разных странах и продолжает играть большую роль, о чем отчасти можно судить по большому количеству ссылок на нее в мировой литературе.

Такая популярность книги, по-видимому, может объясняться тем существенным обстоятельством, что она содержит наиболее полное изложение достижений ее автора и других крупных физиков, изобилует новыми физическими идеями, и, наконец, книга написана живым языком человека, наделенного тонким чувством юмора. Чтение книги и доставляет удовольствие, и способно рождать мысли у читателя.

Настоящее, третье, издание книги снабжено приложением, содержащим примечания к главам I, IV, VI и VIII, написанным А. Е. Глауберманом; очерк «О кинетической теории жидкостей Я. И. Френкеля», написанный А. Е. Глауберманом, В. Я. Френкелем и С. Я. Френкелем; перепечатанный из «Успехов физических наук», научно-биографический очерк «Яков Ильич Френкель», написанный И. Е. Таммом (76, 397 (1962)); короткие заметки А. Ф. Иоффе «О научном наследии Я. И. Френкеля и Н. Мотта» «Профессор Я. И. Френкель». Приложение заканчивается статьями М. И. Каганова и И. М. Лифшица «Экситон Френкеля — квазичастица».

Из материалов приложения читатель с достаточной полнотой сможет узнать и о счастливой судьбе книги «Кинетическая теория жидкостей», и о той роли, которую книга уже сыграла для развития теоретических и экспериментальных исследований конденсированного и, особенно, жидкого состояния.

В приложении также отчетливо обрисована сильная и обаятельная личность Я. И. Френкеля — ученого, существенно повлиявшего на развитие физической науки.

Если говорить коротко, не вдаваясь в детали, о том, почему теория жидкостей отставала тогда и продолжает отставать теперь от теории газов и твердых тел, то можно сказать, что в теории жидкостей не удается найти малый параметр и достаточно универсальный вид радиальной функции распределения и потенциала взаимодействия.

В газах слаба энергия взаимодействия между молекулами, но велики смещения отдельных молекул. В твердом теле сильна энергия взаимодействия между частицами, но малы их смещения. В жидкости велика энергия взаимодействия и велики смещения

молекул. При этом характер взаимодействия между молекулами жидкости индивидуален и не поддается строгому теоретическому расчету.

Разумеется, все эти трудности были хорошо известны Я. И. Френкелю. Приступая к написанию книги, ее автор имел свою собственную точку зрения, полагая, что целый ряд общих важных свойств жидкости можно описать, отбрасывая от свойств неидеального твердого тела. Поэтому естественно, что книга открывается двумя первыми главами, посвященными изложению результатов исследований автора, посвященных реальным кристаллам при высокой температуре и нарушению порядка в смешанных и молекулярных кристаллах. Рассматриваются механизмы нарушения идеальности кристалла в объеме и на поверхности и развивается теория возникновения «вакансий» или «дырок» внутри и на поверхности кристалла «растворением в кристалле окружающей пустоты». Здесь вводится понятие дислокаций, рассматривается их кинетика, влияние на упругие и пластичные свойства кристалла, вопросы диффузии дырок и другие проблемы, показывающие, что «граница» между реальным кристаллом и жидкостью более размыта, чем это предполагалось раньше. Но здесь, в этой части книги, заключено гораздо большее. А именно, Я. И. Френкелем заложены основы теории неидеального кристалла, которая теперь развилась в обширную область физики твердого тела. На эту тему написаны многие обзоры и объемистые книги (см., например, книгу Ж. Фриделя «Дислокации» (М., «Мир», 1967)). Благодаря успехам теории Вандер-Ваальса удавалось объяснить некоторые свойства жидкости, исходя из непрерывности перехода жидкость — пар, и, как говорит Я. И. Френкель, это привело к «перегибу палки» в сторону «газового конца» в описании природы жидкого состояния.

При температурах, близких к температуре кристаллизации, по Я. И. Френкелю, жидкость имеет много общего с твердым телом, и прежде всего почти одинаковую теплоемкость, объем и, следовательно, близкие силы сцепления между частицами в жидкости и кристалле. Указываются и другие свойства, которые «роднят» жидкость и твердое тело.

Представляется существенным утверждение Якова Ильича, что «...мы должны констатировать тот общеизвестный, но часто забываемый факт, что твердые тела обладают некоторой, хотя и весьма малой, текучестью, а жидкости — упругостью на сдвиг, обычно маскируемый их большой текучестью» (стр. 125). Это утверждение представляется существенным уже потому, что в 1967 г. была обнаружена тонкая структура крыла линии Рэлея в маловязких жидкостях, обусловленная модуляцией упругими сдвиговыми волнами света, рассеянного вследствие флуктуаций анизотропии. Таким образом, гипотеза, высказанная Я. И. Френкелем, становится экспериментальным фактом. В книге таких примеров можно найти много (см. приложения).

Читателю есть над чем поразмыслить, когда Я. И. Френкель говорит, что «...различие между жидким состоянием и твердым, не только аморфным, но и кристаллическим, является не качественным, а скорее количественным».

Далее автор ведет читателя к исследованию разнообразных и существенных свойств жидкого состояния, опираясь на свои оригинальные представления о нем.

Независимо от того, согласен ли читатель с предположением автора или нет, он все равно очень многому у него научится и многое поймет.

За более чем три десятилетия, прошедшие со времени выхода в свет первого издания «Кинетической теории жидкостей», статистическая теория жидкостей сделала большие успехи, опираясь на фундаментальные исследования Френкеля, Кирквуда, Онзагера, Боголюбова, Борна, Грина и др. Многие модельные вопросы теории, численные эксперименты, ставшие возможными теперь благодаря применению ЭВМ, способствовали выяснению существенных общих вопросов физики жидкого состояния. Однако перед современной статистической теорией жидкостей все еще стоят не только большие математические, но и принципиальные трудности, связанные с отсутствием достаточно полных знаний функции распределения (корреляционной функции) и потенциала взаимодействия, в особенности на близких расстояниях. Подробное изложение достижений современной статистической теории жидкостей можно почерпнуть из многочисленных обзоров и книг, отчасти указанных в приложениях.

Интересно отметить, что уже теперь, когда речь идет о том, какой подход предпочтителен, Темперли (см. книгу «Физика простых жидкостей», М., «Мир», 1971 гл. 3) практически повторяет уже процитированное утверждение Я. И. Френкеля. Он говорит: «Однако априори ясно, что подход, использующий в качестве нулевого приближения твердое тело, плотность которого лишь на 10—20% выше плотности жидкости, может быть гораздо успешнее попыток, использующих в качестве нулевого приближения пар, плотность которого в тысячу раз меньше, чем у жидкости».

Новый подход к природе жидкого состояния, выдвинутой впервые Я. И. Френкелем, позволил ему создать теорию кристаллизации и развить теорию явлений переноса в жидкостях, сохранивших свое значение и теперь. Полученные Я. И. Френкелем формулы для температурной зависимости вязкости простых жидкостей хорошо описывают результаты опыта, и нельзя винить автора рецензируемой книги, если его формулы иногда применяются для далеко не простых жидкостей, да еще по этим формулам определяют энергию активации молекул жидкости.

Очень много места⁷ уделено в книге физическому рассмотрению вязко-упругих свойств аморфных тел и изложению релаксационной теории, в частности, теории распространения продольных и поперечных волн в релаксирующих средах. Естественно, что здесь рассматривается проблема светорассеяния, в частности, тонкая структура линии Рэлея, в которой смещение компонент Мандельштама — Бриллюэна определяется скоростью звука с частотой порядка 10^{10} *гц*. Учитывая, что такие высокие частоты не могут быть генерированы в жидкости прямыми ультразвуковыми методами, Я. И. Френкель предлагает использовать спектр Мандельштама — Бриллюэна для обнаружения акустической дисперсии. Именно этот путь и прошел автор рецензии через десять лет после выхода в свет первого издания книги и получил положительную дисперсию в ряде жидкостей. Замечание Я. И. Френкеля, что имевшийся тогда результат Рао — отрицательная дисперсия в ацетоне — не имеет отношения к релаксационной теории, совершенно справедливо, поскольку, как было показано позже, результат Рао ошибочен. Об этом стоило бы указать в примечании к гл. IV, и жаль, что это не сделано.

В книге отчетливо изложена физическая картина дисперсии электромагнитных волн в полярных жидкостях, отвечающая теориям Дебая, Онзагера, Кирквуда и автора книги и рассмотрены существенные проблемы внутреннего действующего поля в жидкостях. Следует особенно отметить существенные и обширные исследования Я. И. Френкеля, касающиеся анизотропных молекул и «анизотропных жидкостей» или жидких кристаллов. Плодотворное понятие ориентационного плавления, введенное Я. И. Френкелем, позволило рассмотреть различные явления и в жидкостях, и в твердых телах, и в особенности в жидких кристаллах. Этот цикл исследований представляется особенно важным теперь, когда жидкие кристаллы заняли такое выдающееся место и в физических исследованиях, и в технических приложениях.

Много было сделано Я. И. Френкелем при изучении поведения жидкости, состоящей из бездипольных анизотропных молекул в электрическом поле. В этой книге читатель найдет детальное изложение этих проблем. Выражение для ориентирующей силы, действующей в электрическом поле на анизотропную молекулу, полученное Я. И. Френкелем, в поле световой частоты применимо в равной степени к дипольным и бездипольным молекулам. Это обстоятельство существенно облегчило создание теории некоторых вынужденных или нелинейных оптических явлений, таких, например, как вынужденное рассеяние крыла линии Рэлея.

В книге развиваются представления о механизме рассеяния света вследствие флуктуаций анизотропии. Здесь создается у читателя ясная картина явления довольно сложного по своей физической природе.

Выводы из этих представлений автор книги сопоставляет с устаревшими или ошибочными результатами опыта, и неудивительно, что он не обнаруживает между ними согласия, но жаль, что ситуация не разъяснена в примечаниях.

Теория поверхностных явлений и поверхностного натяжения, созданная Я. И. Френкелем, нашла развитие во многих исследованиях его учеников и последователей и получила теперь значительные результаты, но материал, изложенный первоначально, сохранил свое значение и представляет большой интерес. То же самое относится к главе, посвященной кинетике фазовых превращений первого рода и гетерофазным флуктуациям.

Фазовое превращение относится к одной из самых актуальных областей современной физики и энергично разрабатывается. Этой проблеме посвящено множество обзоров и книг. Несомненно, что и эта глава книги Я. И. Френкеля будет теперь прочтена также с большим интересом.

Книга завершается главой, в которой рассматривается физика растворов и высокомолекулярных превращений, о которой много говорится в приложении и, в частности, то, что когда-то было догадками автора, теперь стало экспериментальным фактом.

Всю книгу Я. И. Френкеля характеризует ясное физическое изложение всего, о чем говорит ее автор. Читателю не нужно пробираться сквозь дебри сложных уравнений и формул, чтобы добраться до физического содержания.

Книга уже оказала большое влияние на развитие физики жидкостей и твердых тел, и ее влияние продолжается. Она также сыграла большую роль в воспитании физического мышления многих поколений физиков.

И. Л. Фабелинский