1951 г. Август *Т. XLIV, вып. 4*

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

БИБЛИОГРАФИЯ

В. Г. Левич, Введение в статистическую физику, Гостехиздат, М.—Л., 1950, 417 стр., цена 19 р. 70 к.

Рецензируемая книга составлена на основе курса лекций, читанных автором в Московском государственном педагогическом институте имени В. И. Ленина в 1940—1949 гг.

Вышедшие до настоящего времени книги были рассчитаны, в основном, на университетскую программу и не учитывали потребностей контингента студентов, изучающих статистическую физику по сокращённой программе. Рецензируемая книга в значительной мере восполняет этот пробел.

Книга В. Г. Левича существенно отличается от всех вышедших ранее учебных руководств по статистической физике. Автор считает, что «в настоящее время изложение статистической физики без учёта квантовых свойств атомных систем не представляется возможным» (стр. 7), ибо результаты классической статистики в применении к конкретным физическим системам находятся зачастую в серьёзном противоречии с экспериментом. Поскольку, однако, изучение статистической физики предшествует курсу квантовой механики, получается, как не очень удачно выражается автор, «мертвый круг» (стр. 7). «...изложение статистической физики требует знакомства с квантовой механикой, для изучения квантовой механики необходимо знать статистическую физику».

Выход из положения автор видит в том, чтобы отказаться от традиционного изложения статистической физики в два концентра (вначале классическая статистика, а затем статистика систем, подчиняющихся квантовым законам) и с самого начала дать читателю существенно необходимые сведения из квантовой механики, с тем чтобы построить единое изложение классической и квантовой статистик. В этом заключается большая ценность книги, вполне соответствующей по своему научному уровню требованиям, предъявляемым к современному курсу статистической физики. Автору удалось, в основном, преодолеть трудности такого построения курса и педагогически умело изложить один из труднейших разделов теоретической физики. Для построения курса используется квазиклассическое приближение, в котором описание систем классическим образом дополняется представлением о дискретных энергетических состояниях системы. Автор сознательно отказывается от полной строгости и логической безупречности в последовательности изложения, невозможных в квазиклассическом приближении. Он видит оправдание этого в достижении «...практической цели — изложить, по возможности в доступной форме, основные вопросы статистической физики, представляющие принципиальный и практический интерес» (стр. 8).

Книга состоит из 16 глав и содержит общие основы статистической физики и большое количество приложений статистических методов к весьма разнообразным вопросам классической и современной физики: от

идеальных газов до теории жидкого гелия II и статистической теории ядерных процессов. Этим на конкретных примерах подчёркивается большое значение статистических методов в физике. Однако для сознательного усвоения всех рассмотренных приложений от читателя требуется первоначальное знакомство с этими вопросами в рамках достаточно серьёзного курса общей физики.

Изложению кинетической теории газов (глава III) предпосланы вводная глава и глава II, посвящённая основам теории вероятности. В § 1 введения речь идёт о задачах и предмете статистической физики. Нельзя не отметить серьёзной ошибки автора: говоря о «жёсткой идеологической борьбе» с представителями реакционной школы энергетизма, он отмечает «особую роль» в этой борьбе Л. Больцмана. Но известно, что решающий удар энергетизму нанёс В. И. Ленин, а не Больцман, боровшийся с позиций непоследовательного материализма. О роли же Ленина в борьбе с энергетизмом В. Г. Левич даже не упоминает. Вообще в книге по статистической физике и в частности во введении следовало бы бо́льшее внимание уделить изложению общих методологических вопросов, имеющих большое значение для воспитания у студентов материалистического мировоззрения (статистические и динамические закономерности, их взаимосвязь и другие вопросы). Воспитание мировоззрения — задача не менее важная, чем сообщение определённых фактических знаний. Только в § 10 автор, перейдя к кинетической теории газов, упоминает о том, что в совокупности огромного числа молекул «проявляются закономерности особого типа..., получившие название «статистических закономерностей» (стр. 50).

Автор правильно указывает на основополагающее значение работ Ломоносова в создании кинетической теории. Следовало лишь, по нашему мнению, больше проанализировать те аргументы, с помощью которых Ломоносов обосновал наличие движения и взаимодействия частиц. В частности, нужно было указать, что к этим важнейшим для кинетической теории выводам Ломоносов пришёл, сопоставляя такие внешне противоречивые свойства газов, как упругость воздуха и его большая сжимаемость.

Вводная глава посвящена необходимым сведениям из термодинамики, механики и квантовой механики. Сведения эти сообщены с чрезмерной краткостью. Хотя автор и предполагает известными основные положения термодинамики (стр. 9), следовало в § 2 уделить большее внимание физическому смыслу термодинамических функций и условиям термодинамического равновесия, поскольку дальше, в особенности в главах V и X, автор широко ими пользуется. Повидимому, автор полагает, что специальный курс термодинамики должен предварять курс статистической физики. Думается, что в настоящее время нет достаточных оснований для отделения термодинамики от статистической физики рамками раздельных курсов, поскольку всё, не относящееся к первому началу термодинамики, не может быть удовлетворительно изложено в курсе «чистой» термодинамики. В § 4 автор в очень сжатой форме излагает некоторые сведения из квантовой механики. Излишняя конспективность изложения здесь ничем не оправдана, поскольку в дальнейшем этими сведениями, которые в значительной мере сообщаются впервые, автор широко пользуется. Об энергии ротатора в квантовой механике вообще во введении не упоминается, хотя в главе VI, при обсуждении тепловых свойств двухатомных молекул, в нескольких местах используется выражение для этой энергии (§ 41 и 44).

В главе II нужно было бы дать критику индетерминизма, который некоторые зарубежные физики рассматривают как вывод, якобы вытекающий из вероятностного описания явлений в статистической физике.

В главе III, посвящённой кинетической теории газов, автор вводит функцию распределения молекул по скоростям и выводит максвелловское распределение. Подробный анализ роли молекулярных столкновений и хаотичности движения молекул в установлении стационарного распределения

делает не вполне строгий вывод достаточно убедительным. Подробное обсуждение особенностей максвелловского распределения следовало дополнить хотя бы кратким ознакомлением с его экспериментальной проверкой. Удачным является простой вывод среднего значения относительной скорости, позволяющий уточнить выражение средней длины свободного пробега (стр. 68) введением $\sqrt{2}$. Следовало сказать несколько слов об экспериментальном определении среднего свободного пробега, тем более что на стр. 70 речь идёт о молекулярных пучках.

Цифровой материал на стр. 49, характеризующий газ при нормальных условиях, содержит опечатку в плотности (вместо $2{,}68 \cdot 10^{19}$ $1/см^3$ дана цифра $6 \cdot 10^{19}$ $1/см^3$). Вряд ли имело смысл посвящать в этой главе § 16 больцмановскому распределению в поле силы тяжести, поскольку из барометрической формулы (16,2) формула (16,3) для распределения в силовом поле не вытекает. Было бы целесообразнее перенести этот параграф в главу VI, где распределение Маковелла-Больцмана получается из распределения Гиббса (стр. 149). В этой главе следовало разобрать важные работы Пирогова, посвящённые обоснованию максвелловского распределения.

В главе IV с достаточной полнотой, но вместе с тем доступно, изложены сложные вопросы статистического распределения.

В §§ 17 и 18 рассматриваются макроскопические системы, состоящие из большого числа квазинезависимых, слабо взаимодействующих подсистем, и ставится вопрос об отыскании вероятности определённого состояния некоторой подсистемы, движущейся по законам квантовой механики. При этом ясно подчёркивается роль слабого взаимодействия как причины изменения квантового состояния и невозможность ввиду сложного характера этого взаимодействия определить состояние одной подсистемы. В этих параграфах следовало более чётко поставить вопрос о соотношении среднего по времени и среднего по совокупности. Теорему Лиувилля, которую автор в дальнейшем не применяет, нужно было изложить в главе, посвящённой общим вопросам статистической физики.

Недостаточная строгость вывода распределения Гиббса в § 20 вполне оправдана, поскольку изложены все физические предпосылки такого вывода. Удачными являются все остальные параграфы этой главы, посвящённые исследованию распределения Гиббса, переходу к классической статистике и вопросам релаксации.

В главе V, посвящённой связи между статистикой и термодинамикой и, в особенности, статистическому обоснованию второго начала, хорошо показана важная роль функции состояний (суммы или интеграла состояний) для отыскания термодинамических функций. Автор подводит читателя к выводу о том, что общность законов статистической механики позволяет применять её для изучения не только тепловых, но и других свойств вещества — электрических, магнитных, химических и т. п.

Нужно отметить обстоятельность изложения в § 30 статистического характера второго начала с подробной и достаточно аргументированной критикой идеалистических и лженаучных «выводов» «тепловой смерти» вселенной. Отдельно необходимо остановиться на § 32, посвящённом третьему началу термодинамики. При традиционном изложении статистической физики этому вопросу обычно, за недостатком места, уделяется всего несколько слов. В книге В. Г. Левича этот вопрос изложен с достаточной полнотой, причём отчётливо показана роль квантованных энергетических состояний в поведении системы вблизи абсолютного нуля. Пример с цепочкой молекул CO (стр. 145) наглядно иллюстрирует границы применимости третьего начала.

Отметим, что в главах IV и V автор имел возможность указать на существенные работы отечественных учёных: Шиллера, Пирогова и других, но не сделал этого.

Последующие десять глав посвящены применениям статистических методов к различным системам. В главе VI — идеальные газы — метод Гиббса применяется к идеальным одноатомным, двух- и многоатомным газам.

Ограниченный характер закона равномерного распределения энергии по степеням свободы хорошо иллюстрируется конкретными цифрами для теплоёмкости (см., например, таблица 4, стр. 158). Зависимость теплоёмкости двухатомных газов от температуры, показанная на рис. 23 (стр. 156), нуждается в дополнительных пояснениях, поскольку не ясно, что обозначает θ_c в единицах $T\theta_c$ на оси абсцисс (характеристическая температура здесь ещё не введена). Автор показывает, как учёт тождественности частиц позволяет получить правильные значения постоянной энтропии для газов и дать объяснение парадоксу Гиббса. Безусловную ценность имеет § 46 главы VI, где на численных примерах показано, как следует практически вычислять термодинамические величины в конкретных задачах.

В главе VII, где обычным образом изложены неидеальные газы, следовало подробнее остановиться на упомянутых в § 51 работах Менделеева, Боголюбова, Власова и др. (О работах Менделеева в § 72 сказано несколько слов.) Простое перечисление имён не создаёт у читателя правильного представления о значимости этих работ. Следовало также указать на важные работы Надеждина. В главе VIII, посвящённой тепловым свойствам твёрдых тел, одномерную модель кристалла следовало бы дополнить рассмотрением функции состояния, энергии и теплоёмкости одномерного кристалла и затем уже перейти к § 54, где рассматриваются длинные волны в трёхмерном кристалле. Тепловое расширение твёрдых тел является слишком важным вопросом, чтобы ему можно было посвятить только подстрочное примечание на стр. 238. Нужно было подробнее остановиться на роли ангармоничности колебаний в тепловом расширении. В главе X — «О системах с переменным числом частиц», — заслуживает быть отмеченным § 75, в котором изложена теория фазовых переходов второго рода, принадлежащая Л. Д. Ландау. В главе XI специальный § 82 посвящён применению этой теории к объяснению свойств титаната бария (работа В. Л. Гинзбурга).

Несомненной заслугой автора является удачное изложение теории жидкого гелия II. Электрические и магнитные свойства вещества (глава XI) рассмотрены излишне подробно для курса статистической физики.

Книга заканчивается главой, посвящённой приложениям статистической физики к атомным и ядерным системам. В конце книги приведён достаточно полный список литературы по статистической физике и смежным вопросам.

Отметим в заключение, что автор напрасно не включил в текст книги задачи, содержащиеся в его методическом пособии по статистической физике для студентов-заочников. Число этих задач следовало увеличить и поместить их в качестве упражнений к отдельным главам курса. Это только увеличило бы ценность книги.

Как видно из всего сказанного, книга В. Г. Левича не лишена недостатков. В ней не всегда найдены нужные пропорции в изложении материала, не все главы в равной степени удачны.

Эти недостатки, однако, не снижают общей ценности книги.

В. Г. Левич достиг поставленной перед собой цели — написать курс статистической физики, создающий у студента правильные представления о современном состоянии этой научной дисциплины и в доступной форме излагающий принципиальные вопросы статистической физики и её многочисленные применения.

Б. Яворский

Г. Хевеши. Радиоактивные индикаторы, 539 стр. Пер. с англ., Издательство иностранной литературы Москва, 1950.

W. Siri. Isotopic Tracers and Nuclear Radiations 653 стр., McGraw-Hill Book Company, 1949.

Ко всё увеличивающемуся списку книг по меченым атомам прибавилось ещё две книги. В некотором смысле рассматриваемые монографии являются дополнительными: физическая сторона вопроса сильнее освещена в книге Сири, биологическая — в книге Хевеши.

«Радиоактивные индикаторы» Хевеши — одного из пионеров метода меченых атомов — предназначена, прежде всего, для биологов и медиков. Более трёх четвертей книги посвящены рассмотрению различных работ по патологии, биохимии и физиологии человека и животных. Любопытен сам факт объединения в одной книге большого количества самых различных вопросов, имеющих только то общее, что при их разрешении использовался один и тот же экспериментальный метод — метод радиоактивных индикаторов. По мнению автора монографии, оправданием появления подобной книги служит новизна метода и его всё возрастающая популярность. Сам автор, однако, отмечает, что в будущем, повидимому, целесообразнее объединить результаты, полученные методом изотопов, в соответствующие руководства по отдельным специальным вопросам.

Первая, по существу вводная, часть книги посвящена физическим вопросам. Эта часть написана неудачно. Материал подобран без общего плана — рассмотрен целый ряд второстепенных вопросов, в то время как многие вопросы, имеющие решающее значение для ясного понимания радиоактивного метода (свойства радиоактивных веществ и их излучений и др.), вовсе не рассмотрены.

В главе I описаны методы изготовления ряда радиоизотопов — вопрос, почти не представляющий практического интереса для биологов. С первой же страницы автор пускает в ход весь арсенал ядерного жаргона: циклотрон, ядерные котлы, захват нейтронов, выход радиоизотопов, К-захват, внутренняя конверсия и подобные термины безжалостно бомбардируют несчастного читателя (биолога), но нигде автор не считает нужным выручить его дружеским объяснением.

В главе I изложены также такие, не имеющие прямого отношения к разбираемой проблеме, вопросы, как концентрация радиоактивных элементов электрическим методом, обогащение радиоактивных металлов, разделение ядерных изомеров.

В главе II приведена таблица радиоактивных изотопов, применяемых в качестве индикаторов. Глава III — Определение радиоактивности — самая большая из «физических» глав. Выбор и порядок изложения материала этой главы также нельзя признать удачным. Так, например, автор сначала излагает методы измерения ряда изотопов, разбирая при этом особенности счётчиков, применяемых для этих целей, а несколькими параграфами дальше даёт элементарное общее описание счётчиков Гейгера Мюллера и их свойств.

Две короткие главы IV и V посвящены обменным реакциям и применению радиоактивных изотопов в химическом анализе. Остальные семь глав — чисто биологические. В них излагаются работы по изучению поглощения и распределения элементов в различных организмах, по исследованию различных вопросов метаболизма и т. д.

Для физиков и даже для физиков, работающих с мечеными атомами, книга Хевеши, по нашему мнению, не представляет большого интереса.

Вторая рецензируемая книга написана группой специалистов под общей редакцией Сири. Она состоит из трёх частей. Часть первая — Изотопы и ядерные излучения. Соответствующие главы: Свойства ядер. Гамма-лучи. Бета-частицы. Протоны, дейтероны и альфа-частицы, нейтроны. Деление. Радиоактивность; часть вторая — Методы измерения и приборы. Масс-

спектрографы. Счётчики Гейгера-Мюллера. Пропорциональные счётчики. Ионизационные камеры. Стандартизация радиоактивных образцов. Радиоавтография. Теория метода индикаторов. Внутренняя дозиметрия. Приготовление тонких плёнок радиоактивных элементов электролизом. Извлечение радиоактивных элементов из биологических тканей. Электростатический генератор. Циклотрон. Бетатрон. Синхротрон; часть третья — Биологические и медицинские применения изотопов. Общий обзор вопроса о применении изотопов в биологии. Основные элементы органических веществ. Основные элементы, участвующие в минеральном обмене. Микроэлементы, необходимые животным и растениям. Элементы, не необходимые для жизни. Применение изотопов в терапии и диагностике. Библиография.

Одной из положительных особенностей книги является изобилие таблиц и графиков. Из таблиц укажем на таблицу атомных весов и изотопного содержания естественных элементов, таблицу спинов, магнитных и квадрупольных моментов стабильных изотопов, таблицу энергии и пробега частиц различных β-излучателей, таблицы пробега и потерь энергии протонов в H, He, Be, B, C, N и O, вычисленных теоретически по формуле Бете для энергий до 10^{10} *эв*, без учёта эффекта Ферми и тормозного излучения, экспериментальные данные энергии пробега протонов в алюминии, поперечные сечения активации для тепловых нейтронов, схемы распада ряда естественных и наиболее интересных искусственных радиоактивных изотопов и т. д. Наконец, в конце 1 части приведена таблица изотопов Сиборга и Перлмана за 1949 г. Следует отметить, что данные этой таблицы нередко расходятся с данными, приведёнными в других таблицах той же книги. Из многочисленных графиков следует отметить большое число кривых, изображающих зависимость пробега протонов и альфа-частиц в различных материалах от их энергии.

Следуя хорошему правилу для подобных книг, предназначенных для экспериментаторов, формулы приводятся без вывода, но с чётким указанием предположений, лежащих в основе их вывода и пределов их применимости.

В книге приведена обширная библиография — около 450 ссылок в самом тексте и специальный библиографический список в конце книги, содержащей более 1700 названий различных работ по меченым атомам, расположенных по соответствующим элементам.

Монография Сири будет полезна не только экспериментаторам, имеющим дело с мечеными атомами, но и широкому кругу физиков, сталкивающихся с ядерными излучениями.

Л. Белл