

## Предисловие редакторов перевода

Настоящий учебник термодинамики, написанный профессором Р. Кубо при участии Х. Ичимура, Ц. Усуи и Н. Хасизуме, представляет собой первую часть оригинального курса термодинамики и статистической механики, в котором совмещается краткое изложение основ теории с подробным решением большого количества задач. Вторая часть курса, «Статистическая механика», была издана на русском языке в 1967 г. издательством «Мир» и вызвала большой интерес читателей, что свидетельствует о потребности в учебных пособиях такого типа.

В учебнике рассмотрены обычные разделы термодинамики. Первая и вторая главы посвящены изложению первого и второго законов термодинамики, где авторы, отступая от сложившихся традиций, с самого начала формулируют законы таким образом, что они пригодны и для открытых систем (с обменом вещества). Это облегчает авторам изложение метода термодинамических потенциалов и условий равновесия, которые рассмотрены в гл. 3. Гл. 4 посвящена приложению термодинамики к теории равновесия фаз и химическому равновесию. Как и в курсе «Статистической механики», теоретические разделы в каждой главе изложены предельно кратко, но достаточно ясно и иллюстрируются подробно разобранными примерами. Далее предлагаются задачи в порядке возрастающей трудности с подробными решениями. Изложение оживляют весьма интересные «Отступления», обычно содержащие любопытные научные или исторические сведения.

Несомненно, что этот оригинальный учебник-задачник принесет большую пользу студентам, приступающим к изучению курса термодинамики, и аспирантам, как физикам, так и химикам; он может быть широко использован также преподавателями университетов и физико-технических вузов.

Перевод выполнили А. Г. Башкиров (гл. 1 и 2) и Е. Е. Тарева (гл. 3 и 4).

*Д. Н. Зубарев  
Н. М. Плакида*

## Предисловие к английскому изданию

Предлагаемая книга представляет собой первые четыре главы учебника «Задачи и примеры по термодинамике и статистической механике», опубликованного в «Университетской серии» японским издательством «Сокабо». Несмотря на то что английский перевод второй части этого учебника под названием «Статистическая механика. Современный курс с задачами и решениями» вышел в издательстве «Норс Холланд компани» раньше, предлагаемую книгу следует рассматривать как первый том учебника.

Английское название несколько отличается от оригинального, что, по-видимому, отражает некоторое недопонимание целей, преследовавшихся авторами при написании книги. Это отнюдь не обычный учебник, а скорее пособие, призванное помочь студенту активно изучить предмет путем самостоятельных размышлений и решения задач. При этом приводимые в тексте решения задач могут быть использованы самым различным образом. Поэтому материал, помещенный в разделах «Основные положения», написан по возможности сжато, с тем чтобы читателю было удобно просматривать его повторно при решении задач. Значительная часть вопросов, обычно рассматриваемых в учебниках, приводится в замаскированной форме — в задачах и примерах. В этом смысле настоящая книга дает замкнутое изложение предмета. Тем не менее следует порекомендовать студентам наряду с настоящей книгой пользоваться также каким-либо стандартным учебником.

Перевод с японского на английский был сделан в основном доктором Хадзими Секи, некоторые разделы перевели авторы. Как редактору японского и английского изданий мне хотелось бы выразить глубокую благодарность доктору Х. Секи, а также профессорам Б. Спрингеру и Д. Уорсу, которые взяли на себя труд прочитать рукопись и помогли нам преодолеть некоторые лингвистические трудности. Я также благодарен миссис Н. Хасидзуме и миссис М. Сузуки за помощь в подготовке рукописи.

## Предисловие к японскому изданию

Термодинамика и статистическая механика совершенно необходимы при изучении физических свойств вещества. Статистическая механика наряду с квантовой механикой является основой современной физики; ее цель состоит во всестороннем исследовании физических явлений с микроскопической точки зрения на основе атомной физики. Поэтому глубокие знания статистической механики и умение применять ее на практике необходимы не только студентам, изучающим физические свойства вещества, но и тем, кто занимается ядерной физикой и даже астрофизикой. Вне рамок физики статистическая механика теперь все больше и больше проникает в такие науки, как химия, биология и те многочисленные области техники, развитие которых связано с успехами современной физики.

Термодинамика всецело принадлежит классической физике, и поэтому иногда студенты, увлеченные изучением современной физики, считают ее малозначительной наукой. Даже для студентов-химиков положение стало совершенно иным, чем несколько десятилетий назад, когда физическая химия представляла собой не что иное, как химическую термодинамику. Необходимо подчеркнуть, что и сейчас термодинамика, представляющая собой один из основных разделов физики, играет столь же важную роль, как и во второй половине прошлого века. Термодинамика демонстрирует ценность феноменологического подхода. В ней не используются в явном виде какие-либо физические образы или модели, например представления об атомах или молекулах, а устанавливаются соотношения между такими несколько абстрактными величинами, как энергия, энтропия, свободная энергия и т. д. При этом термодинамика не опирается на интуитивные представления, как атомная теория; это является одной из причин того, что студенты считают термодинамику трудной для усвоения и не умеют применять ее для рассмотрения конкретных задач. Однако благодаря простоте логических построений термодинамика часто позволяет с очень общих позиций разобраться в физической сути данной задачи. В этом состоит огромное преимущество феноменологического подхода.

Очевидно, однако, что, ограничиваясь только термодинамическим рассмотрением, невозможно провести более глубокое исследование атомных процессов, происходящих при данном физическом явлении. Это возможно сделать лишь с помощью квантовой механики и статистической механики. Статистическая механика позволяет установить связь между физическими законами микро- и макромира. Квантовая механика, взятая в отрыве от статистической механики, не всегда могла бы описывать реальные физические явления. В этом смысле статистическую механику необходимо рассматривать как один из ключевых разделов современной физики.

Как и во всякой другой науке, невозможно хорошо усвоить статистическую механику, выучив только ее основные принципы. Необходимо довольно долго тренироваться, чтобы овладеть методами статистики, т. е. научиться пользоваться статистической механикой при решении конкретных физических задач. Некоторые представления и методы статистической механики и термодинамики существенно отличаются от используемых в других разделах физики. Нам часто приходилось встречать студентов, которые знакомы с основными положениями термодинамики и статистической механики, но с трудом овладевают их методами и не умеют решать конкретные задачи. Это обычно связано с недостаточной и неправильной подготовкой.

Цель настоящей книги — помочь студентам в изучении термодинамики и статистической механики и в овладении соответствующими методами. Книга содержит основные положения теории, примеры и большое число задач с полными решениями. Хотя разделы «Основные положения» написаны довольно кратко, они охватывают все наиболее важные вопросы теории. Предполагается, что эту книгу можно читать, не пользуясь другими учебниками. Изучив материал «Основных положений», читатель в достаточной мере познакомится с основами термодинамики и статистической механики. Примеры дополняют теоретические разделы, но в основном они должны показать читателю, как следует применять теорию при решении физических задач.

Задачи разделены на три группы А, Б, В в порядке возрастания трудности. Если читатель располагает достаточным количеством времени, он может перерешать все задачи подряд в каждой главе. В противном случае мы рекомендуем ему сначала решить задачи группы А по всей книге, а при возможности вернуться к задачам групп Б и В. Даже решив только задачи группы А, читатель почувствует, что он стал лучше разбираться в физической стороне явлений. Число задач в группе А достаточно велико, так что сначала можно выбрать из них примерно половину и решить их, вернувшись к оставшимся позже. Для удобства звездочкой (★)

отмечены те параграфы и примеры, которые не нужны при решении задач группы А.

В приведенных в настоящей книге задачах по термодинамике и статистической механике рассматриваются главным образом равновесные состояния. Вероятно, было бы желательно охватить и кинетические методы, а также приложения термодинамики и статистической механики к неравновесным проблемам. Нам пришлось, однако, ограничиться лишь сжатым рассмотрением этих вопросов в последней главе (гл. 6 «Статистической механики»<sup>1)</sup>). Это вызвано тем, что объем книги и так оказался гораздо больше, чем предполагалось ранее; кроме того, задачи на неравновесные процессы, конечно, значительно более сложны.

Как упоминалось ранее, квантовая механика описывает динамику микромира. В этом смысле статистическая механика должна быть квантовой. Поскольку, однако, целью настоящей книги является обучение методам статистической механики, для решения задач групп А и Б вполне достаточно элементарных сведений по квантовой механике. Поэтому даже те студенты, которые не специализируются на изучении физики, но имеют простейшие представления о квантовой механике, не встретят серьезных трудностей, начав читать эту книгу.

При изучении физической проблемы очень важно понимать ее как проблему именно *физическую*. Математические выкладки иногда скучны, а иногда требуют определенных технических навыков. Не следует, конечно, пренебрегать изучением математических методов, но было бы большой ошибкой увлечься математикой и забыть про физику. Преподавателям часто приходится иметь дело со студенческими работами, где студент получает правильные значащие цифры, но при этом ошибается на два-три порядка по величине или в размерности. Однажды проф. Нагаоко — пионер японской физики — во время лекции проводил вычисления на доске. В конце вычислений он поменял знак в ответе, заметив: «Здесь скорее должен стоять плюс, чем минус. Не так ли?» Ошибиться в математических выкладках очень легко. Поэтому физические соображения особенно важны, ибо они позволяют определить правильный знак, даже если вычисления подвели вас. Во многих случаях результат, полученный при вычислениях, легко понять, по крайней мере качественно. Его, может быть, трудно угадать до вычисления, но, проведя все выкладки, не следует лениться подумать над результатом еще раз и попытаться понять его физический смысл. Подобные замечания не делаются в реше-

---

<sup>1)</sup> Напоминаем читателю, что в оригинальном японском издании термодинамика и статистическая механика содержались в одной книге.

ниях задач, поэтому мы особенно подчеркиваем здесь важность такого подхода.

Проводя семинары со студентами, мы иногда делаем перерывы, чтобы поговорить о разных проблемах. Точно так же в разных местах книги мы позволили себе так называемые «Отступления». Изучая материал книги и решая задачи, читатель тоже, как мы надеемся, найдет время немного отвлечься и за чашкой кофе или сигаретой прочитать авторские отступления.

Разделы «Основные положения» почти целиком написаны Р. Кубо. Примеры и задачи отбирались всеми авторами. Окончательная проверка решений была проведена Р. Кубо, а общая компоновка книги осуществлена Н. Хасизуме. Авторы будут благодарны читателям за все замечания о тех ошибках, которые могли ускользнуть от нашего внимания.

*Риого Кубо*