



ЛЮДВИГ БОЛЬЦМАН

УСПЕХИ ФИЗИЧЕСКИХ НАУК

ПАМЯТИ ЛЮДВИГА БОЛЬЦМАНА *)

Л. Флам

Гениальные люди указывают путь грядущим поколениям, но их творения часто находят всеобщее признание лишь после смерти их самих. Так было и со всемирно известным австрийским физиком Людвигом Больцманом, 50-летие со дня смерти которого мы отмечаем сегодня. Его выдающимися трудами была завершена классическая термодинамика.

Деятельность Больцмана относится ко времени, когда считалось, что всю физику можно свести к ньютоновской механике. Ньютоновская механика знала лишь обратимое движение. Что же касается необратимых процессов, таких, например, как передача тепла, которая происходит только в одну сторону от более высокой к менее высокой температуре, или химических реакций, протекающих только в определенной последовательности, то они с помощью ньютоновской механики не поддавались объяснению.

С закономерностями необратимых процессов обращались в это время чисто формально, с помощью «энтропии», — величины, введенной Клаузиусом, которая в замкнутой системе может лишь возрастать или оставаться неизменной, но никогда не может убывать. Термодинамическое равновесие определяется максимумом энтропии. Но почему это так, оставалось неясным.

Объяснение было дано знаменитым принципом Больцмана, согласно которому энтропия пропорциональна логарифму вероятности состояния, откуда рост энтропии означал переход системы из маловероятного состояния в более вероятное. Если же в замкнутой системе достигается наименее вероятное состояние, то наступает состояние равновесия.

Вероятность состояния вычисляется с помощью статистики Больцмана. Она определяется числом комплексов, т. е. числом атомных или, соответственно, молекулярных статистически эквивалентных состояний вещества; вычисление, говоря современным языком, исходит из квантовых атомных или молекулярных состояний. Число атомов или молекул в дискретных состояниях и определяет число комплексов.

Новым в принципе Больцмана было также и то, что закон о поведении энтропии в замкнутой системе не является законом природы в обычном смысле, а соответствует лишь наиболее вероятному поведению вещества с достаточно большим числом атомов или молекул, осуществляемому лишь с известной степенью точности.

Это замечательное открытие оформилось по мере того, как Больцман последовательно углублялся в разработку кинетической теории газов. Для одноатомных идеальных газов был известен максвелловский закон распределения ско-

*) Доклад, прочитанный 5 сентября 1956 г. на заседании Отделения физико-математических наук АН СССР, посвященном 50-летию со дня смерти Людвигу Больцмана.

ростей, который определял распределение молекул газов по скоростям в состоянии термодинамического равновесия. Больцман обобщил формулу Максвелла для многоатомных молекул, приняв во внимание не только энергию поступательного движения молекул, но также и энергию их вращения, колебательную энергию атомов в молекуле, а также внешние силы, действующие на молекулы. Он дал теоретическое обоснование весьма абстрактному рассмотрению статистических вопросов в книге Гиббса «Статистическая механика».

Больцман выпустил два тома лекций по теории газов; он издал также два тома лекций по механике, в которых аксиоматически безупречно была изложена классическая механика; он сделал это для того, чтобы создать строгую основу своей теории газов. Еще раньше появились два тома лекций Больцмана, посвященных теории Максвелла. Больцман уже до этого пытался развивать теорию Максвелла; он проводил экспериментальную работу по измерению диэлектрической постоянной кристаллов серы. В лекциях он пытался улучшить механические модели, с помощью которых Максвелл разрабатывал свою теорию. Хорошо известен больцмановский аппарат для демонстрации индукционных явлений электрических токов, похожий на дифференциальную передачу автомобиля, созданную позже.

Избранные сочинения Больцмана составляют три тома. Физики всего мира высоко ценили Больцмана: он был членом 39 академий и ученых обществ, трижды был приглашен с докладами и для чтения эпизодических курсов в Америку, что было в то время редкостью. Однако позже преобладание неблагоприятного философского течения воспрепятствовало тому, чтобы его труды получили общее признание. Гениальность Больцмана была признана рано. Об этом свидетельствует его академическая карьера.

Больцман родился 20 февраля 1844 г. в Вене. Он был сыном австрийского чиновника, переведенного позднее в Вельс, а затем в Линц. С 1863 по 1866 г. он изучал математику и физику в Венском университете; закончив учебу, он получил докторскую степень и сдал экзамены на преподавателя гимназии. В следующем году он становится ассистентом проф. Стефана в Физическом институте, где возникла тесная дружба между ним и приват-доцентом Лошмидтом. Год спустя, осенью 1869 г., Больцман получил приглашение от университета в Граце занять должность профессора математической физики с обязательством читать курс «Элементы высшей математики». В 1873 г. он становится преемником своего учителя Мотта в должности профессора математики Венского университета. Но в 1876 г. он снова возвращается в Грац, теперь уже как профессор экспериментальной физики и директор только что открытого Физического института. Для того времени на континенте это был наиболее оборудованный физический институт; к нему тянулись многие заграничные ученые. Продолжительное время здесь учились и работали Нернст и Сванте Арренниус. Больцман, женившийся в момент вступления на эту должность, не покидал Граца в течение 14 лет.

Растущая мировая известность Больцмана как теоретика принесла ему приглашение на должность профессора теоретической физики в Мюнхен, которое было им принято в 1890 г. В 1896 г. в Вене скончался учитель Больцмана Стефан, и Больцман вернулся в 1894 г. в Вену как преемник Стефана по должности профессора теоретической физики. Однако Вена была уже не та, что в пору его юности. Лошмидт был в отставке и в 1895 г. умер. В том же году профессором философии в Венском университете становится Эрнст Мах, посвятивший себя истории и теории индуктивной науки. Как позитивист Мах признавал реальностью только чувственные восприятия. Студентам физического факультета было трудно воспринимать всерьез лекции Больцмана по теории газов, тогда как параллельно с лекциями Больцмана, руководствуясь теоретико-познавательными соображениями, Эрнст Мах в своих лекциях отрицал атомистику. Больцману пришлось горько сожалеть, что он покинул Мюнхен.

Поэтому он охотно принимает предложение приехать в Германию и в 1900 г. становится профессором теоретической физики Лейпцигского университета. Но и здесь было не лучше. Здесь позитивист, физико-химик Вильгельм Оствальд также отрицал атомистику. Оствальд страстно защищал свою «энергетику», фантастическую теорию, согласно которой вся физика укладывается в рамки одного «закона энергии». Однако в Вене Эрнст Мах по болезни отходит от преподавательской деятельности, и Больцман вновь принимает в 1902 г. приглашение вернуться в Вену на свою, еще не занятую кафедру теоретической физики. Кроме того, в 1903 г. он принимает кафедру натурфилософии, сменив Маха. Этим он обеспечил себе возможность научной деятельности.

В 1905 г. Больцман издает «Популярные статьи», где помещен рассказ «Поездка немецкого профессора в Эльдorado», в котором он рассказывает о своей поездке в Америку, только что предпринятой. Вместо отдыха после трудного путешествия Больцман срочно подготавливает к изданию «Энциклопедию математических наук». Тяжелое нервное заболевание приводит его 5 сентября 1906 г. к трагической смерти. Вскоре после его смерти атомистика получила всеобщее признание.

Выдающееся значение имеет обоснование Больцманом закона излучения, основа которого заложена экспериментальными работами Стефана. Больцман использовал закон излучения Кирхгофа и закон о давлении излучения Максвелла, а также оба принципа термодинамики. На пороге двух столетий лорд Релей развил эту теорию дальше, применив статистику Больцмана к собственным колебаниям электромагнитного поля, чтобы получить спектральное распределение черного излучения. Однако полученная формула излучения оказалась справедливой лишь в области длинных волн. Вскоре после этого Макс Планк сумел доказать, что можно получить полное совпадение с экспериментом, если приписать энергетическим интервалам в статистике Больцмана конечное значение; так возник знаменитый квант действия Планка. Можно сказать, что на основе идей Больцмана родилась квантовая теория; ее роль общеизвестна.

Разработка квантовой теории завершилась спустя много лет после смерти Больцмана. И не звучит ли как ирония судьбы, что новый позитивизм именно духовное наследие Больцмана объявил единственной реальностью, поскольку он допускает лишь статистические высказывания?

Позитивисты, разумеется, отбросили наглядные картины атомистики Больцмана. Для элементарных частиц материи, которые были открыты с тех пор (электроны, протоны, нейтроны и т. д.), координаты и импульсы не обладают уже строгой определенностью. Но все слышнее звучат голоса тех, которые считают, что такая крайняя точка зрения неблагоприятна для разработки теории микрочастиц, так что идеи Больцмана возможно будут оказывать все возрастающее влияние на развитие физики.
