

СТАТИСТИЧЕСКОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ

§ 13. Квазинезависимые системы

Рассмотрим некоторую макроскопическую систему, состоящую из весьма большого числа частиц. Мы будем предполагать, что движение всех частиц определяется законами квантовой механики; состояние каждой частицы характеризуется некоторыми квантовыми числами. Разделим всю нашу систему на большое число частей так, чтобы взаимодействие между этими частями было весьма слабым и им можно было в первом приближении пренебречь. Мы будем называть всю изучаемую систему собранием ее почти независимых частей.

Такие слабо взаимодействующие между собой части системы движутся в первом приближении независимо друг от друга. Однако взаимодействие, существующее между ними, приводит к тому, что фактически движение одной из частей влияет на движение другой, и полной независимости между ними не существует. Мы будем называть в дальнейшем слабо взаимодействующие части большой системы квазинезависимыми подсистемами, или просто подсистемами.

Остановимся прежде всего на вопросе о том, когда подсистемы, образующие большую систему, можно считать квазинезависимыми.

Очевидно, что подсистемы являются квазинезависимыми, если энергия их взаимодействия в среднем мала по сравнению с энергией каждой из подсистем. Это означает, что если в некоторых случаях взаимодействие между подсистемами может быть достаточно большим, то при этом длительность взаимодействия должна быть настолько малой, что подавляюще большой промежуток времени движения они проводят, совсем не взаимодействуя друг с другом.

В качестве примера такого рода подсистем можно привести молекулы идеального газа, которые лишь изредка и на очень короткий промежуток времени вступают в сильное взаимодействие друг с другом.

В других случаях между подсистемами может происходить непрерывное, но слабое взаимодействие. Представим себе, например, что каждая из подсистем, входящих в систему, содержит очень большое число частиц (атомов или молекул) и является, таким образом, макроскопической системой. Тогда полная энергия подсистемы, слагающаяся из энергий движения отдельных частиц, будет пропорциональна полному числу частиц, входящих в подсистему. Число частиц будет в свою очередь пропорционально объему рассматриваемой подсистемы. Взаимодействие между различными подсистемами обусловлено главным образом силами молекулярного взаимодействия между молекулами, находящимися на поверхности каждой из взаимодействующих подсистем¹⁾. Силы молекулярного взаимодействия так быстро убывают с расстоянием, что вклад в энергию взаимодействия, вносимый взаимодействием молекул, находящихся в глубине подсистем, мал по сравнению с вкладом поверхностных молекул. Поэтому энергия взаимодействия между подсистемами пропорциональна числу молекул, находящихся на их поверхности, т. е. величине самой поверхности.

Таким образом, энергия подсистемы $\bar{\epsilon}$ пропорциональна R^3 , где R — характерный линейный размер системы, а энергия взаимодействия $\bar{\epsilon}_{вз} \sim R^2$. Их отношение

$$\frac{\bar{\epsilon}_{вз}}{\bar{\epsilon}} \sim \frac{R^2}{R^3} \sim \frac{1}{R} \sim N^{-\frac{1}{3}}$$

делается достаточно малым при достаточно большом N .

Энергию всего собрания квазинезависимых систем можно считать равной сумме энергий отдельных частей, т. е.

$$E \approx \sum \epsilon_i, \quad (13,1)$$

где знак \approx подчеркивает тот факт, что при написании (13,1) мы пренебрегли энергией взаимодействия между подсистемами, образующими собрание (ансамбль). Суммирование (в 13,1) ведется по всем частям системы (подсистемам).

§ 14. Статистическое распределение

Мысленно выделим из всей системы одну выбранную подсистему. Эта подсистема состоит из некоторого числа молекул

¹⁾ Мы нигде не будем учитывать гравитационного взаимодействия, связанного с притяжением по закону всемирного тяготения, поскольку оно является весьма слабым и не играет никакой роли в молекулярных процессах. Нужно, однако, заметить, что при изучении макроскопических свойств вещества в астрофизических проблемах гравитационное поле в ряде случаев имеет весьма существенное значение и должно обязательно учитываться.