



КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГАЗОВ

КИНЕТИЧЕСКАЯ ТЕОРИЯ ГАЗОВ, раздел физич. кинетики, изучающий свойства газов статистич. методами на основе представлений об их молекулярном (атомном) строении и определённом законе взаимодействий частиц газа. Обычно к К. т. г. относят лишь теорию неравновесных процессов в газах (теория равновесных состояний систем – предмет равновесной статистич. механики). Осн. объекты изучения К. т. г. – газы, их смеси, а также плазма, теория которой выделилась в самостоят. область. Основы К. т. г. заложены в трудах Дж. [Максвелла](#) и Л. [Больцмана](#) во 2-й пол. 19 в.

В газах ср. расстояние между молекулами много больше их размеров, что позволяет им двигаться почти свободно в промежутках между столкновениями, при которых резко меняется величина и направление скорости. Время столкновения много меньше времени движения молекул между столкновениями – времени их свободного пробега.

В К. т. г. наблюдаемые макроскопич. явления – давление газа, диффузия, теплопроводность и т. п. – представляются как результат усреднённого движения всех его молекул. Для вычисления давления и соответствующих [кинетических коэффициентов](#) нужно знать функцию распределения

$f(\mathbf{v}, \mathbf{r}, t)$ молекул газа по скоростям и пространственным координатам. Произведение $f(\mathbf{v}, \mathbf{r}, t) d\mathbf{v} d\mathbf{r}$ определяет вероятностное число молекул, находящихся в момент времени t в элементе объёма

$d\mathbf{r} = dx dy dz$ вблизи точки

\mathbf{r} и обладающих скоростями, близкими к значению

\mathbf{v} . Плотность частиц в точке

\mathbf{r} в момент времени

t равна

$$n(\mathbf{r}, t) = \int f(\mathbf{v}, \mathbf{r}, t) d\mathbf{v}.$$

Осн. задача К. т. г. – определение явного вида функции

$f(\mathbf{v}, \mathbf{r}, t)$, позволяющей вычислять ср. значения характеристик газа и процессов переноса в нём. Для газа, подчиняющегося законам классич. механики, в состоянии статистич. равновесия функция

f представляет собой Максвелла распределение:

$$f(v) = n(m/2\pi kT)^{2/3} \exp(-mv^2/2kt),$$

где

m – масса молекулы,

T – абсолютная темп-ра газа,

k – постоянная Больцмана.

Процессы переноса энергии, импульса, массы и т. п. происходят гл. обр. при парных столкновениях молекул (атомов). Расчёт числа парных столкновений основан на гипотезе «молекулярного хаоса», предполагающей отсутствие корреляций между скоростями этих молекул, т. е. для газов малой плотности. Важную роль в этих процессах играет ср. длина свободного пробега молекул

l , т. е. расстояние, которое проходит молекула за ср. время между столкновениями, двигаясь со ср. скоростью

\bar{v} :

$l = \bar{v} / \nu$, где

$\nu = n^{-1} \int dv.$

Последовательная К. т. г. основана на решении кинетического уравнения Больцмана, с помощью которого можно получить уравнение переноса импульса (Навье – Стокса уравнение), уравнения теплопроводности, диффузии и вычислить их коэффициенты.

Кинетич. уравнение Больцмана при отсутствии внешних сил описывает эволюцию системы к состоянию равновесия. При решении кинетич. уравнения Больцмана для определённых задач исходят из модельных представлений о взаимодействии молекул (модель жёстких упругих молекул, модель молекул как центров сил притяжения–отталкивания и т. д.). Наиболее часто используют метод Чепмена – Энскога, его равновесным стационарным решением является распределение Максвелла.

В плазме, где существенными становятся кулоновские взаимодействия частиц друг с другом, нельзя говорить о парных столкновениях, т. к. каждая частица одновременно взаимодействует с большим числом частиц. Однако и в этом случае можно получить кинетич. уравнение, если учесть, что, как правило, изменение импульса частицы при столкновении мало (см. [Кинетические уравнения](#) для плазмы).

Наиболее последовательные методы вывода кинетич. уравнений разработаны в трудах Н. Н. [Боголюбова](#). В кинетич. теории квантовых газов учитываются особенности, связанные с типом квантовой статистики, которой подчиняются частицы данного газа, – статистики Бозе – Эйнштейна или Ферми – Дирака.

Литература

Лит.: Боголюбов Н. Н. Проблемы динамической теории в статистической физике. М.; Л., 1946; Чепмен С., Каулинг Т. Математическая теория неоднородных газов. М., 1960; Силин В. П. Введение в кинетическую теорию газов. М., 1998; Лифшиц Е. М., Питаевский Л. П. Физическая кинетика. 2-е изд. М., 2007.

Processing math: 100%