

Тогда $\tau = l/v$, где v — скорость атомов серебра. Таким образом, $s = \omega R l / v$, откуда

$$v = \frac{\omega R l}{s}. \quad (60.5)$$

В опытах Штерна изображение D получалось резким, тогда как изображение D' было всегда размытым. Это указывает на то, что атомы серебра в пучке движутся с различными скоростями. Формула (60.5) дает некоторую среднюю скорость, если под s понимать расстояние между центрами полосок D и D' , измеренное вдоль дуги соответствующего круга. Практически для измерения такой скорости удобнее привести прибор во вращение сначала в одном направлении, а затем в противоположном, и измерить расстояние между центрами получившихся изображений щели B . Максимальная температура нити в опытах Штерна составляла около 1200°C . Для v получались значения от 560 до 640 м/с, близкие к средней квадратичной скорости 584 м/с, вычисленной по формуле (60.4), что находится в качественном согласии с выводами кинетической теории газов.

§ 61. Давление фотонного газа

Формулы (59.6) и (59.7) являются существенно нерелятивистскими, т. е. применимы только в тех случаях, когда средние скорости теплового движения молекул пренебрежимо малы по сравнению со скоростью света. Напротив, применимость формул (59.4) и (59.5) не связана с этим ограничением. Когда скорость частиц газа сравнима со скоростью света, газ называется *релятивистским*. В земных условиях такой случай осуществляется только для *фотонного газа*, т. е. газа, состоящего из фотонов, хаотически движущихся во всевозможных направлениях. *Фотонный газ всегда релятивистский*, поскольку фотоны всегда движутся со скоростью света.

Допустим, что имеется полость, стенки которой изготовлены из произвольного материала и поддерживаются при постоянной температуре. Стенки излучают и поглощают фотоны, в результате чего в полости и образуется фотонный газ. Каждый фотон, поглощаясь стенкой или отражаясь от нее, передает ей некоторый импульс. При излучении фотона стенка испытывает отдачу. В результате этих процессов возникает давление фотонного газа на стенки полости. Так как фотонный газ предполагается изотропным, т. е. все направления движения фотонов в нем представлены с равной вероятностью, то для вычисления давления фотонного газа на стенку сосуда можно воспользоваться общей формулой (59.5). Энергия фотона ϵ связана с его импульсом соотношением $p = \epsilon/c$, скорость фотона $v = c$, где c — скорость света. Поэтому формула (59.5) дает

$$PV = \frac{1}{3} \langle N\epsilon \rangle = \frac{1}{3} E, \quad (61.1)$$

где N — общее число фотонов в полости, а E — средняя энергия всего фотонного газа. Давление фотонного газа равно одной трети плотности энергии излучения в полости. Формула (61.1) аналогична формуле (59.8), но отличается от нее коэффициентом. Разница обусловлена различием соотношений между энергией и импульсом для нерелятивистской частицы и для фотона.

В отличие от обычного газа, в котором молекулы не могут возникать и уничтожаться, число фотонов N в полости — величина непостоянная. Фотоны могут излучаться и поглощаться стенками полости. Поэтому для средней энергии излучения в полости нельзя писать $\bar{E} = N\bar{\epsilon}$, а следует писать $\bar{E} = \langle N\epsilon \rangle$, как это и сделано в формуле (61.1).

Коэффициент $1/3$ получился потому, что излучение в полости предполагалось *изотропным*. Как распределена энергия излучения по спектру частот — это не имеет никакого значения. Существенна только изотропия излучения. Если излучение не изотропно, то формула (61.1) сохранит свой вид, но коэффициент $1/3$ заменится другим. Например, если излучение падает на стенку нормально и отражается от нее также нормально, то $PV = \bar{E}$.

Формула (61.1) играет важную роль в теории теплового излучения.

§ 62. Молекулярно-кинетический смысл температуры.

Равномерное распределение кинетической энергии теплового движения по поступательным степеням свободы

1. Выясним физический смысл температуры в молекулярно-кинетической теории. Для этого возьмем цилиндр с поршнем AB (рис. 45), который может свободно без трения перемещаться вдоль цилиндра. По разные стороны поршня находятся одинаковые или различные идеальные газы.

Величины, характеризующие первый газ, будем отмечать индексом 1, характеризующие второй газ — индексом 2. Для механического равновесия поршня необходимо, чтобы давления газов были одинаковы: $P_1 = P_2$ или $1/3 n_1 m_1 \bar{v}_1^2 = 1/3 n_2 m_2 \bar{v}_2^2$. Но для того чтобы равновесие сохраня-

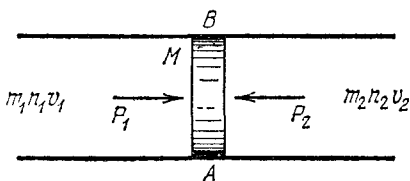


Рис. 45.

лось длительно, необходимо еще равенство температур обоих газов: $T_1 = T_2$. В самом деле, допустим, что $T_1 > T_2$. Тогда начнется процесс выравнивания температур, в результате которого первый газ будет охлаждаться, а второй — нагреваться. Давление на поршень слева станет понижаться, а справа — повышаться, и поршень придет в движение справа налево. В процессе теплообмена