

54 вопрос Физика

Закон Больцмана лежит в основе теории идеального газа. Он позволяет получить всё, что касается равновесия газа. В частности, позволяет решить вопрос об энергии газа.

Используя закон Больцмана можно получить **среднее значение энергии молекулы вида α** по формуле:

$$\langle \varepsilon(\alpha) \rangle = \frac{\sum n_{\alpha} \varepsilon(\alpha)}{N},$$

где сумма берётся по всем возможным значениям энергии вида α , N – полное число молекул газа. Мы не будем использовать это выражение, но приводим его из принципиальных соображений, так как такое определение средних величин является строгим.

Для вычисления средней кинетической энергии молекулы воспользуемся результатом, полученным при выводе основного уравнение МКТ идеального газа. В модели идеального газа молекулы представлялись упругими шариками малых размеров. Для среднего значение кинетической энергии поступательного движения таких молекул получено:

$$\langle \varepsilon \rangle_{\text{пост}} = \langle \frac{mv^2}{2} \rangle = \frac{3}{2} kT.$$

Так как поступательному движению соответствуют три степени свободы, то в среднем на каждую степень свободы поступательного движения молекулы приходится энергия, равная:

$$\frac{1}{3} \langle \varepsilon \rangle_{\text{пост}} = \frac{1}{2} kT.$$

В модели идеального газа, когда молекулы представляются связанными состояниями атомов, как точечных образований, кроме поступательного движения молекулы совершают вращательное движение.

Так как по структуре кинетическая энергия вращательного движения аналогична кинетической энергии поступательного движения, т.е. обе они пропорциональны

квадрату переменной ($K_{\text{пост}} \sim v^2$, $K_{\text{вр}} \sim \omega^2$) можно полагать, что на каждую степень вращательного движения молекулы в среднем также приходится

энергия $\frac{1}{2} kT$. Строгое обоснование этого утверждения даётся в рамках «статистической физики».

Таким образом, на любую степень свободы молекулы при умеренных

температурах в среднем приходится энергия $\frac{1}{2} kT$. Понятие «умеренная

температура» связано с возможностью возбуждения внутренних степеней свободы молекулы.

Полученный закон называется **законом равномерного распределения энергии по степеням свободы**.

Отметим, что закон равномерного распределения энергии по степеням свободы распространяется на любые частицы, участвующие в тепловом движении. Например, мелкие частицы пыли совершают хаотические (броуновские) движения

и на каждую степень свободы пылинки в среднем также приходится энергия $\frac{1}{2}kT$

Закон равномерного распределения энергии по степеням свободы позволяет просто определить среднюю энергию теплового движения частицы газа по формуле:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{i}{2} kT,$$

где i — число степеней свободы частицы.