Билет 3. (Мол)

a)Характерные скорости движений молекул газа

Молекулы находятся в постоянном движении, но так как они движутся с различными скоростями, то направления и величина скорости непрерывно изменяется в пределах от 0 до ∞ (хотя предельной является скорость света). Скорость молекулы конечна (так как число молекул конечно). То есть Молекула не может иметь скорость большую, чем. Вероятность того, что V> Vmax равна 0, как и вероятность, что частица остановится, поскольку все частицы при соударении с данной молекулой поглощают её импульс, поэтому большинство молекул обладает какой-то характерной скоростью. Однако есть и другие значения скорости, хотя число молекул с такими скоростями значительно изменяется. Теоретически функция, описывающая распределение молекул по скоростям, была найдена Дж.К. Максвеллом, исходя из распределения К. Гаусса. Распределение имеет вид: f(V)=A\*exp(-aV^2)\*V^2

Число молекул, обладающих скоростью υ в единице объёма, равно:

Найдём характерные скорости максвелловского распределения. Максимум функции f(V) наступает при V=V вер.

=>

C увеличением температуры молекулы (уменьшением массы) пик распределения понижается и смещается в область более высоких значений скоростей.

Другой характерной скоростью является среднеарифметическая скорость:

=>

Кроме того, чисто формально можно найти среднеквадратичную скорость по распределению Максвелла:

=>

С другой стороны, как уже было получено:

=>

Б) Вычисление средних значений в статистической физике

Определим среднее значение случайной величины x:

-частота появления данного случая среди множества других возможных событий

Среднее значение «говорит» нам, где расположен центр значений случайной величины.

В) Распределение энергии по степеням свободы

Иногда распределение Максвелла по скоростям заменяют на распределение Максвелла по

энергиям. Заметим, что:

Тогда,

Или

Средняя энергия (из вывода основного уравнения кинетической теории газов), приходящаяся на одну молекулу http://ok-t.ru/studopedia/baza3/92574896372.files/image882.png. Если считать молекулу шариком (как в одноатомном газе), то средняя энергия такой частицы определяется средней кинетической энергией ее поступательного движения. Энергию эту можно представить как сумму трех слагаемых – кинетических энергий движения молекулы по трем взаимно перпендикулярным направлениям: http://ok-t.ru/studopedia/baza3/92574896372.files/image884.png,

где vx, vy, vz – составляющие скорости молекул по трем осям координат. Из-за хаотичности молекулярного движения можно считать, что средние значения кинетических энергий по трем направлениям равны друг другу:

http://ok-t.ru/studopedia/baza3/92574896372.files/image886.png. (1)

Так как согласно основному уравнению кинетической теории http://ok-t.ru/studopedia/baza3/92574896372.files/image888.pnghttp://ok-t.ru/studopedia/baza3/92574896372.files/image890.png,

то каждое из трех слагаемых равенства (1) равно kT/2.

Разделение кинетической энергии частицы на три независимые составляющие связано с тем, что частица рассматривается как свободная материальная точка, обладающая тремя степенями свободы.

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |

Число степеней свободы - наименьшее число линейно независимых координат, которые полностью определяют положение тела в пространстве. Значит, на каждую степень свободы одноатомной молекулы приходится энергия, равнаяkT/2. Естественно было предположить, что если бы молекула газа обладала еще какими-нибудь степенями свободы, то и на каждую их них пришлась бы кинетическая энергия kT/2. Действительно, в классической статистической физике такая теорема доказывается (Больцман): в совокупности большого числа молекул, находящемся в тепловом равновесии при температуре Т средняя кинетическая энергия равномерно распределена между всеми степенями свободы и для каждой степени свободы молекулы она равна kT/2.

Эта теорема называется законом равномерного распределения кинетической энергии по степеням свободы, или, законом равнораспределения.

Двух- и многоатомные газы отличаются от одноатомных числом степеней свободы. При низких температурах молекулы участвуют только в поступательном движении. По мере повышения Т молекулы начинают совершать и вращательные движения. И лишь при высоких температурах она совершает все три вида движения (добавляется колебательное). Степень свободы колебательного движения: iкол = 3N-5 (если атомы располагаются на одной прямой) или iкол = 3N-6, где N – число атомов в молекуле.