52 вопрос Физика

При статистическом описании распределения микрочастиц в пространстве координат x , y и обычно используется не функция распределения $f(x,y,z)$, а концентрация $n(x,y,z)$, которая определяется формулой:

$$n(x,y,z) = N_0 f(x,y,z),$$

где N_0 - полное число микрочастиц в объеме системы.

Введение концентрации микрочастиц $n(x,y,z)$ в качестве основной функции при статистическом описании их распределения в пространстве связано с тем, что именно она обычно выступает непосредственно измеряемой величиной, а не функция распределения $f(x,y,z)$, описывающая вероятность нахождения одной микрочастицы в той, или иной точке пространства.

Формула для нахождения среднего значения какой-либо функции $\varphi(x,y,z)$ при использовании концентрации $n(x,y,z)$имеет вид:

$$\langle \varphi(x,y,z) \rangle = \frac{\int\limits_V \varphi(x,y,z) n(x,y,z) dV}{\int\limits_V n(x,y,z) dV},$$

где V - объем термодинамической системы.

Если на систему не действуют внешние силы и она находится в состоянии термодинамического равновесия, то концентрация микрочастиц будет одинакова во всех точках системы: $n(x,y,z) = \mathbf{const}$. В случае, когда на микрочастицы системы воздействует внешнее силовое поле, например, гравитационное, то их концентрация становится различной в разных точках пространства. При этом состояние термодинамического равновесия должно сохраняться.

$$P(z) = P_0 \exp\left(-\frac{\mu g z}{RT}\right).$$

где μ – молярная масса газа, R – постоянная Больцмана

Эта зависимость носит название *барометрической формулы.* Она, в частности, позволяет рассчитывать зависимость давления атмосферы от высоты в случае, если температура атмосферы постоянна, а гравитационное поле - однородно. Для реальной атмосферы Земли на высотах примерно до 10 км её температура уменьшается в среднем на 6 К на 1 км подъема. Далее до высот порядка 20 км температура остается практически постоянной, а выше - постепенно возрастает до

~ 270 К на высоте около 55 км. На этой высоте давление атмосферы становится уже меньше 0,001 от атмосферного давления на уровне моря.

Подстановка уравнения состояния (5.16) в выражение (5.18) позволяет получить следующую зависимость концентрации молекул идеального газа от координаты z:

$$n(z) = n_0 \exp\left(-\frac{mgz}{kT}\right),$$

где n_0 - концентрация газа при $z = 0$.

Формула (5.21) была получена в предположении, что газ находится в однородном гравитационном поле и, следовательно, потенциальную энергию его молекулы в зависимости от координаты z можно выразить простой формулой:

$$E_\Pi(z) = mgz.$$

Сопоставление формул (5.21) и (5.22) позволяет сделать вывод, что для однородного гравитационного поля распределение концентрации газа зависит от потенциальной энергии его молекул в этом поле. Считая, что данное утверждение справедливо для любого потенциального силового поля, потенциальная энергия молекул газа в котором описывается зависимостью $E_\Pi = E_\Pi(x, y, z)$, запишем выражение для определения концентрации молекул газа в виде:

$$n(x, y, z) = n_0 \exp\left(-\frac{E_\Pi(x, y, z)}{kT}\right).$$