Рассмотрим газ, находящийся в состоянии равновесия при данной температуре. Все положения и направления движения молекул равновероятны. Пусть N – общее число молекул газа в данном объеме. В газе устанавливается некоторое стационарное распределение молекул по скоростям, не зависящее от времени. Это распределение описывается функцией распределения Максвелла по абсолютным значениям скоростей f(v), которая также не зависит от времени. Величина f(v) определяет относительное число молекул dN/N, абсолютные значения скоростей которых лежат в интервале от v до v + dv . Очевидно, что dN/N пропорционально интервалу dv :

$$\frac{dN(\upsilon)}{N} = f(\upsilon)d\upsilon \,. \tag{11.30}$$

Тогда Nf(v)dv = F(v)dv – это число молекул, которые имеют скорости в интервале от v до v + dv . В 1859 г. Дж. К. Максвелл получил формулу для f(v) – распределение Максвелла по абсолютным значениям скоростей:

$$f(\upsilon) = 4\pi\left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2}\upsilon^2 \exp\left(-\frac{1}{2}\frac{m\upsilon^2}{kT}\right), \tag{11.31}$$

где m– масса молекулы; k – постоянная Больцмана; T – абсолютная температура. Эта функция f(v), показанная на рис. 11.3, удовлетворяет условию нормировки (11.27):

$$\int_0^\infty f(\upsilon)d\upsilon = 1\,.$$

Отметим, что распределение Максвелла (11.31) является равновесным и стационарным, т.е. доля молекул со скоростями от v до v + dv остается постоянной, независимо от изменения скорости отдельных молекул при столкновениях.

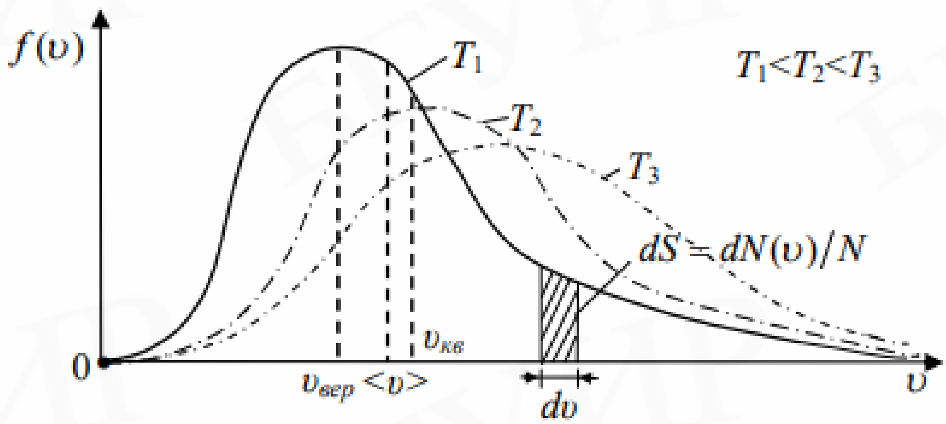

Рис. 11.3. График функции распределения $f(\upsilon)$ Максвелла в зависимости от скорости молекул υ

Функция распределения Максвелла по проекциям скоростей молекул определяется так:

$$f(\upsilon_x,\upsilon_y,\upsilon_z) = \left(\frac{m}{2\pi kT}\right)^{3/2} \exp\left(-\frac{1}{2}\frac{m(\upsilon_x^2+\upsilon_y^2+\upsilon_z^2)}{kT}\right). \tag{11.31a}$$

Тогда число молекул со скоростями от v1 r до v2 r в газе можно найти по формуле

$$\Delta N = N\int_{\upsilon_{1x}}^{\upsilon_{2x}}\int_{\upsilon_{1y}}^{\upsilon_{2y}}\int_{\upsilon_{1z}}^{\upsilon_{2z}} f(\upsilon_x,\upsilon_y,\upsilon_z)\, d\upsilon_x\, d\upsilon_y\, d\upsilon_z\,.$$