

Seminar 11

Введение в классическую физику

Термодинамика

Victor Ivanov Yu.*

Аннотация

Physics and Mathematics

Содержание

1 Основные формулы	1
2 Упражнения	2

1 Основные формулы

- Распределение Максвелла или распределение молекул по скоростям выражается двумя соотношениями:

1. число молекул, скорости которых заключены в пределах от v до $v + dv$,

$$dN(v) = N f(v) dv = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N \left(\frac{m}{2kT} \right)^{3/2} \exp \left(-\frac{mv^2}{2kT} \right) v^2 dv$$

где $f(v)$ - функция распределения молекул по модулям скоростей, выражающая отношение вероятности того, что скорость молекулы лежит в интервале от v до $v + dv$, к величине этого интервала, а также долю числа молекул, скорости которых лежат в указанном интервале; N - общее число молекул; m - масса молекулы.

2. число молекул, относительные скорости которых заключены в пределах от u до $u + du$

$$dN(u) = N f(u) du = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N \exp(-u^2) u^2 du$$

где $u = v/v_p$ - относительная скорость, равная отношению скорости v к наиболее вероятной скорости v_p ; $f(u)$ - функция распределения по относительным скоростям.

*VI

- Распределение молекул по импульсам. Число молекул, импульсы которых заключены в пределах от p до $p + dp$,

$$dN(p) = N f(p) dp = \frac{4}{\sqrt{\pi}} N \left(\frac{1}{kT} \right)^{3/2} \exp \left(-\frac{\epsilon}{kT} \right) \epsilon^{1/2} d\epsilon$$

где $f(p)$ - функция распределения по импульсам (кинетическим энергиям).

- Распределение Больцмана или распределение частиц в силовом поле

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

где n - концентрация частиц; U - их потенциальная энергия; n_0 - концентрация частиц в точках поля, где $U = 0$; k - постоянная Больцмана; T - термодинамическая температура.

2 Упражнения

Задача 2.1. Найти, какая часть общего числа молекул кислорода имеет при температуре 27 градусов C: 1) скорости, отличающиеся от наиболее вероятной на 1 % ; 2) скорости в интервале 562 - 572 м/с.

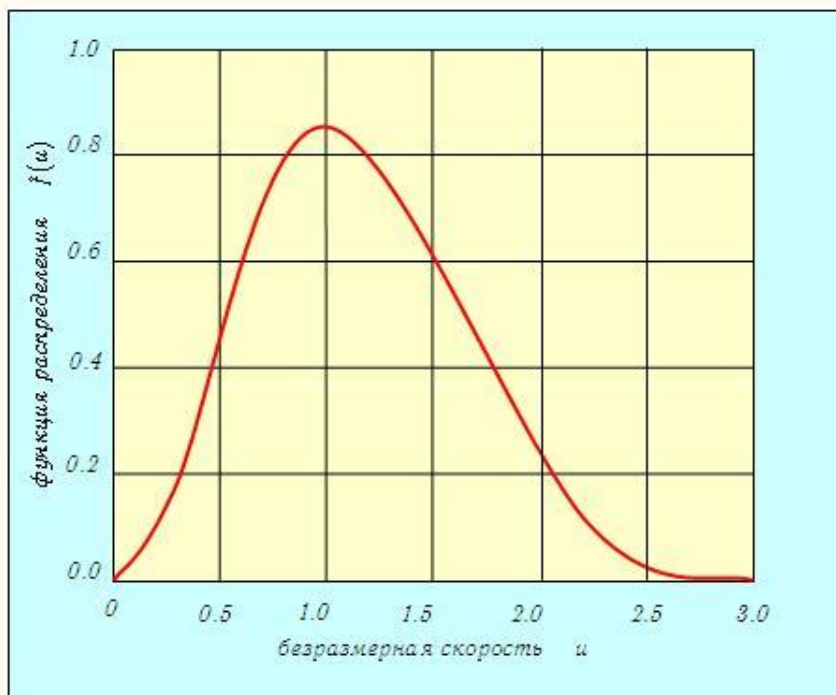


Рис. 1:

Решение. Elementary ■

Задача 2.2. В вертикальном теплоизолированном цилиндре под поршнем находится некоторое количество гелия при температуре 240 К. На поршне лежит груз массой, равной половине массы поршня. Груз мгновенно убирают и дожидаются прихода системы к равновесию. Чему станет равна температура газа? Над поршнем газа нет.

Решение. Elementary ■

Задача 2.3. Два моля газа изобарно нагревают от 400 K до 800 K , затем изохорно охлаждают до 500 K . Далее газ охлаждают изобарно так, что его объем уменьшается до первоначального. Наконец, газ изохорно нагревают до 400 K . Найдите работу, совершенную газом в этом цикле.

Решение. Elementary ■

Задача 2.4. Во сколько раз следует увеличить изотермически объем идеального газа в количестве $\nu = 4$ моль, чтобы его энтропия испытала приращение $\Delta S = 23\text{ Дж/К}$?

Решение. Elementary ■

Задача 2.5. Гелий массы $m = 1.7\text{ г}$ адиабатически расширили в 3 раза и затем изобарически сжали до первоначального объема. Найти приращение энтропии газа.

Решение. Elementary ■