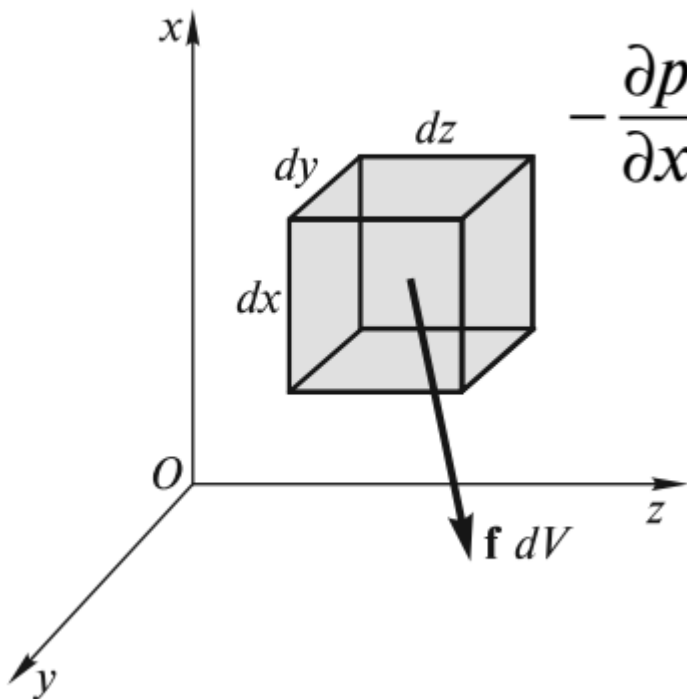


Распределение Больцмана

- Барометрическая формула
- Распределение Больцмана молекул равновесного газа в поле силы тяжести и в поле центробежных сил
- Опыты Перрена по исследованию закона распределения молекул в поле силы тяжести

Основное уравнение гидростатики



$$-\frac{\partial p}{\partial x} + f_x = 0; \quad -\frac{\partial p}{\partial y} + f_y = 0; \quad -\frac{\partial p}{\partial z} + f_z = 0.$$

$$\text{grad } p = \nabla p = \frac{\partial p}{\partial x} \mathbf{e}_x + \frac{\partial p}{\partial y} \mathbf{e}_y + \frac{\partial p}{\partial z} \mathbf{e}_z$$

$$-\text{grad } p + \mathbf{f} = 0$$

$$\mathbf{f} = -\text{grad } U.$$

$$\text{grad}(p + U) = 0$$

$$p + U = \text{const}$$

Распределение давления в покоящейся жидкости (газе) в поле сил тяжести Барометрическая формула

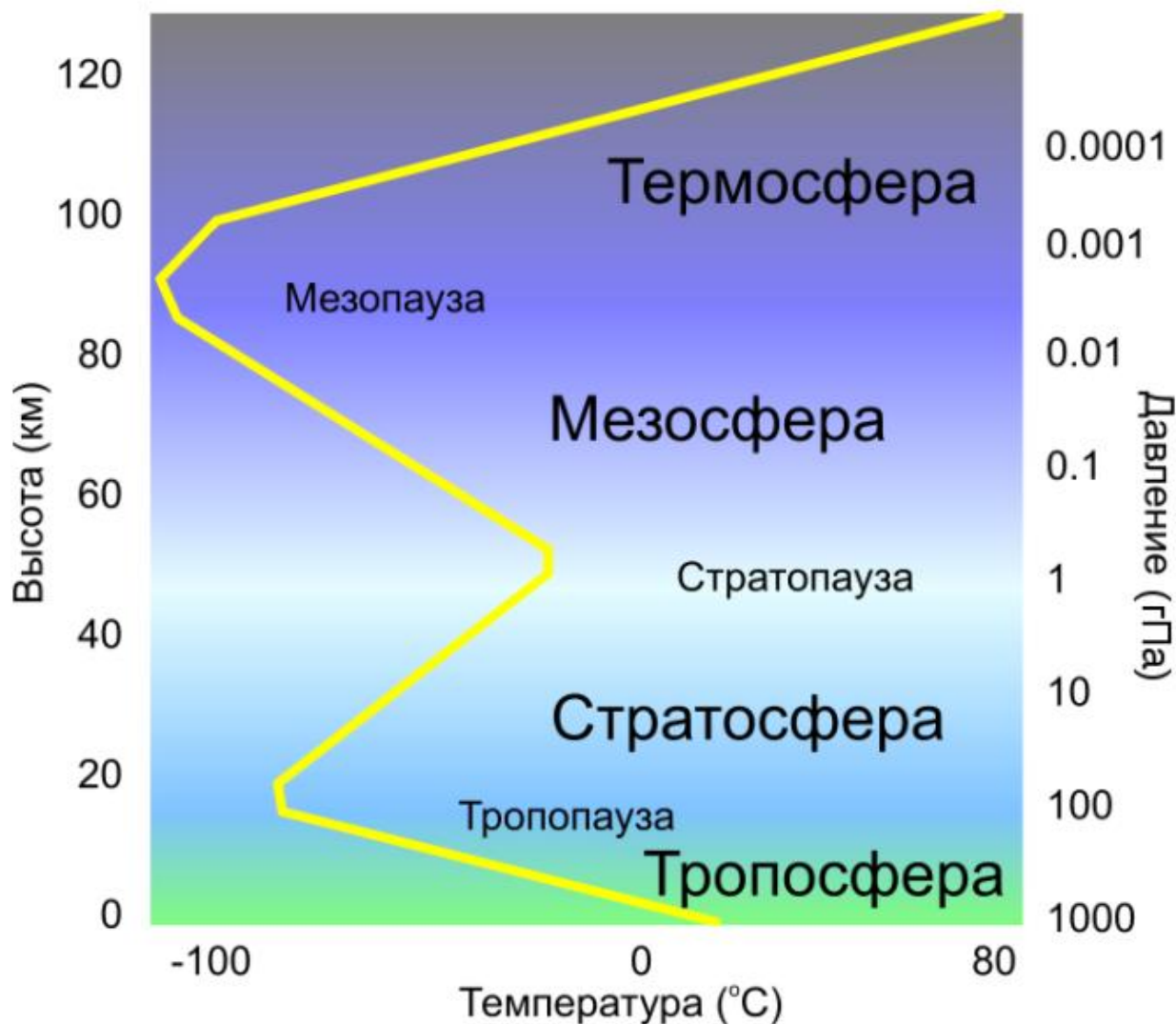
Пусть несжимаемая однородная жидкость находится в поле силы тяжести $\mathbf{f}=\rho\mathbf{g}$. Плотность потенциальной энергии можно записать в виде $U(x)=-\rho gx$.

$$p(x) = p_0 + \rho gx$$

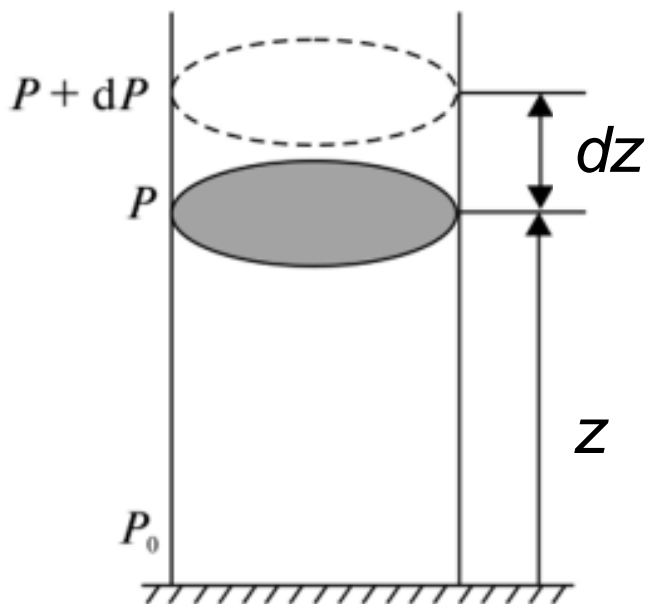
Барометрическая формула

$$p = p_0 \exp\left(-\frac{\mu gx}{RT}\right) = p_0 \exp\left(-\frac{x}{H_0}\right)$$

Распределение давления в покоящейся газе в поле сил тяжести



Распределение Больцмана

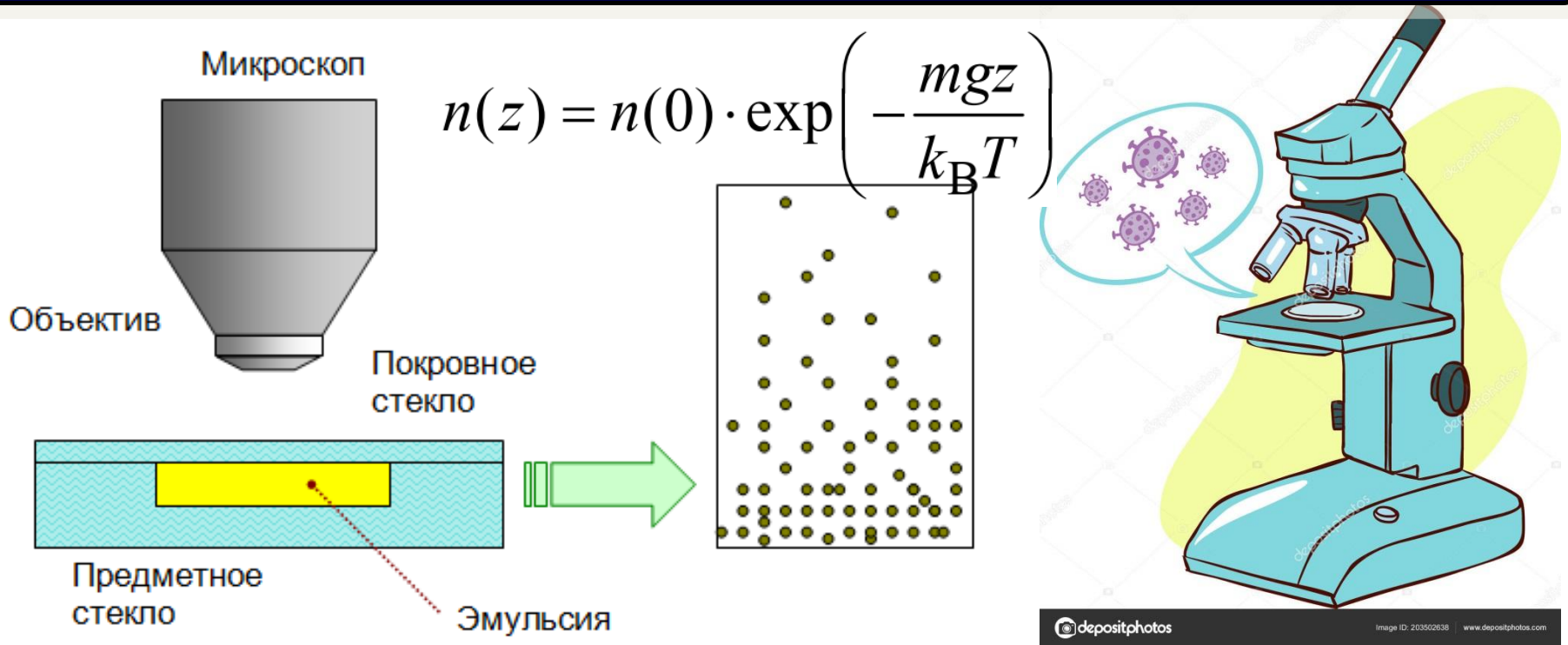


Если молекулы идеального газа, находятся при температуре T в потенциальном поле, то вероятность $dP_B(x, y, z)$, с которой молекула газа, обладающая потенциальной энергией $U(x, y, z)$, имеет координаты в интервале значений $(x, x+dx)$, $(y, y+dy)$, $(z, z+dz)$ описывается распределением Больцмана.

$$dP_B(x, y, z) = A \exp\left(-\frac{U(x, y, z)}{k_B T}\right) dx dy dz$$

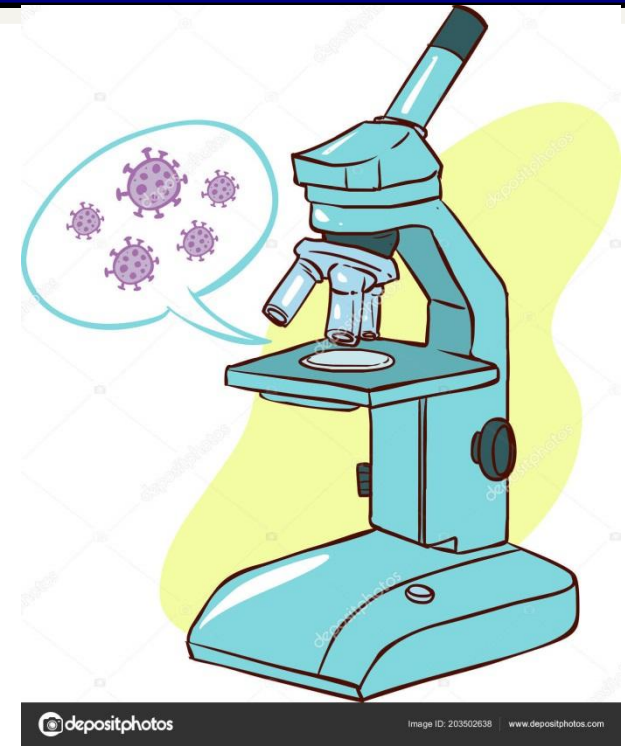
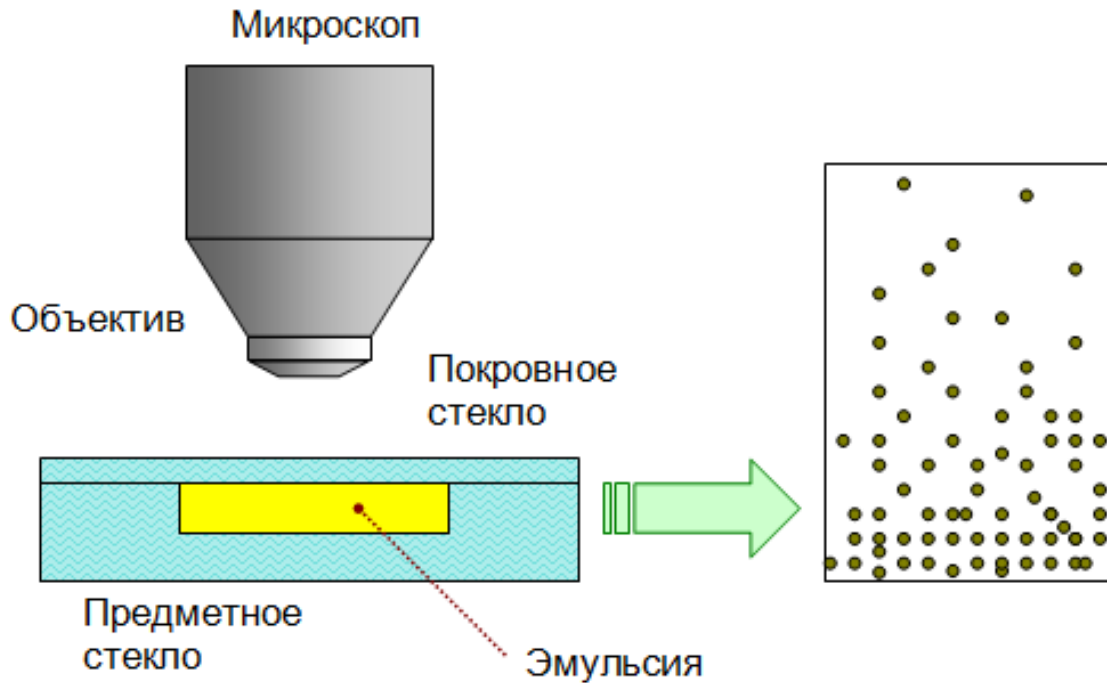
Константа A находится из условия нормировки распределения.

Опыт Перрена



- **Эмульсия** представляла собой взвесь одинаковых сферических частиц специального древесного сока или смолы (гуммигута) в воде. Размер этих частиц (около 0,4 мкм) позволял наблюдать их в микроскоп.

Опыт Перрена

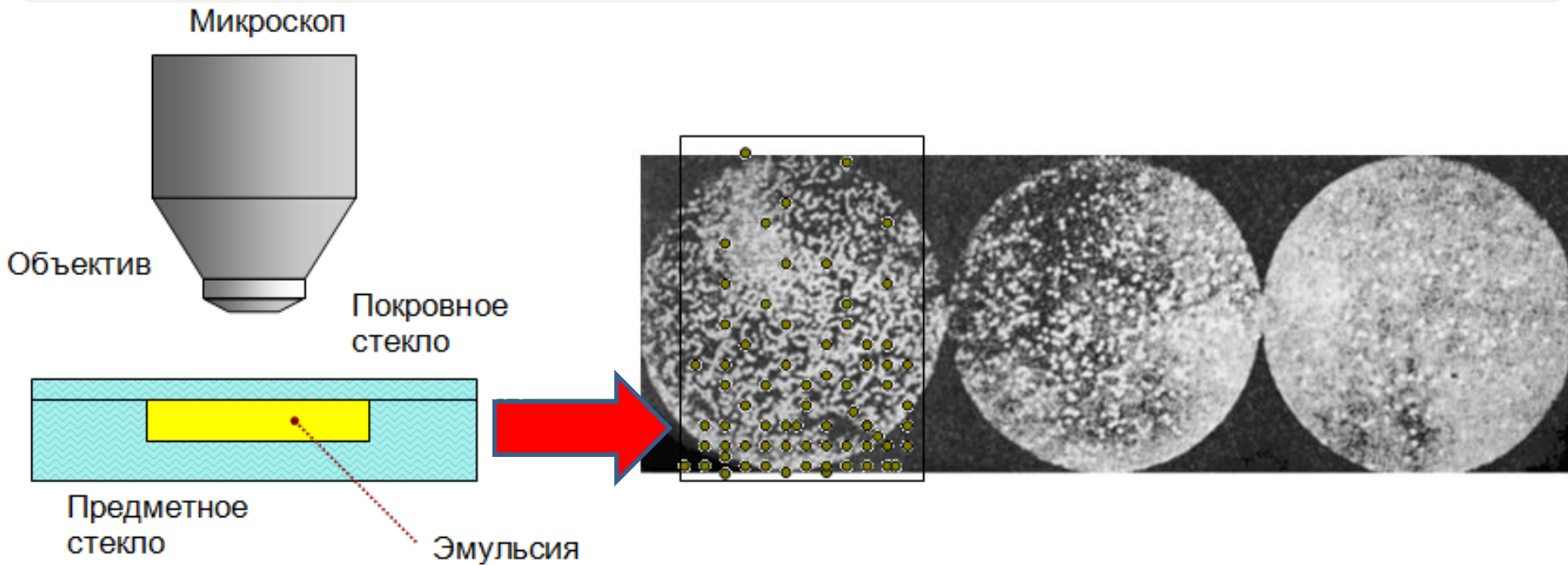


depositphotos

Image ID: 203502638 www.depositphotos.com

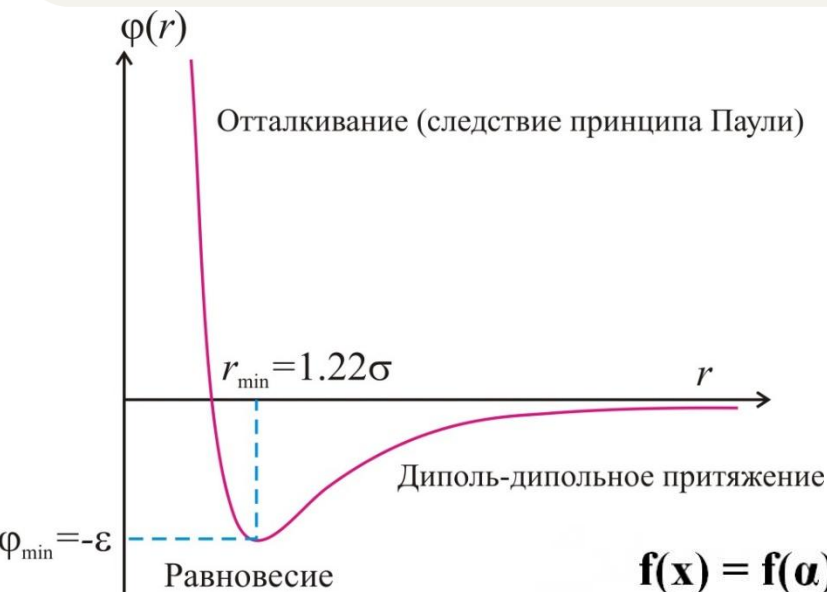
- Под микроскопом исследовалось броуновское движение частиц, которые распределялись по высоте подобно молекулам газа в поле тяготения.
- Микроскоп наводился на верхний слой эмульсии, делали через микроскоп мгновенную фотографию, подсчитывали число броуновских частиц на фотографии.

Опыт Перрена



Далее тубус микроскопа опускали на 0,01 мм, снова фотографировали и подсчитывали число броуновских частиц на фотографии. Оказалось, что на дне сосуда броуновских частиц больше, на поверхности эмульсии меньше, а в целом распределение броуновских частиц по высоте соответствует распределению Больцмана.

Явление теплового расширения для твердых тел



$$f(x) = f(a) + \frac{f'(a)}{1!}(x - a) + \frac{f''(a)}{2!}(x - a)^2 + \dots + \frac{f^{(n)}(a)}{n!}(x - a)^n + R_n(x)$$



Вещество	Алмаз	Бетон	Золото	Кремний	Медь	Натрий
α , ($10^{-6}/K$)	1,1	14,5	14	5,1	16,6	71

Таблица 2.1: Коэффициенты линейного теплового расширения в области комнатной температуры.

ОСНОВЫ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

- Понятие фазового пространства
- Микро- и макросостояния.
- Постулат равновероятности микросостояний равновесной термодинамической системы.
- Эргодическая гипотеза.
- Статистическое определение температуры равновесного состояния.
- Статистический смысл энтропии. Формула Больцмана для энтропии.

Микросостояние статистической системы

- **Микросостояние статистической системы** – это состояние системы, охарактеризованное настолько подробно, что заданы состояния всех образующих систему частиц.
- **Микропараметры**– характеристики одной частицы статистической системы, определяющие ее состояние в этой системе.

Макросостояние

- **Макросостояние** – состояние системы, описанное с помощью макроскопически измеряемых параметров – макропараметров.
- **Макропараметр** – величина, которая может быть определена с помощью макроскопических измерений, ее значение зависит от суммарного действия всех частиц системы.

Постулат равновероятности

Основной постулат статистической физики – микросостояния равновесной изолированной системы равновероятны и равны $P_s = 1/\Gamma_0$,

Эргодическая гипотеза

Эргодическая гипотеза в статистической физике, состоит в предположении, что средние по ансамблю равно среднему по времени.

(из эргодической гипотезы следует постулат равновероятности)

$$\overline{N}_1 = \langle N_1 \rangle \qquad \overline{N}_1 = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T N_1(t) \cdot dt.$$

Распределение Гиббса

- Вероятность нахождения частицы в фазовом объеме (распределение Гиббса)

$$dP = A \exp\{-E/KT\} d\Gamma$$