

A entropia de um gás ideal obtida por argumentos puramente probabilísticos, a partir da equação:
 $S(N, V, U) \propto \ln G(N, V, U)$

é dada por:

$$S = k_B \ln V + C \rightarrow \text{const}$$

Lembrando que:

$$\frac{1}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial U} \right)_V$$

$$\frac{P}{T} = \left(\frac{\partial S}{\partial V} \right)_U$$

Então, derivando, temos:

$$\frac{\partial S}{\partial V} = \frac{\alpha}{V} \Rightarrow \frac{P}{T} = \frac{\alpha}{V} \Rightarrow \alpha = \frac{PV}{T}$$

$$S = \frac{PV}{T} \ln V + C$$

O método combinatorial de Boltzmann

* Nesse método as relações entre as grandezas macroscópicas que caracterizam um sistema são estabelecidas a partir da definição de entropia.

Para contornar o problema de definir o número de estados em meios contínuos e possibilita uma interpretação estatística da entropia.

Boltzmann discretiza o espaço de fase, admitindo ainda que N partículas de um gás com energia U , embora idênticas seriam distinguíveis e estariam distribuídos em M células de energia (ou regiões do

espaço de fase) também idênticas e distinguíveis e estariam distinguíveis, cada qual com energia ϵ . Uma vez que essa divisão é arbitrária, o resultado final não depende do tamanho de cada célula e se poderia tornar o limite $\epsilon \rightarrow 0$.

Osciladores Harmônicos

A formulação estatística clássica para sistemas cujos constituintes quase não interagem, interagindo apenas o suficiente para atingir o equilíbrio térmico (apesar de não

interagirem entre si, os constituintes podem interagir com um campo externo gravitacional terrestre ou eletromagnético), é suficientemente geral para explicar as principais teorias desenvolvidas por Planck e Einstein acerca da radiação do corpo negro e dos calores específicos dos sólidos.

Do ponto de vista da mecânica clássica, a energia ϵ de uma partícula de massa m em um campo conservativo pode ser expressa

em função de sua posição (x, y, z) e momento (p_x, p_y, p_z) como:

$$E(x, y, z, p_x, p_y, p_z) = \underbrace{E_p(x, y, z)}_{\text{energia}} + \underbrace{\frac{p_x^2}{2m} + \frac{p_y^2}{2m} + \frac{p_z^2}{2m}}_{\text{potencial}}$$

Desse modo, a evolução ou o comportamento da partícula pode ser representado em um espaço de fase de dimensão seis, onde cada ponto (x, y, z, p_x, p_y, p_z) que depende do valor da energia E e caracteriza o estado dinâmico da partícula.

nesse contexto, a probabilidade de ocupação de uma determinada região de área $dx dp$, desse espaço de fase por uma partícula com energia

$E(x, p)$ que faz parte de um sistema em equilíbrio térmico à temperatura T é proporcional à:

fator de Boltzmann $\left\{ \exp \left[\frac{-E(x, p)}{KT} \right] \right\} dx dp$

Para um sistema de partículas de massa m que se comportam como osciladores harmônicos unidimensionais, idênticos e independentes, de mesma frequência ω_0 em equilíbrio térmico à tempe-

ratura T , a energia de cada oscilador

$$E = \frac{p^2}{2m} + \frac{1}{2} m \omega_0^2 x^2$$