

Física Estatística

Vitor Oguri

Departamento de Física Nuclear e Altas Energias (DFNAE)
Instituto de Física Armando Dias Tavares (IFADT)
Universidade do Estado do Rio de Janeiro (UERJ)

02 de março de 2014



Sumário

- 1 Informação
- 2 Entropia
- 3 Método dos ensembles
- 4 Sugestões de leitura



Entropia e Informação

- Entropia \iff Desordem – Boltzmann
- Informação \times Incerteza – Shannon
- Desordem \iff Incerteza \iff Entropia

Informação \times Entropia



Medida de Shannon da informação

Lançamento de dados

A – dado não viciado

$$P_i(A) = 1/6 \quad i = 1, \dots, 6 \quad \text{incerteza máxima}$$

B – dado viciado

$$P_5(B) = 3/8 \quad \text{e} \quad P_{i \neq 5} = 1/8 \quad \text{menos incerto}$$

C – dado completamente viciado

$$P_3(C) = 1 \quad \text{e} \quad P_{i \neq 3} = 0 \quad \text{incerteza nula}$$

Medida de Shannon

Incerteza (I)

- $I(B) < I(A)$
- $I(C) = 0$

sistemas independentes \Rightarrow incertezas aditivas

$$I(A \text{ e } B) = I(A) + I(B)$$

$$I = - \sum_i (\log P_i) P_i \quad (\text{Shannon} - 1948)$$



Entropia de Boltzmann

Entropia (S)

$G(E)$ – número de microestados associados a um macroestado de energia E

$$S = k \log G(E) \quad (\text{Boltzmann} - 1887)$$



Entropia de Gibbs

Entropia (S)

P_i – probabilidade associada a um autoestado (ψ_i) de energia de um sistema em equilíbrio térmico

$$S = -k \sum_i (\log P_i) P_i \quad (\text{Gibbs} - 1901)$$

Ensemble

Coleção de sistemas de mesma natureza distribuídos por todas as possíveis configurações (estados) associadas a cada um dos sistemas.



Método dos ensembles

Ensemble microcanônico

Coleção de sistemas com mesma energia (E) \implies estados de um sistema isolado

$G(E)$ – número de microestados associados a um macroestado de energia E



$P_i = \frac{1}{G(E)}$ – probabilidade associada a cada membro do ensemble (microestado)

Método dos ensembles

Ensemble microcanônico

entropia de Gibbs \implies entropia de Boltzmann

$$S = -k \sum_{i=1}^{G(E)} P_i \times \log P_i = k \log G(E)$$



Método dos ensembles

Ensemble canônico

Coleção de sistemas com mesma temperatura (T) \implies estados de um sistema em equilíbrio térmico com uma fonte e número fixo de constituintes

$P_\psi \propto e^{-\beta E}$ – distribuição de probabilidade (canônica)

associada a cada autoestado (ψ) de energia E $\left(\beta = \frac{1}{kT} \right)$



Método dos ensembles

Ensemble gran-canônico

Coleção de sistemas com mesma temperatura (T) e potencial químico (μ) \implies estados de um sistema em equilíbrio térmico e difusivo

$P_{\psi} \propto e^{\gamma \mathcal{N} - \beta E}$ – distribuição de probabilidade (gran-canônica) associada a cada autestado de energia E e número de constituintes \mathcal{N} $\left(\gamma = \frac{\mu}{kT} \right)$



Sugestões de leitura



C. E. Shannon

The Mathematical Theory of Communication

Bell System Technical Journal, 1948.



E. T. Jaynes

Information Theory and Statistical Mechanics

Phys. Rev. Vol 103 (4), 1957.



D. Ruelle

Chance and Chaos

Princeton Univ. Press, 1991



D. Ruelle

Acaso e caos

Unesp, 1993