

DO MUNDO
MICROSCÓPICO AO
MACROSCÓPICO

FERNANDO D. NOBRE

CBPF-RIO DE JANEIRO



Sir Isaac Newton

- Ano importante: 1666
- Física macroscópica: leis da Mecânica Clássica

- Por que existem na natureza elementos e compostos tão diferentes?

- Ouro, Cobre, Alumínio

- Ferro, Cobalto, Níquel

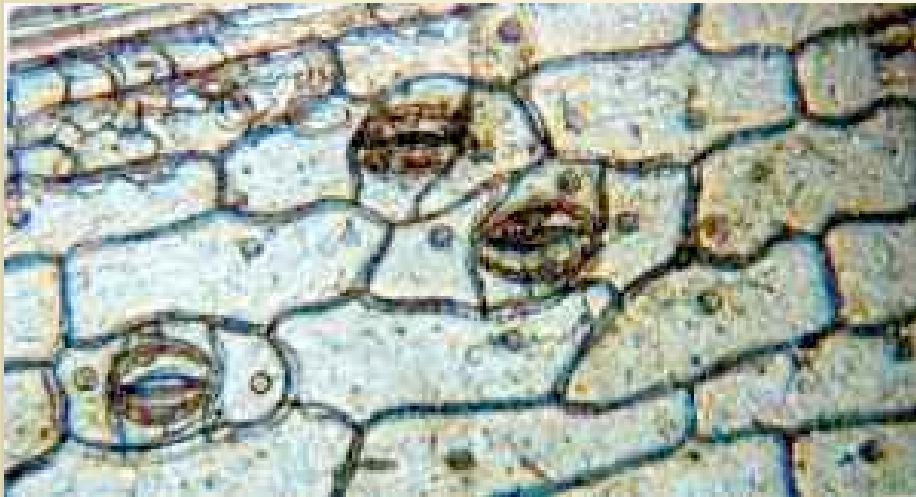
- Oxigênio, Hidrogênio

- Carbono: Grafite, Diamante, Fulereo

- Mundo microscópico: moléculas, átomos, prótons, nêutrons, elétrons, ...
- Idéia de átomo: Grécia antiga
- Verificação / Aceitação dos átomos: início do século XX

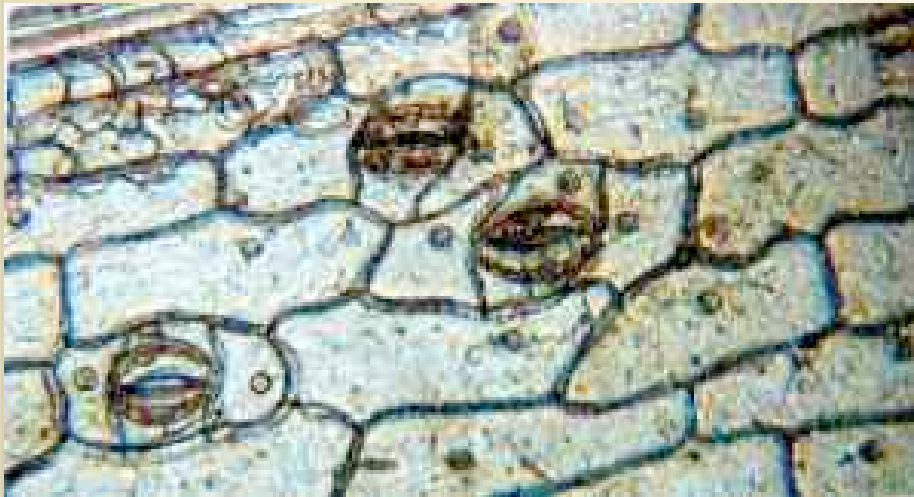
● Movimento Browniano

- Robert Brown (botânico) – 1827



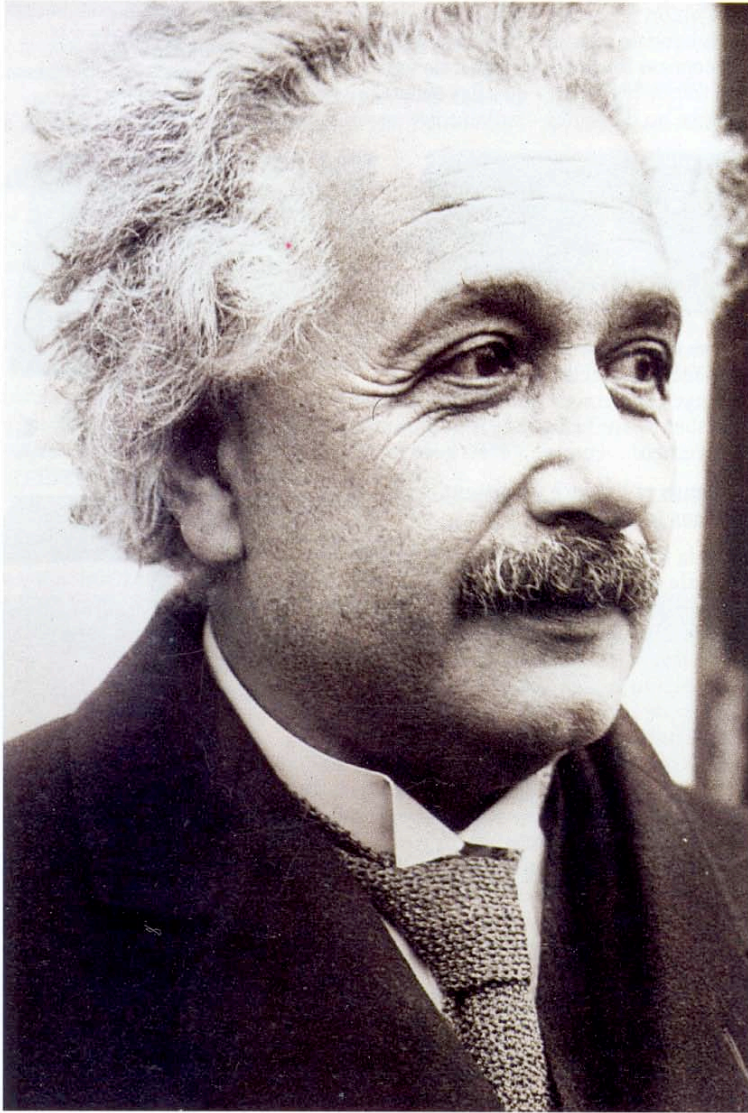
● Movimento Browniano

- Robert Brown (botânico) – 1827



“This areolá, or nucleus of the cell as perhaps it might be termed, is not confined to the epidermis, being also found...in many cases in the parenchyma or internal cells of the tissue.” He





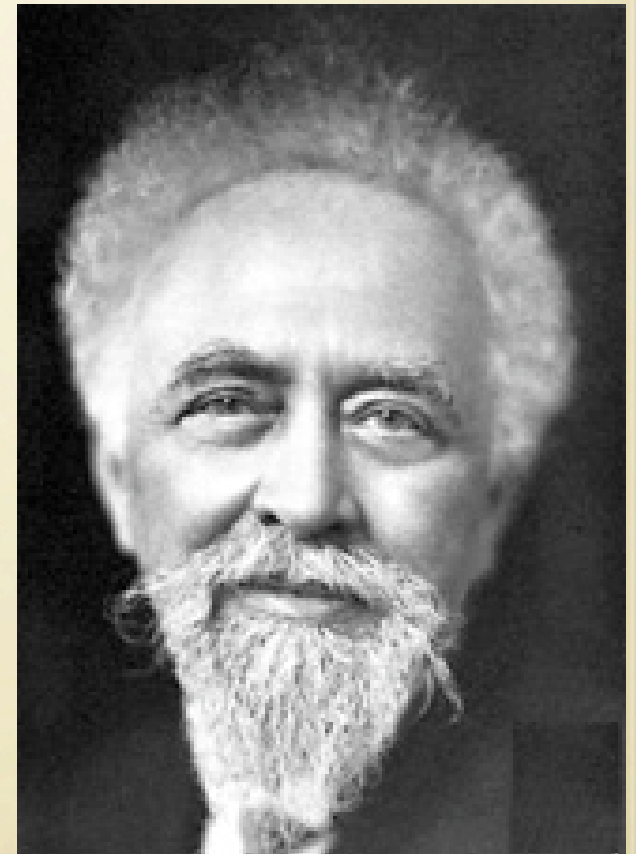
Albert Einstein

● Física Microscópica

● Ano importante: 1905

Jean Perrin

- 1908 J. Perrin, C. R. Acad. Sci. 146, 967
- "Les atomes" (Félix Alcan, Paris, 1913)



● Notação Científica

$$1/10 = 0,1 = 1,0 \times 10^{-1}$$

$$1/100 = 0,01 = 1,0 \times 10^{-2}$$

$$1/1000 = 0,001 = 1,0 \times 10^{-3}$$

$$1/1000000 = 0,000001 = 1,0 \times 10^{-6}$$

$$10,0 = 1,0 \times 10^1$$

$$100,0 = 1,0 \times 10^2$$

$$1000,0 = 1,0 \times 10^3$$

$$1000000,0 = 1,0 \times 10^6$$

$$1000000000,0 = 1,0 \times 10^9$$

● Valores Típicos do Mundo Microscópico:

Const. de Avogrado: $N_A = 6,02 \times 10^{23} / \text{mol}$

Raio de Bohr: $r_B = 5,29 \times 10^{-11} \text{m}$

Massa do elétron: $m_e = 9,11 \times 10^{-31} \text{Kg}$

Massa próton: $m_p = 1,67 \times 10^{-27} \text{Kg}$ $\frac{m_p}{m_e} = 1840$

Massa do átomo H: $m_H = 1,67 \times 10^{-27} \text{Kg}$

1 mol de átomos H: $m = 1,0 \times 10^{-3} \text{Kg} = 1,0 \text{ g}$

Tam. molécula típica: $r \approx 1 \text{\AA} = 1,0 \times 10^{-10} \text{m}$

● Microscópico ➡ Macroscópico

● Mecânica Quântica ➡ Mec. Clássica

a) Grandezas discretas (quantizadas)

b) Teoria probabilística (E. Schrödinger)

c) Princípio da Incerteza (W. Heisenberg)

d) Dualidade onda-partícula (L. de Broglie)

- Microscópico ➡ Macroscópico
- Mecânica Estatística ➡ Termodinâmica

a) Valores médios

b) Comportamentos coletivos complexos

● Microscópico → Macroscópico

a) Agitação térmica das partículas

→ Temperatura

b) Número de choques / unidade de tempo

→ Pressão

c) Soma de momentos magnéticos atômicos

→ Magnetização

● Número de Microestados (W)

a) 1 moeda: 2 estados $\Rightarrow W = 2^1$

b) 2 moedas: 4 estados $\Rightarrow W = 2^2$

c) 3 moedas: 8 estados $\Rightarrow W = 2^3$

d) N moedas $\Rightarrow W = 2^N$

$\Rightarrow$ equivalente a N partículas de spin $1/2$

- Equação Fundamental (L. Boltzmann)

$$S = k \ln W$$

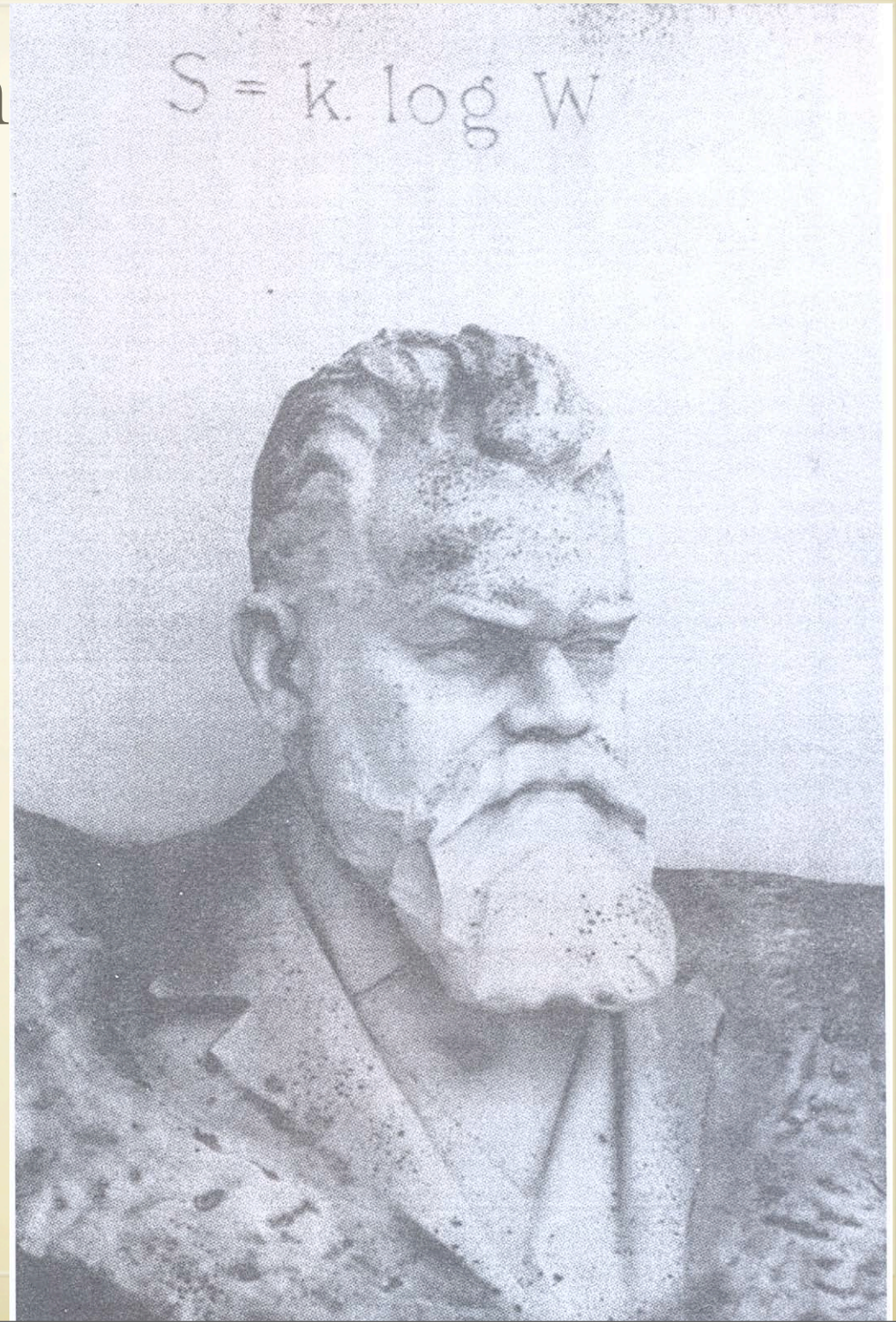
S: Entropia (grandeza termodinâmica)

k: constante de Boltzmann

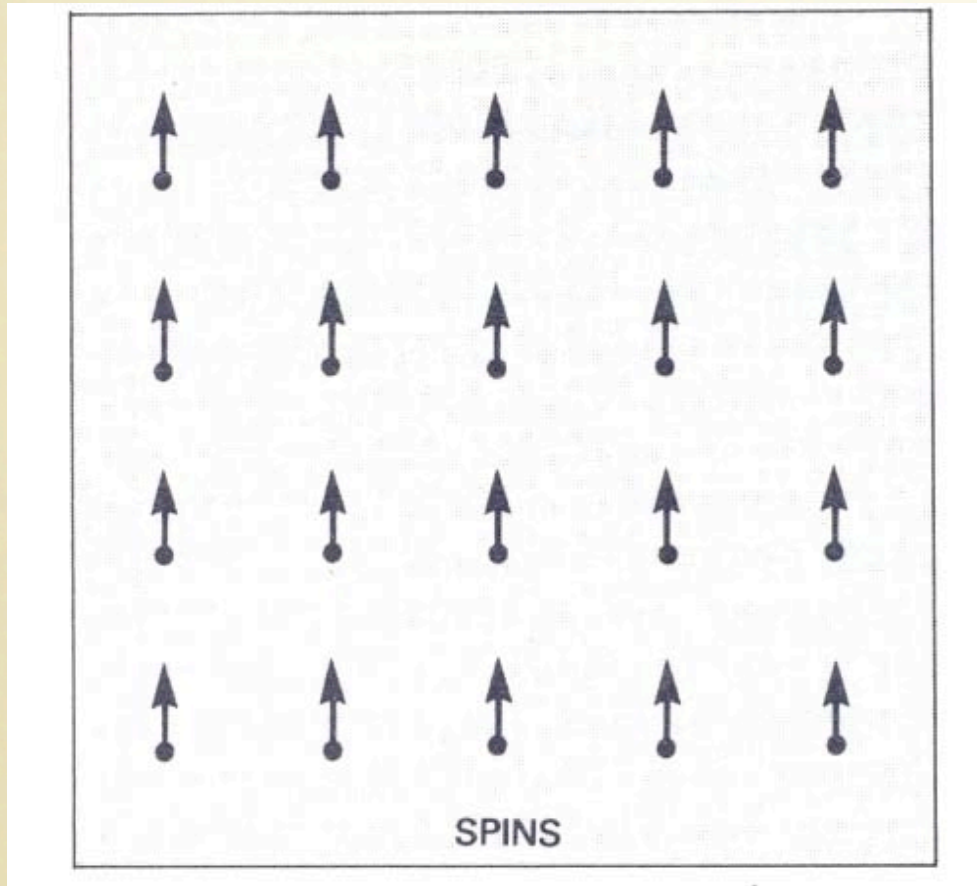
- Ludwig Boltzmann

- Pai da Mecânica
Estatística

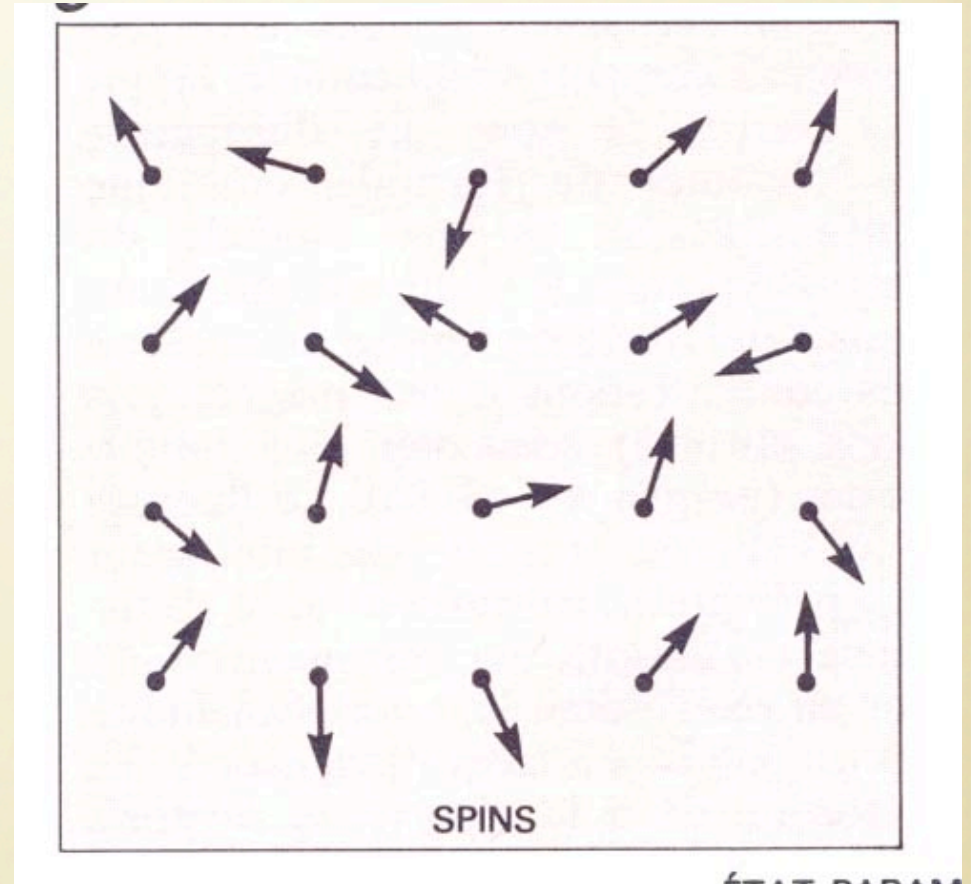
- Século XIX



- Magnetismo
- Ferromagnetismo: Fe, Co, Ni

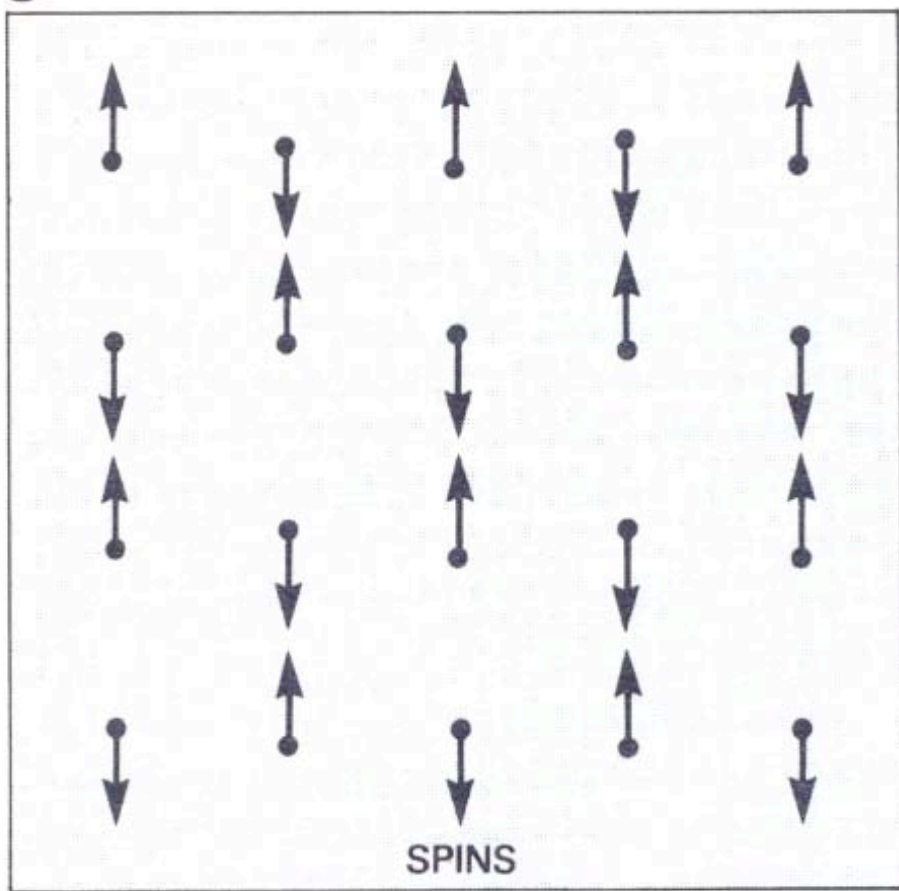


$$T < T_C$$



$$T > T_C$$

● Antiferromagnetismo: FeCl_2 , FeF_2

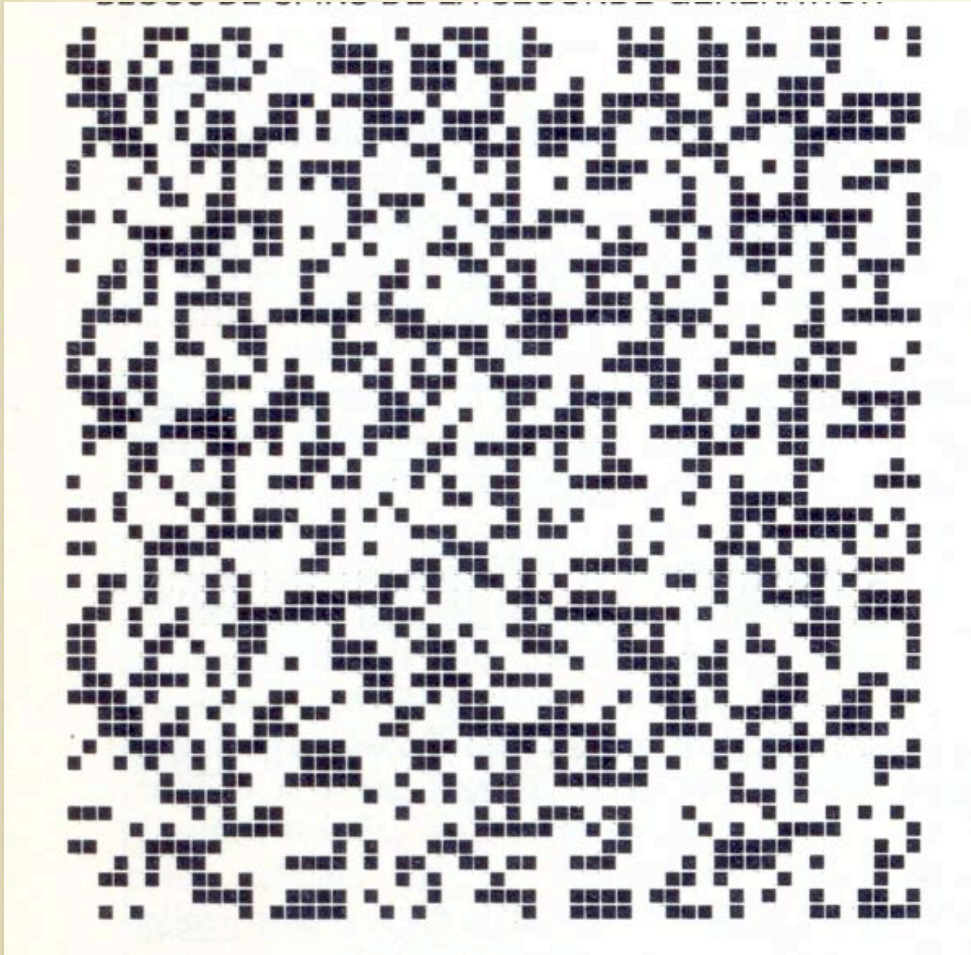


$$T < T_C$$

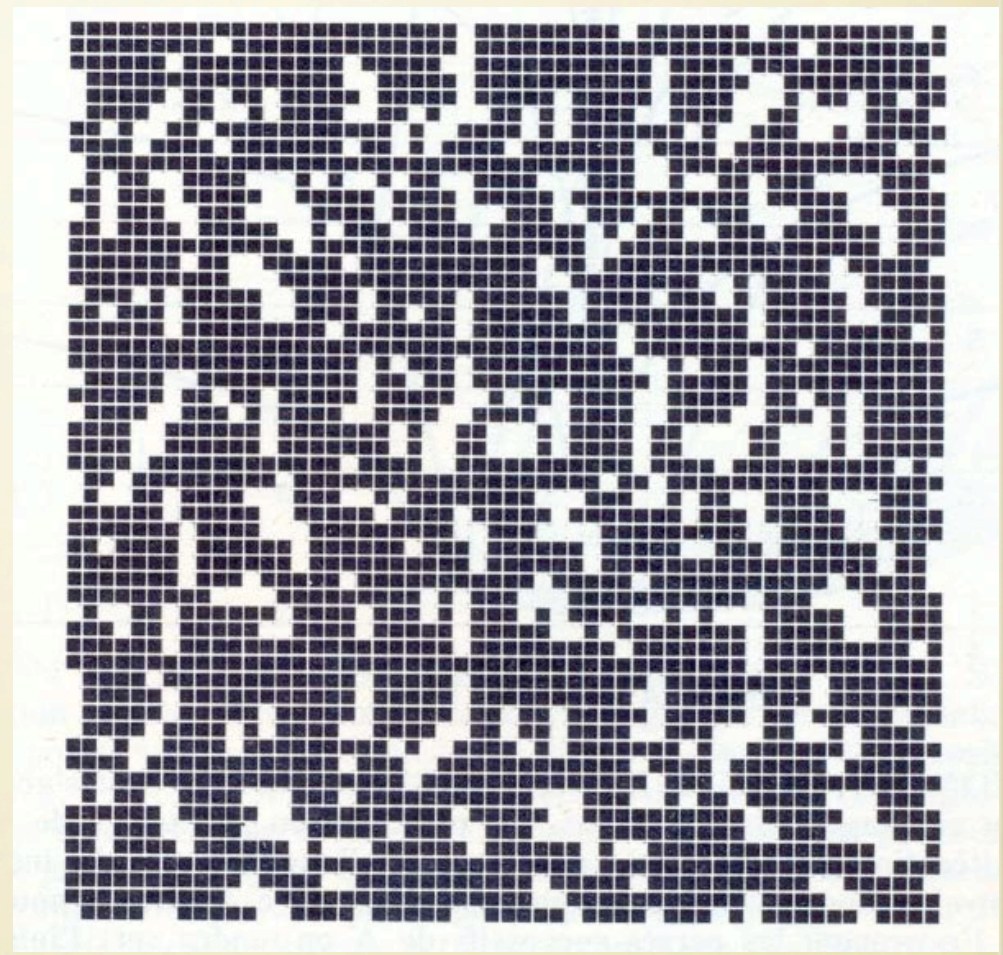


$$T > T_C$$

● Simulações Computacionais (Mod. Ising)



$$T = T_C$$



$$T < T_C$$

● Algumas Aplicações Importantes

a) Laser (Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation)

b) Cristais Líquidos

c) Ressonância Magnética

d) Cartões / Leitores Magnéticos

- Conclusão

Compreensão Adequada das
Propriedades do Mundo Microscópico



Aplicações Tecnológicas Importantes
para o Mundo Macroscópico



á ô ã ção ções í é ê ç ü Ç Ã ã Õ à À

Acentos em Português

á ô ã ção ções í é ê ç ü Ç Ã ã Õ à À

