



Universidade Federal do ABC

# BC-0504

# Natureza da Informação

Aulas 1 e 2

Uma pequena viagem a História da Teoria da Informação

Prof. Francisco **Isidro** Massetto  
Francisco.massetto@ufabc.edu.br

Equipe de professores de Natureza da Informação

# Objetivos da Disciplina

- **Objetivos:**
  - Apresentar os fundamentos sobre a origem e a natureza da Informação, e sobre como ela é representada e armazenada.
- **Competências:**
  - Que o aluno seja capaz de compreender os conceitos fundamentais a respeito da origem e da natureza da Informação, e
  - que seja capaz também de entender os principais conceitos, técnicas e tecnologias envolvidas nos processos de representação e armazenamento da Informação.

# Eixo da Informação

- Os avanços da ciência e da tecnologia estão multiplicando as nossas capacidades de coletar, tratar, gerar e utilizar informações, levando-as a sucessivos patamares nunca antes alcançados, trazendo assim novas oportunidades, novas questões sociais e mais avanços na ciência e tecnologia, em um ciclo que se quer virtuoso. O Eixo da Informação tem como objetivo apresentar os fundamentos desses processos, enfocando-os sob diversas perspectivas que se revelam úteis para compreendê-los e discutí-los.

# Eixo da Informação

- **Fundamentos e processos:**

- ✓ Natureza da Informação: o que é Informação, como é representada e armazenada (registrada)

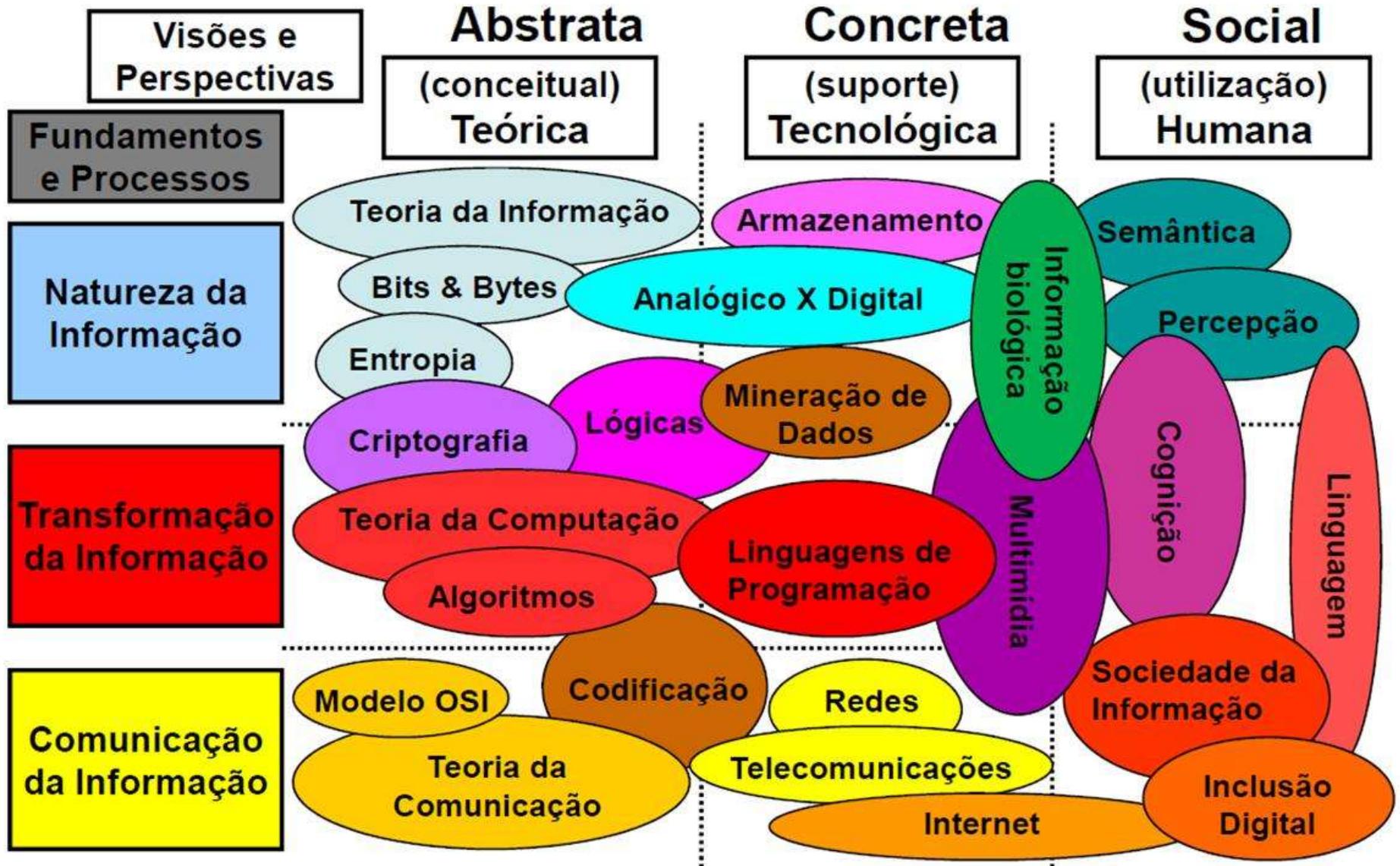
- ✓ Transformação da Informação: manipulação e tratamento da Informação, tanto sob aspecto humano como por computadores (processamento)

- ✓ Comunicação da Informação: transmissão e distribuição da Informação e o seu impacto

# Amostras: 1

Visões e Perspectivas	Abstrata (conceitual) Teórica	Concreta (suporte) Tecnologia	Social (utilização) Humana
Fundamentos e Processos			
Natureza da Informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ O Bit</li> <li>➤ Entropia</li> <li>➤ Analog.X Digital</li> <li>➤ Capac. Shannon</li> <li>➤ T. Informação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Símbolos e Sinais</li> <li>➤ Ruído</li> <li>➤ Proc. Estocásticos</li> <li>➤ Ordem e Desordem</li> <li>➤ Caos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sentidos/percepção</li> <li>➤ Cognição e Ação</li> <li>➤ Inteligência</li> <li>➤ Consciência</li> <li>➤ Memória</li> </ul>
Transformação da Informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ T. Computação</li> <li>➤ Org. Computadores</li> <li>➤ Compressão Dados</li> <li>➤ Criptografia</li> <li>➤ Complexidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Proc. Sinais</li> <li>➤ Transformadas</li> <li>➤ Programação</li> <li>➤ Mineração Dados</li> <li>➤ Tradução</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Aprendizado</li> <li>➤ Cérebro</li> <li>➤ Conhecimento</li> <li>➤ Razão/Emoção</li> <li>➤ Redes Sociais</li> </ul>
Comunicação da Informação	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ T. Comunicações</li> <li>➤ Capacidade canal</li> <li>➤ Canal gaussiano</li> <li>➤ Informação genética</li> <li>➤ Codificação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Sist. Comunicações</li> <li>➤ Redes e Tráfego</li> <li>➤ Eletrônica/Fotônica</li> <li>➤ Novas Tecnologias</li> <li>➤ Amb. comunicação</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Linguagem Humana</li> <li>➤ Internet</li> <li>➤ Soc. Informação</li> <li>➤ Econ. Informação</li> <li>➤ Regulação/Ética</li> </ul>

# Amostras: 2



# Tópicos

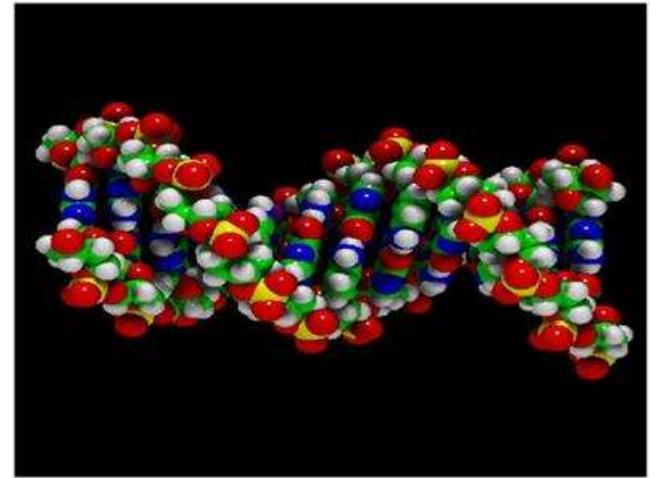
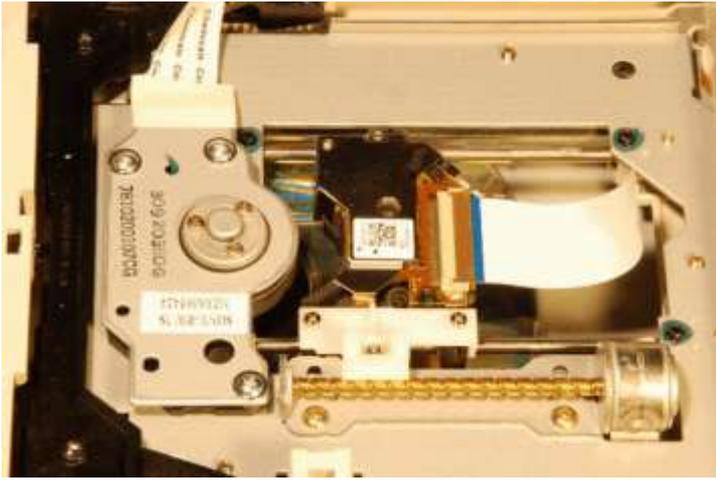
- Origens da Teoria da Informação
- Codificação da Informação
- Entropia e Medidas de Informação
- Conversão A/D e D/A
- Armazenamento da Informação
- DNA, RNA e Proteínas
- Biologia de Sistemas
- Sistemas Neurais
- Percepção e Cognição
- Linguagem e Significados
- Lingüística e Semiótica
- Informação quântica

# Bibliografia

- Bibliografia Básica
  - Notas de Aulas do Curso
- Bibliografia Complementar
  - G:\MIT COURSE\6-050J Spring-2008\OcwWeb\Electrical-Engineering-and-Computer-Science\6-050J Spring-2008\Syllabus\index.htm
  - Decoding the Universe. Charles Seife (2006) Penguin Books.
  - An Introduction to Information theory. Symbols, signals and Noise. John R. Pierce. Dover.

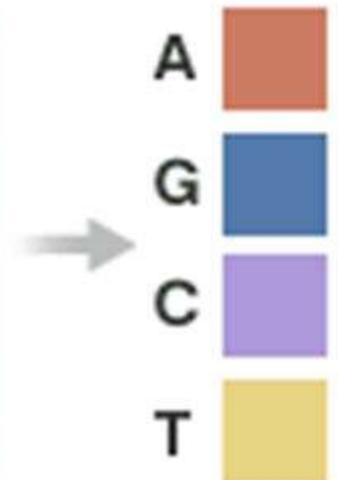
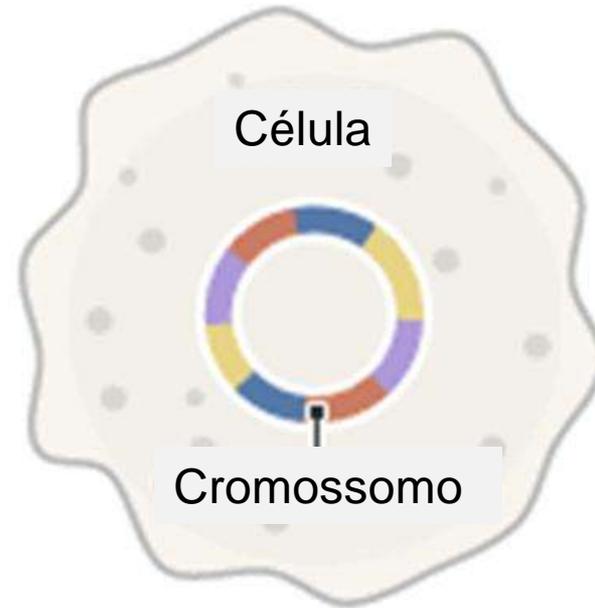
# Parte 0



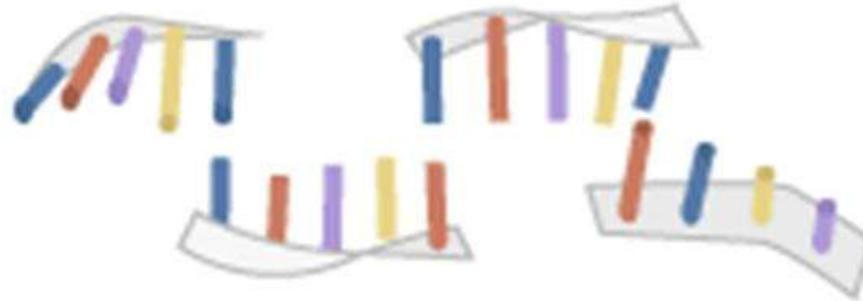


# Craig Venter e o cromossomo Sintético

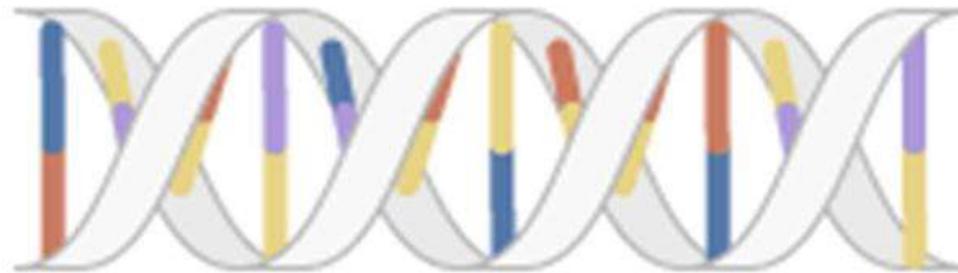
20/5/2010



Pedaços de DNA



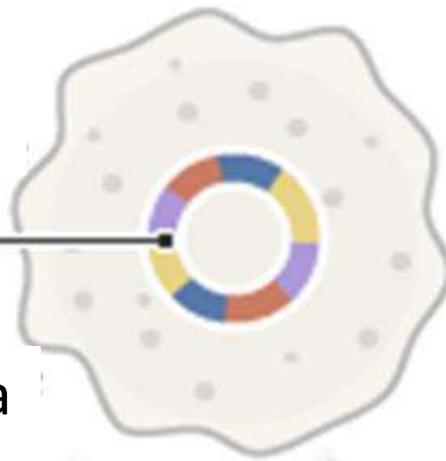
Gene



Cromossomo sintético



Cromossomo  
sintético



Multiplicação da  
célula milhões  
de vezes



# Parte 1



# Os pilares da teoria da informação

- Os estudos de criptografia desenvolvidos na 2ª Guerra mundial
- Os estudos de “termodinâmica”
- As tecnologias de transmissão de informação (começando pelo código Morse e pela telefonia)

# Criptografia na II Guerra

“Está faltando água em AF”

“AF is short of water”

- Estas palavras reverteram o curso da guerra do pacífico.
- Criptografia e código J-25 decifrado pelos americanos



# “A ilha Midway está sem água”



Comandante Rochester



Almirante Yamamoto

# Fim da Guerra

- Os americanos aguardaram a chegada dos japoneses.
- Quatro porta aviões japoneses foram afundados.
- Começou o fim da II Guerra Mundial

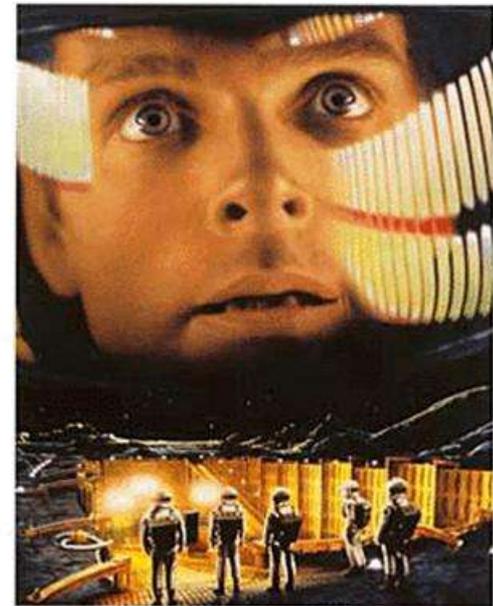
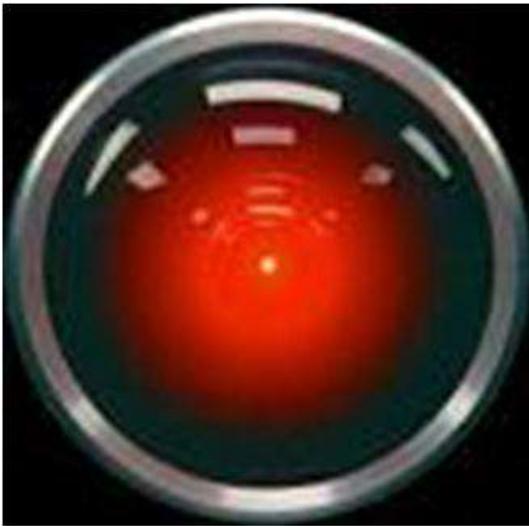


# Parte 2



# “2001 uma odisseia espacial”

- Computador HAL



STANLEY KUBRICK'S  
**2001:**  
a space odyssey

# De HAL para IBM

- Um método muito simples para criptografar uma mensagem consiste em substituir cada letra pela que está  $n$  posições na frente.

- Tentar decifrar a mensagem seguinte:

Q xgpvq jqlg guvcxc owkvq hqtvq

O vento hoje estava muito forte

# Redundância

- -s -v-nç-s d- c--nc-- e d- t-cn-l-g-- -st--  
m-lt-pl-c-ndo -s n-ss-s c-p-c-d-d-s d-  
c-l-t-r, tr-t-r, g-r-r - -t-l-z-r  
-nf-rm-ç-es.

Nosso cérebro aproveita a redundância para conseguir entender textos como o seguinte:

- De acordo com uma pesquisa de uma universidade inglesa, não importa em qual ordem as letras de uma palavra estão, a única coisa importante é que a primeira e última letras estejam no lugar certo. O resto pode ser uma baguena total, que você ainda pode ler sem problema. Isso é porque nós não vemos cada letra isolada, mas a palavra como um todo. Só de boa.

# Ou como este texto...

- 35T3 P3QU3N0 T3XTO 53RV3 4P3N45 P4R4 M05TR4R COMO  
NO554 C4B3Ç4  
CONS3GU3 F4Z3R CO1545 1MPR3551ON4ANT35! R3P4R3  
N155O! NO COM3ÇO 35T4V4  
M310 COMPL1C4DO, M45 N3ST4 L1NH4 SU4 M3NT3 V41  
D3C1FR4NDO O CÓD1GO  
QU453 4UTOM4T1C4M3NT3, S3M PR3C1S4R P3N54R  
MU1TO, C3RTO? POD3 F1C4R  
B3M ORGULHO5O D155O! SU4 C4P4C1D4D3 M3R3C3!  
P4R4BÉN5!

# O essencial da Redundância é...

- Manter o principal significado da informação, mesmo com a ausência de parte dessa informação
- Isso significa que, mesmo extraíndo-se parte daquilo que identificamos como sendo informação, seu núcleo (significado principal) continua sendo mantido
  - Essa é efetivamente a INFORMAÇÃO que temos

# Nós usamos redundância sim!

- Exemplo: MSN
- Pq vc ñ qr ir c agt pro bar?
- Vc tb pdia fzer o trab né?
- Oi, ker tc?

# Métodos de compressão de informação

- Existem diversos métodos de compressão de informação.
- O que resta depois de comprimir um texto é um núcleo que não pode ser mais comprimido.
- Esse núcleo é a “informação”

# Uma primeira forma de quantificar a informação

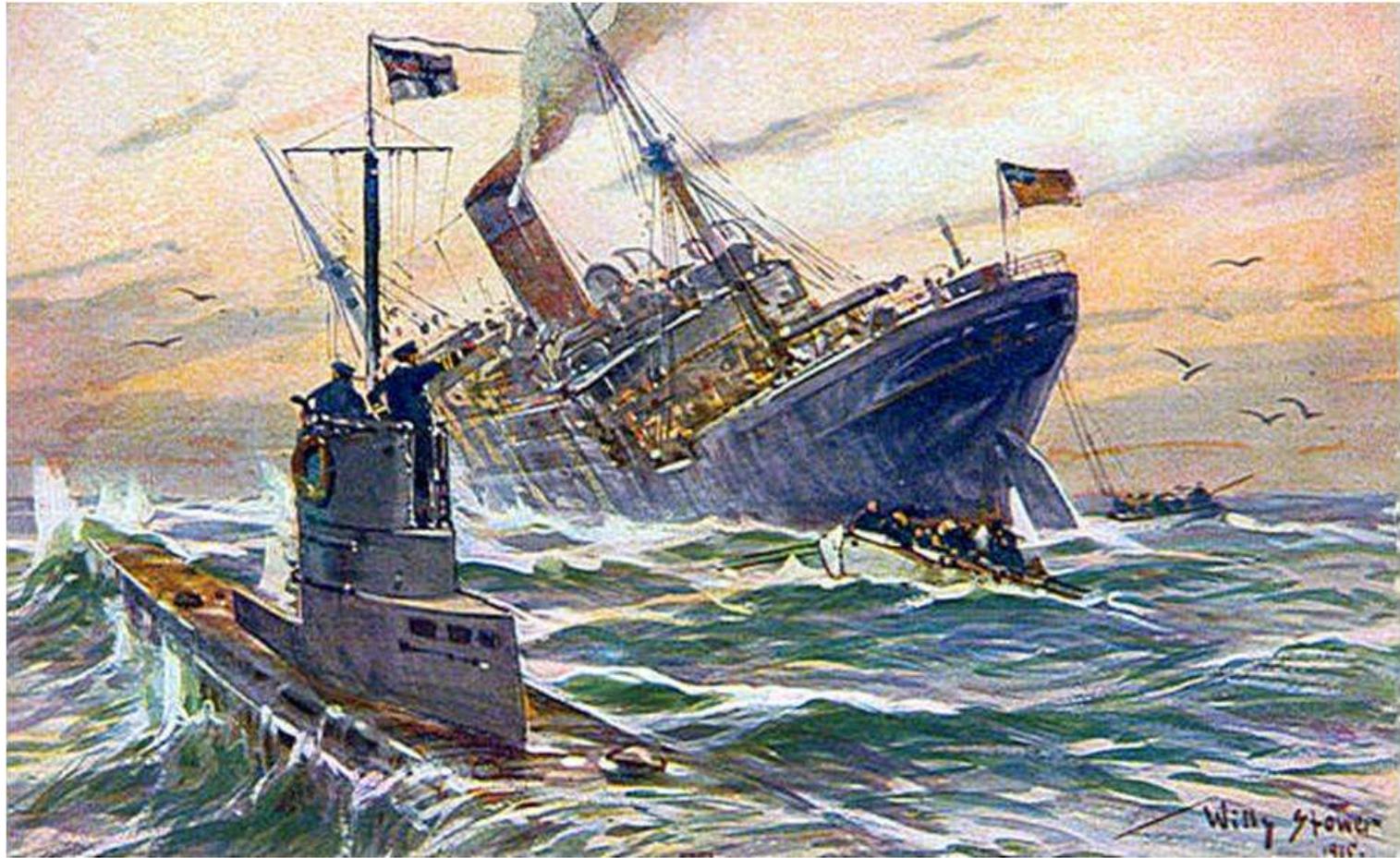
- Informação é aquilo que sobra num mensagem depois de eliminar a redundância.



# Parte 3



# Il Guerra na Europa “U-boats”



# Enigma

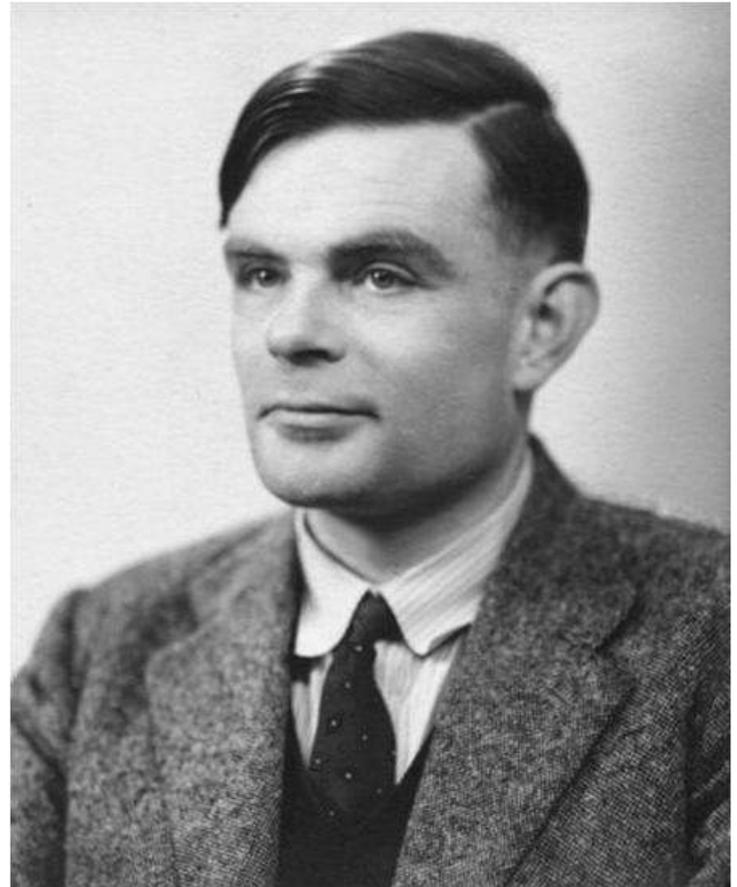


- O alemão Arthur Scherbius inventou a máquina para cifrar mensagens “Enigma”
- $3 \times 10^{114}$  configurações diferentes.
- Cada átomo do universo tentando um trilhão de combinações por segundo desde o início do universo
- Exemplo: algoritmo de criptografia “Vickings”



# Turing e seus colegas de Blethley quebraram o código do Enigma

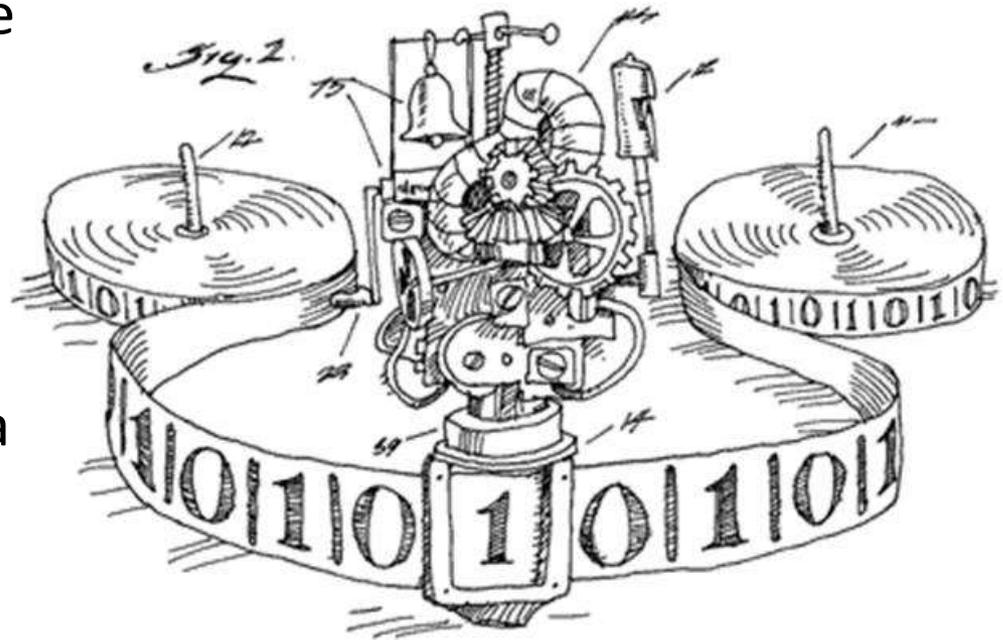
- Todas as letras eram trocadas de cada vez
- Enigma nunca deixava nenhuma letra sem trocar
- Permitiu a destruição dos “U-boats” e o fim da guerra.



# Máquina teórica de Turing



- Consistia numa máquina que se mexia por uma fita sem fim.
- A máquina lia, escrevia, e apagava uns e zeros na fita.
- A máquina de Turing possuía “computabilidade universal” ou seja poderia simular a lógica de qualquer algoritmo computacional.

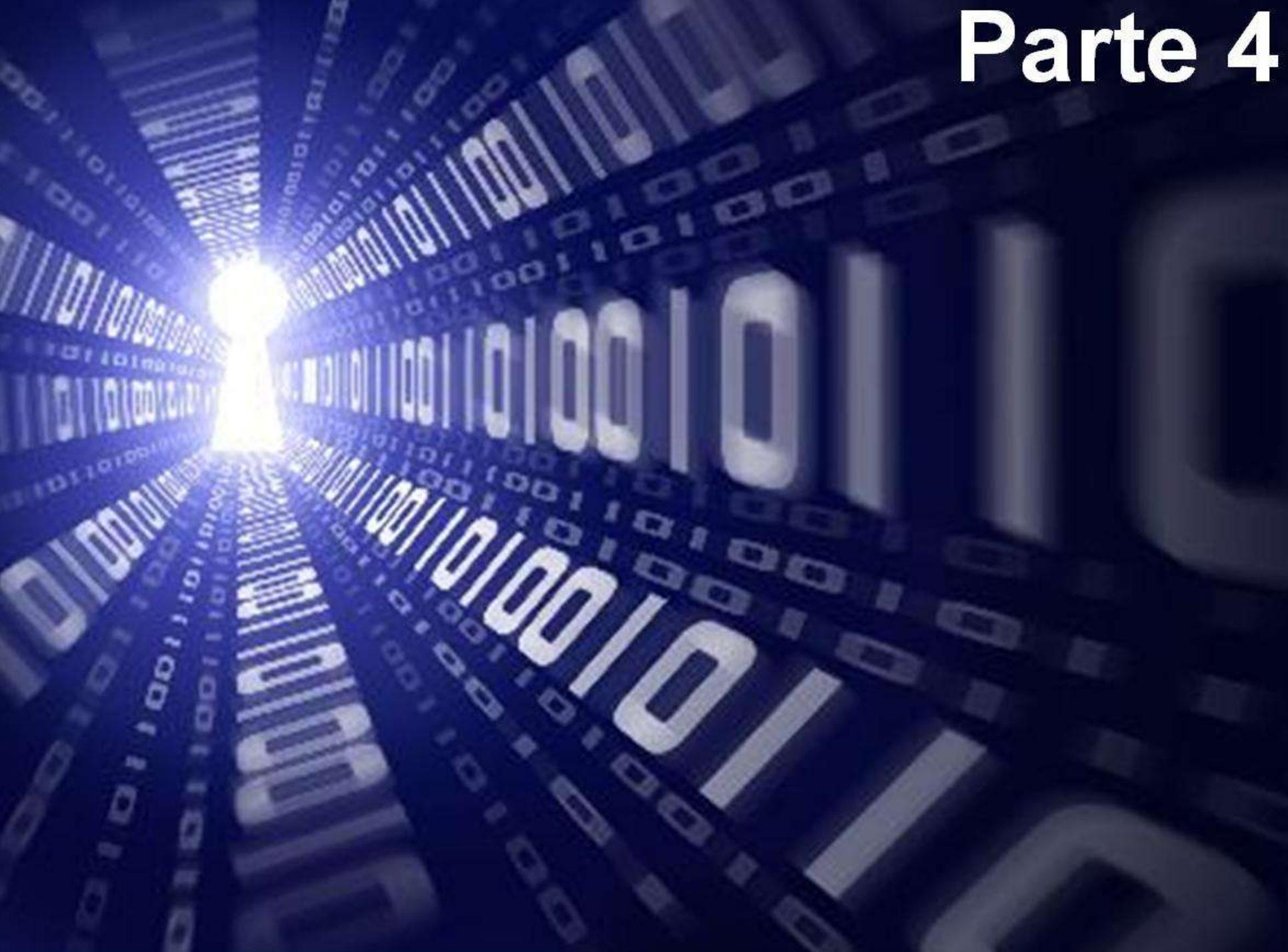


# A Criptografia aliada fez terminar a II Guerra e começou a era da informação

- Turing contribuiu para a II Guerra Mundial acabar
- Mas suicidou-se por causa da discriminação aos homossexuais.



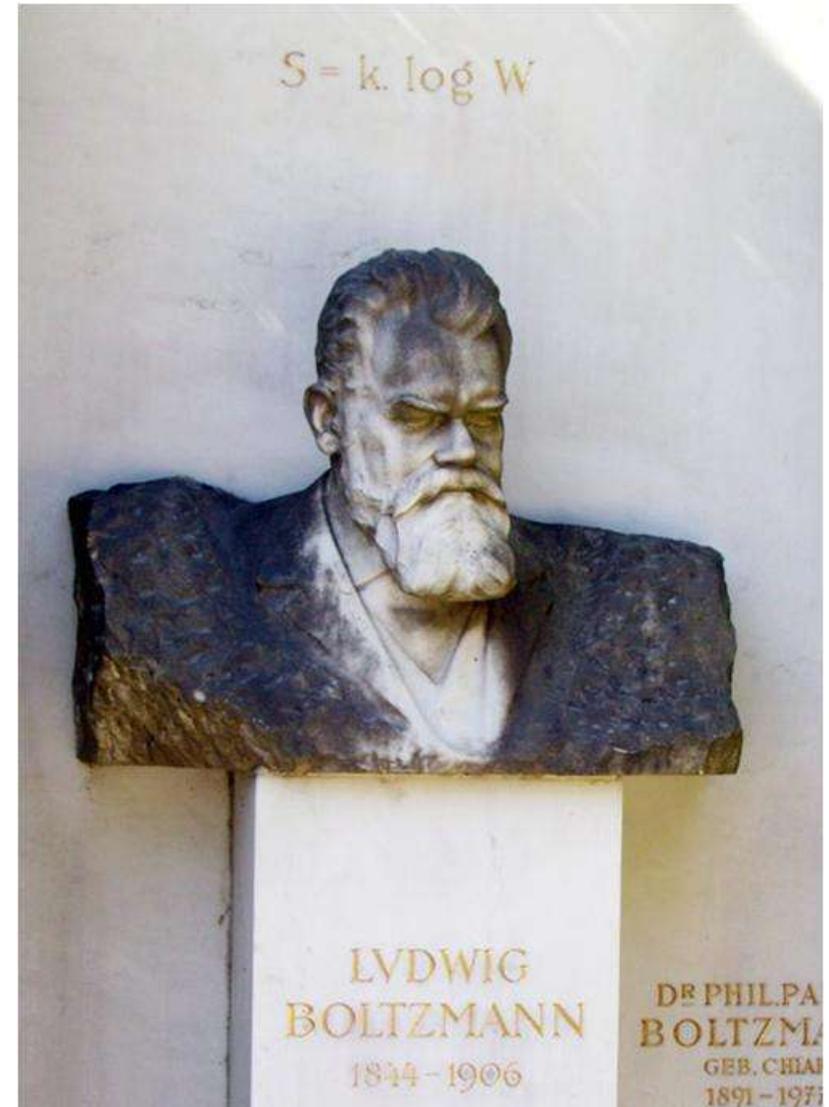
# Parte 4



# A termodinâmica

# Boltzmann o pai da termodinâmica e da teoria da informação

- Inscrição no túmulo de Boltzmann
- As bases da teoria da informação estão nos estudos da termodinâmica.



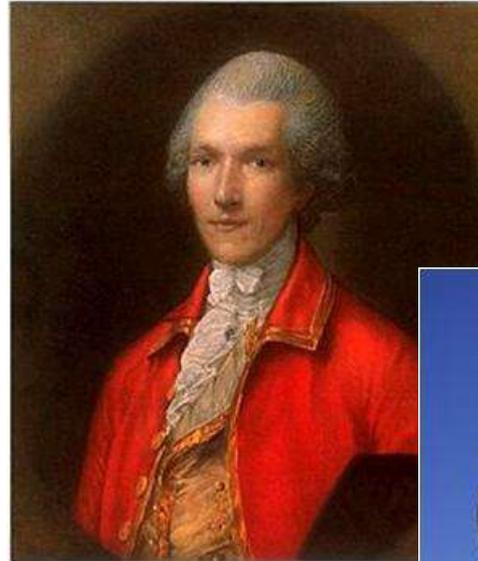
# Lavoisier

- Descreveu os elementos químicos e a lei de conservação da matéria
- Mas errou quando falou do elemento chamado “calórico”.
- Grande pesquisador.



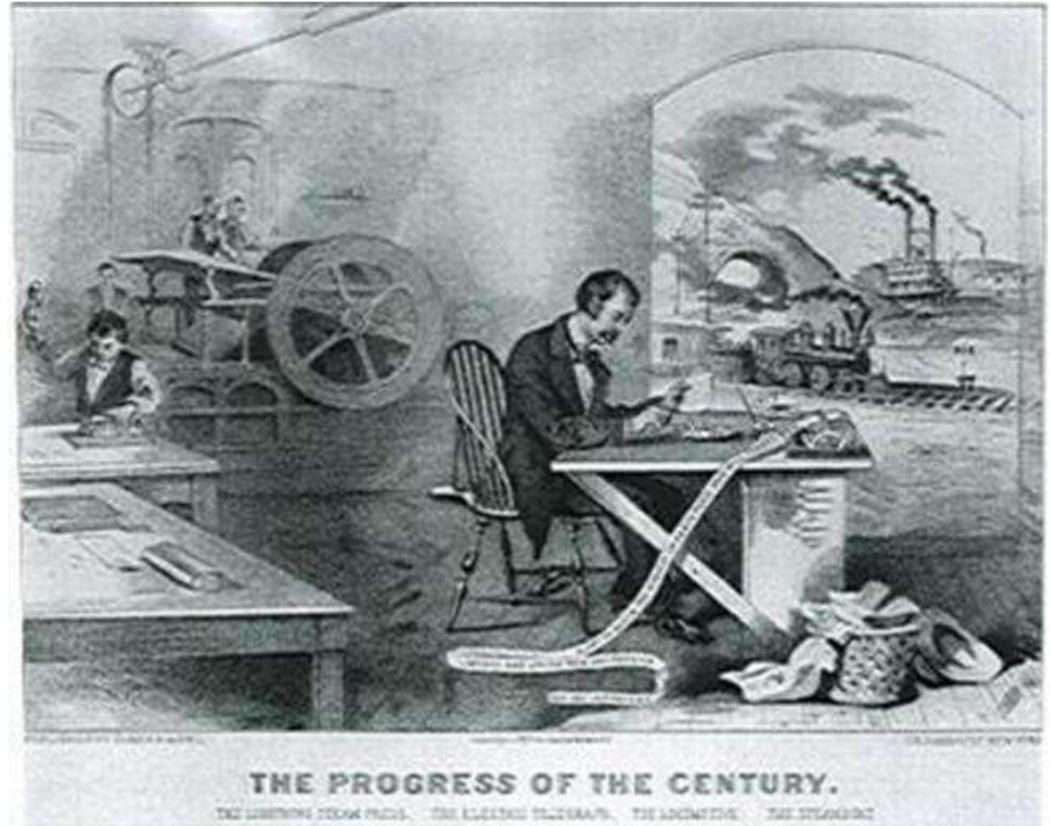
# Benjamim Thompsom

- A viuva de Lavoisier casou com Benjamim Thompsom
- Thomson descobriu a equivalência de trabalho e calor.

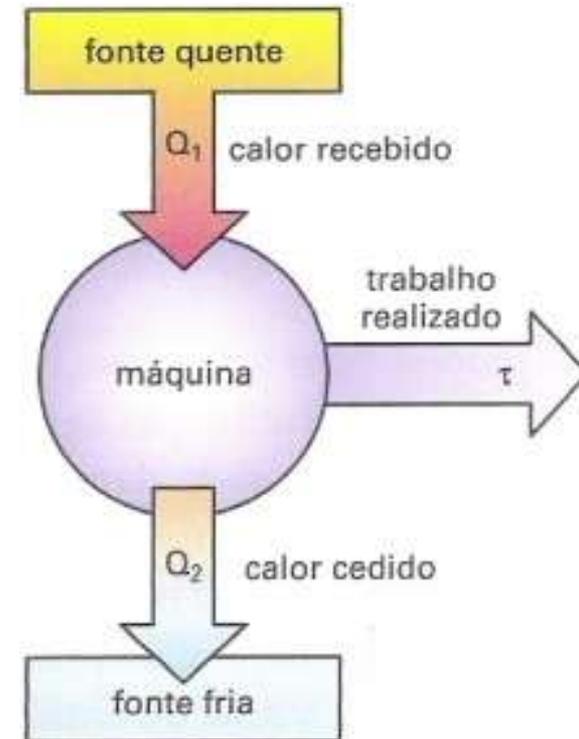


# Revolução Industrial

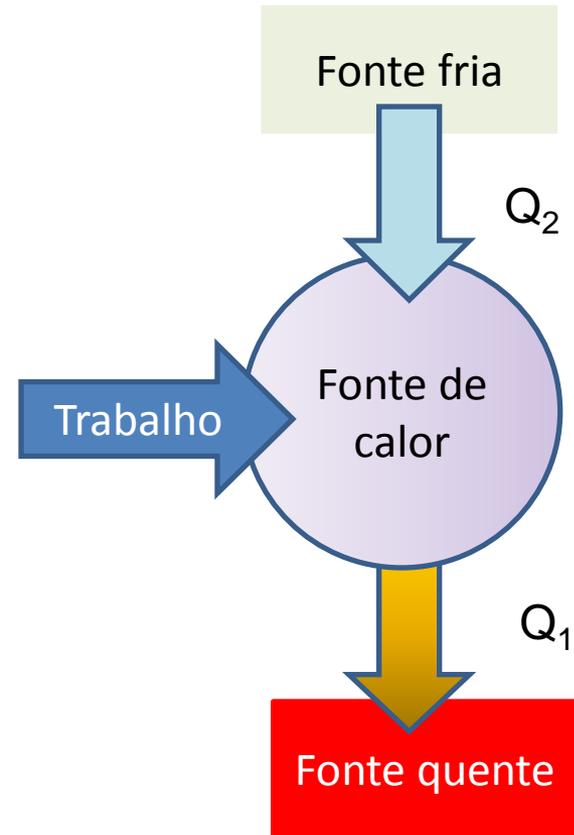
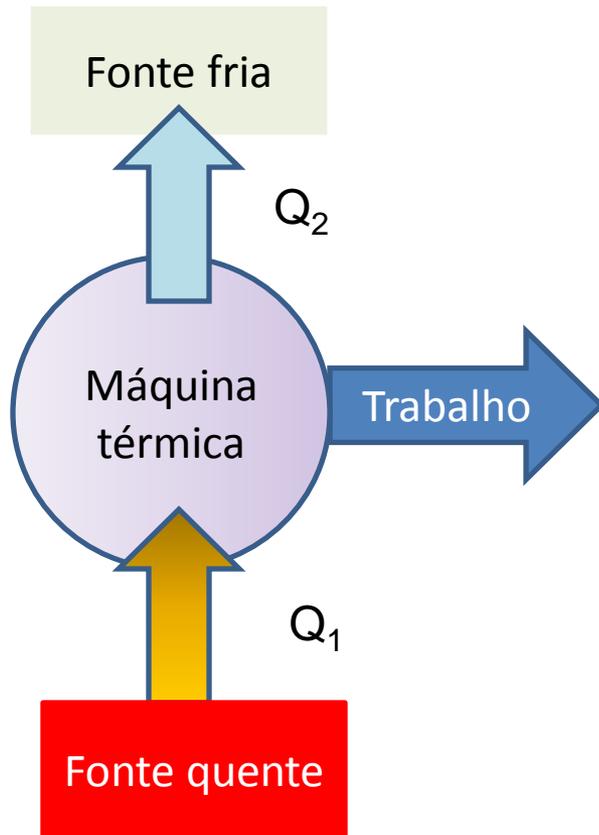
- 1769 Watt inventou máquina de vapor.
- Pesquisa para aumentar eficiência das máquinas.

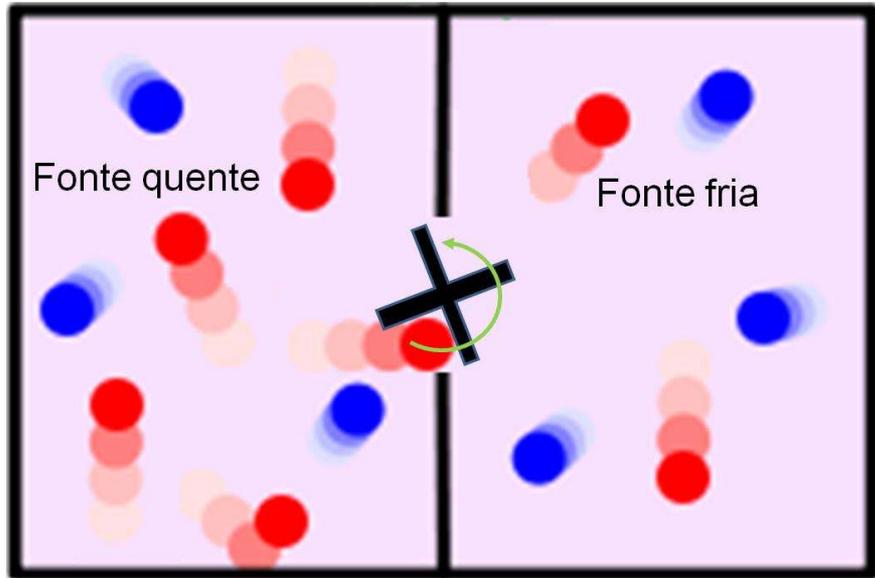
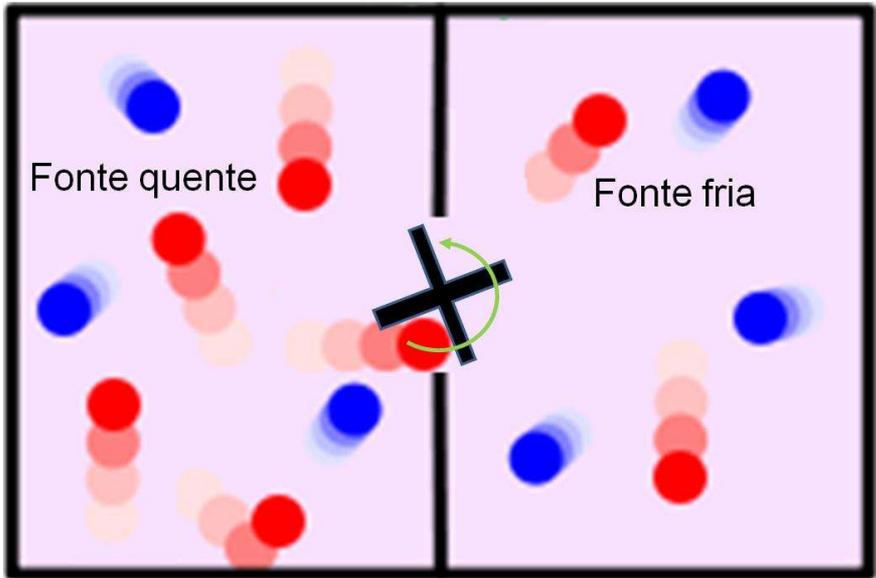


# Máquina térmica de Carnot

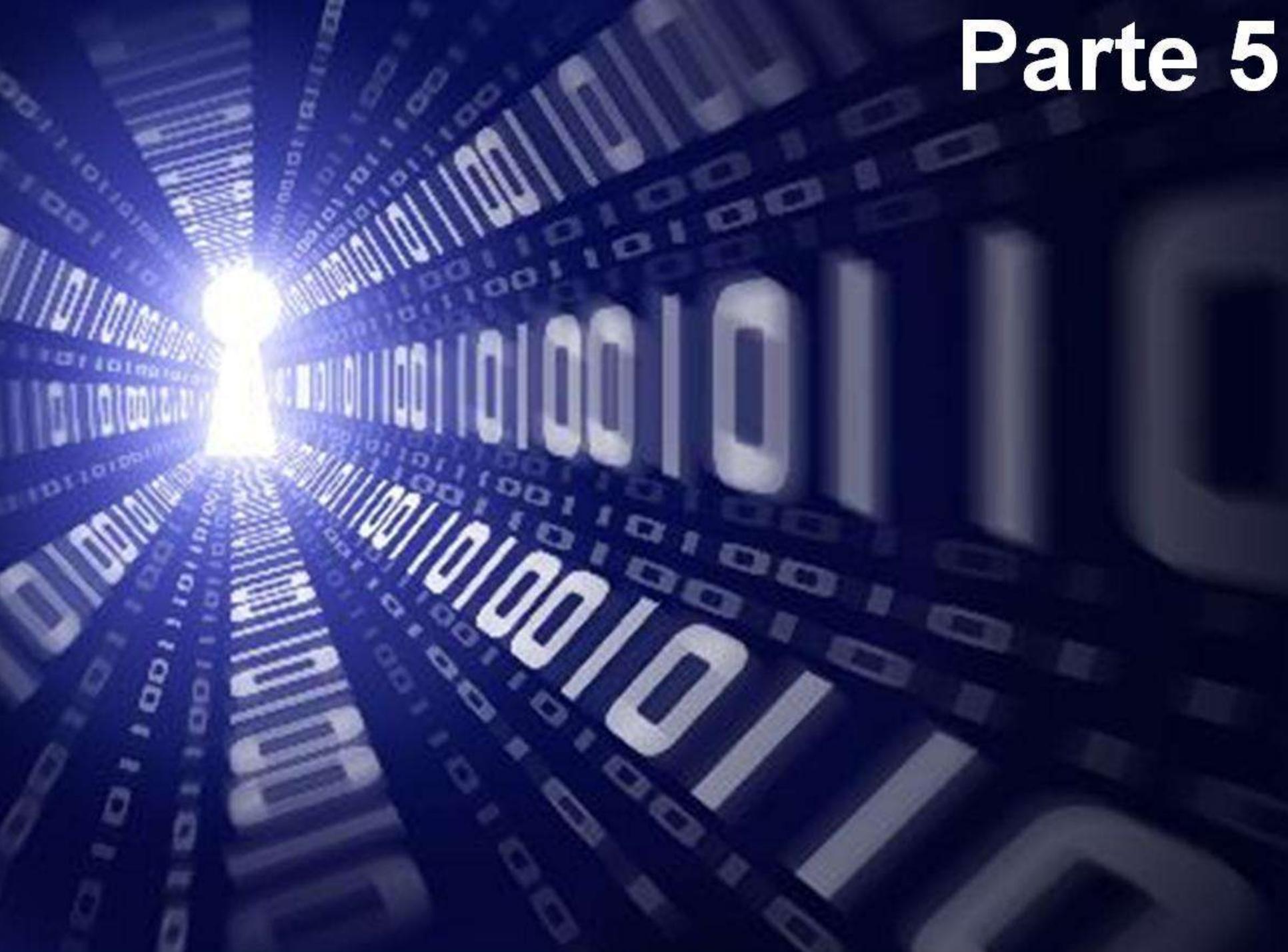


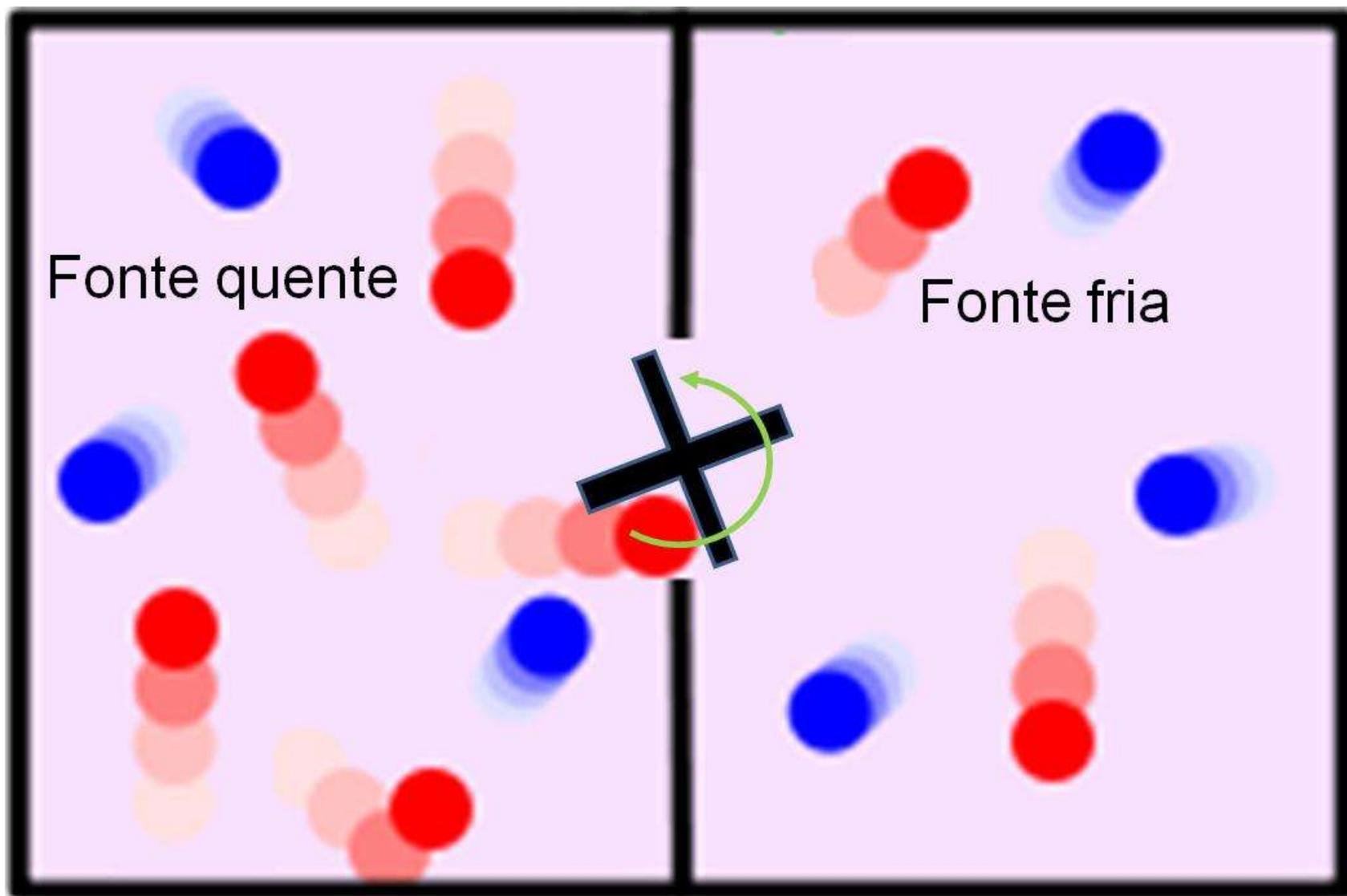
# Máquinas térmicas e fontes de calor

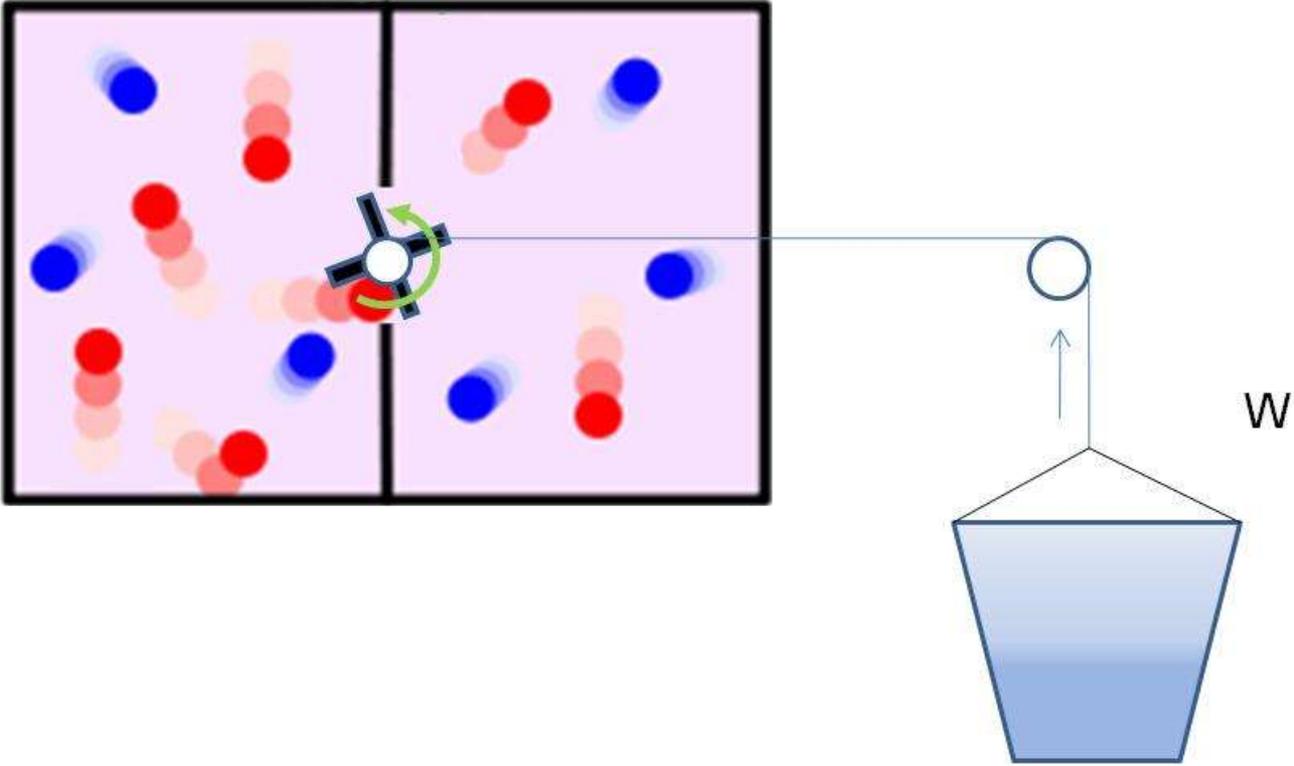




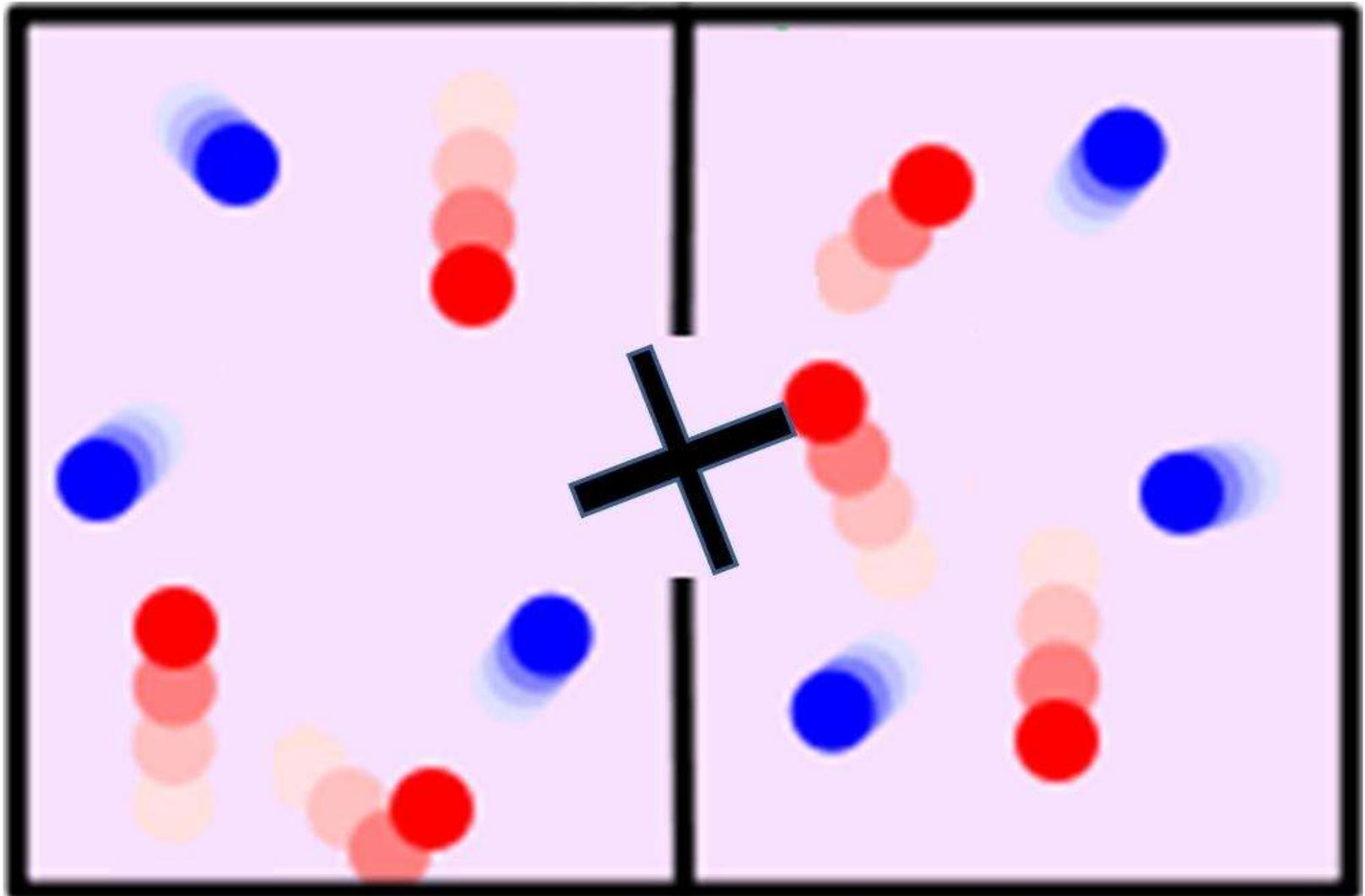
# Parte 5





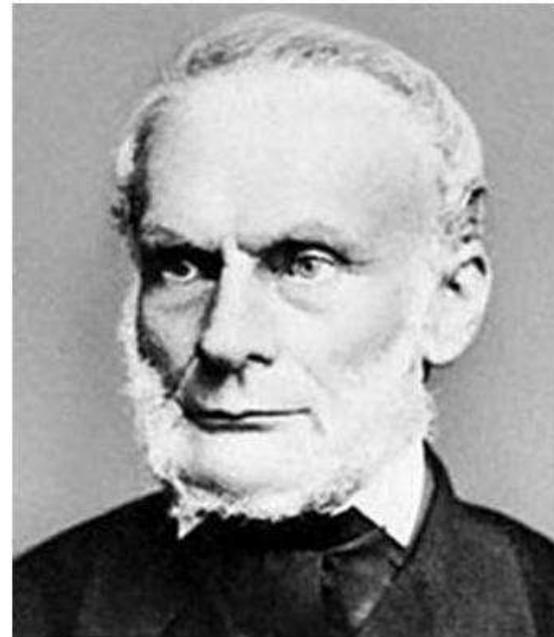


# Equilíbrio termodinâmico



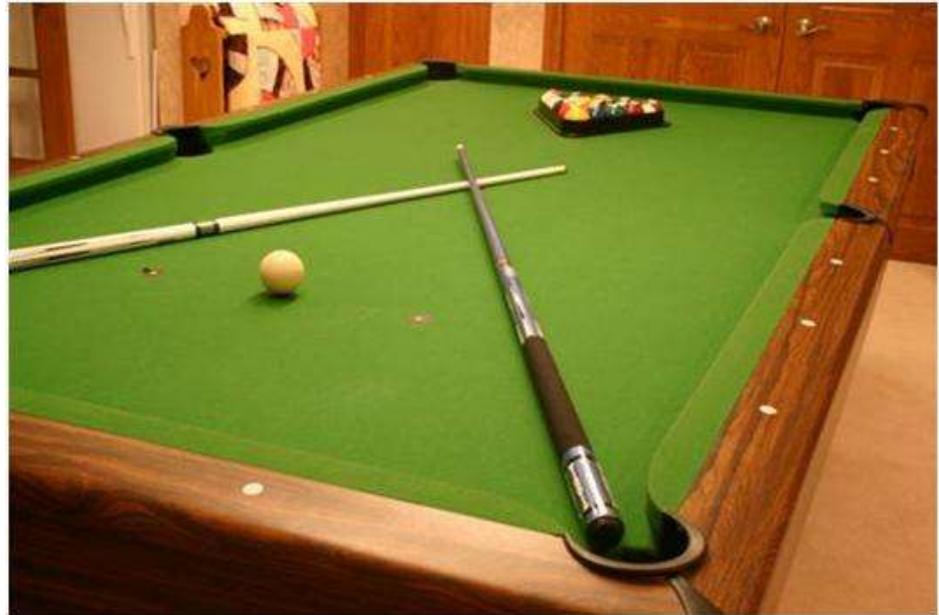
# Rudolf Clausius

- É impossível deter a tendência ao equilíbrio termodinâmico do universo (1860)
- Em outras palavras “A entropia sempre tende a aumentar”



# Entropia do universo cresce

- Metáfora da sinuca.

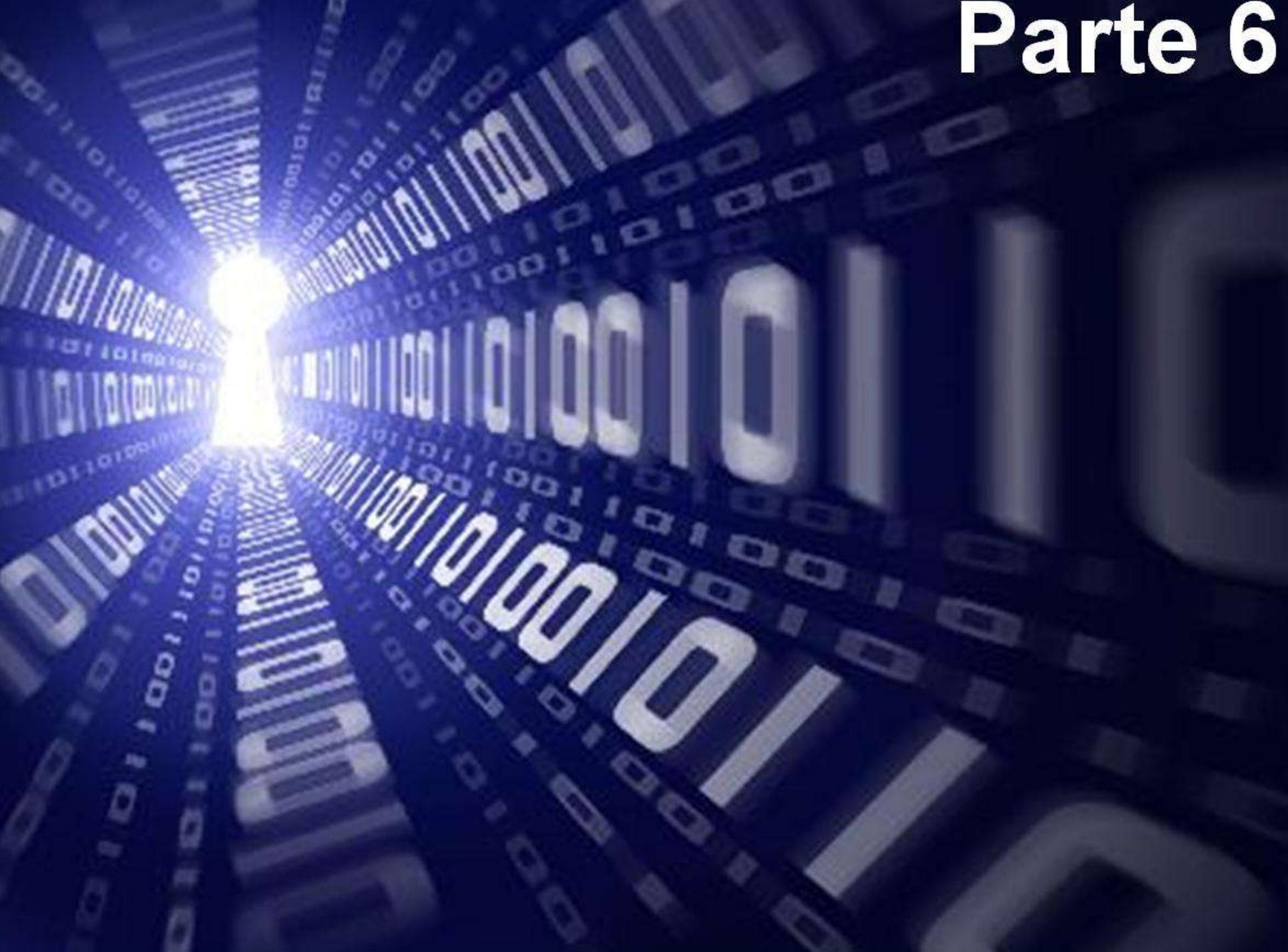


O tempo evolui na mesma direção  
da entropia



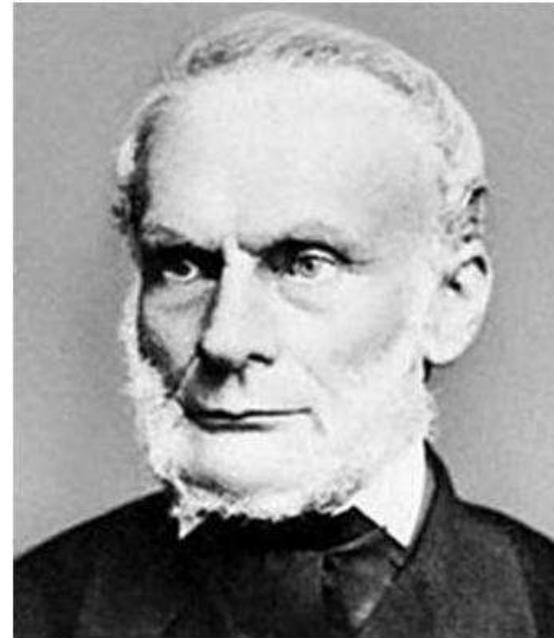


# Parte 6

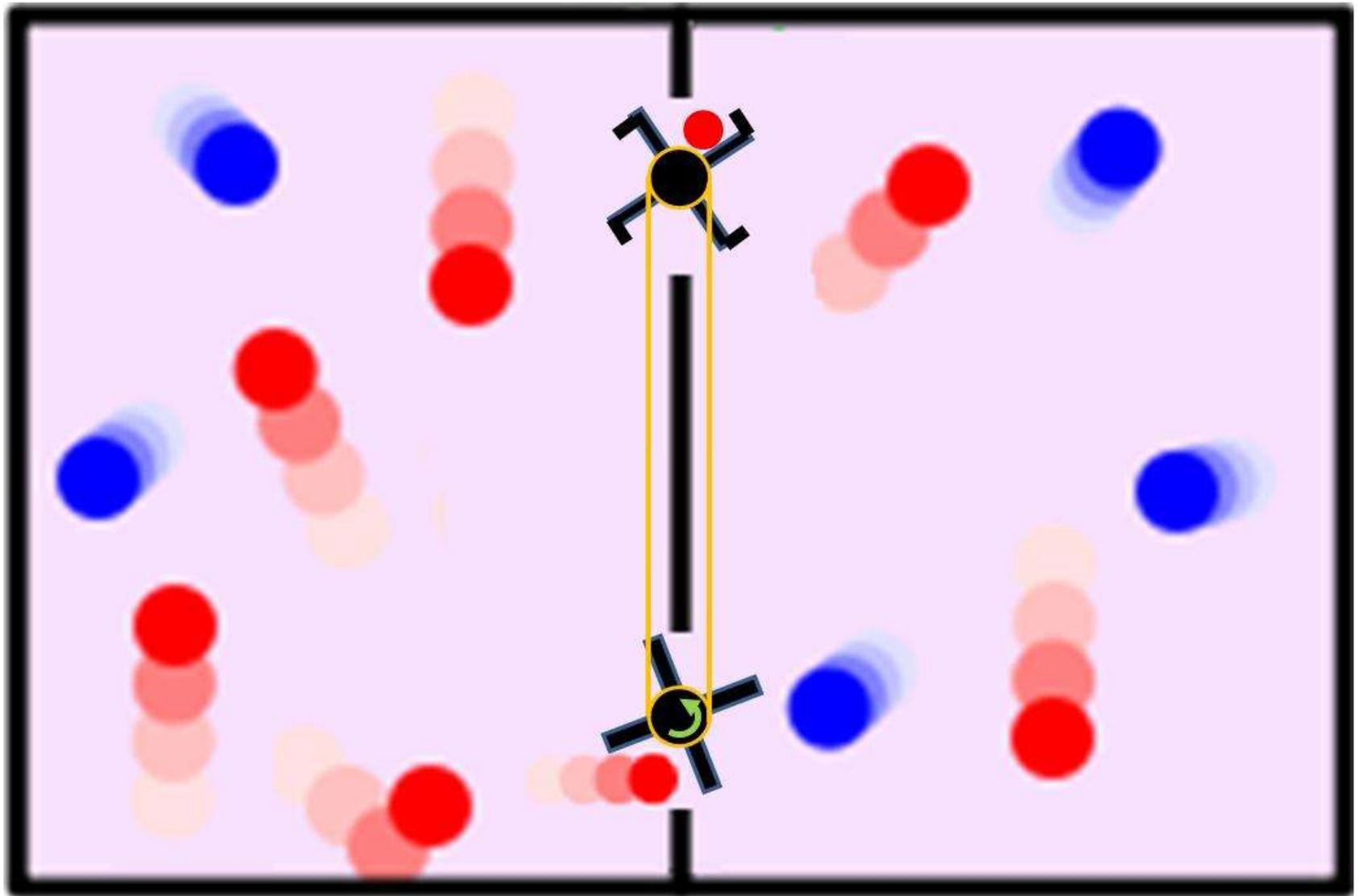


# Rudolf Clausius

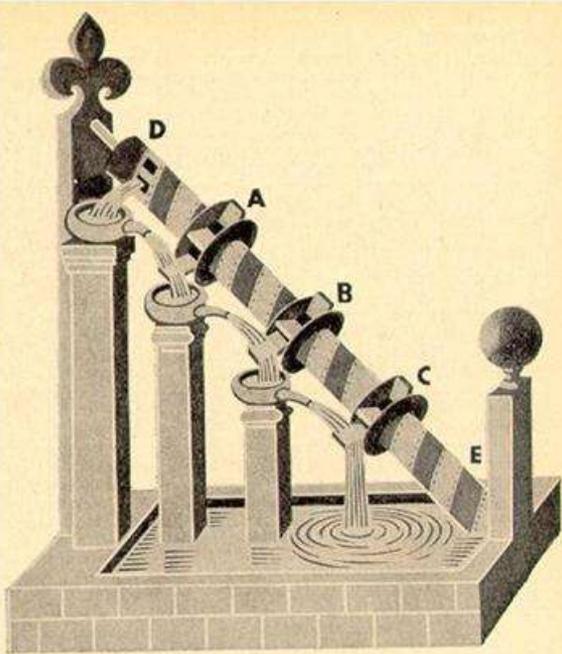
- È impossível deter a tendência ao equilíbrio termodinâmico do universo (1860)
- Não existe a “supermáquina”



# Máquina perpétua (supermáquina)

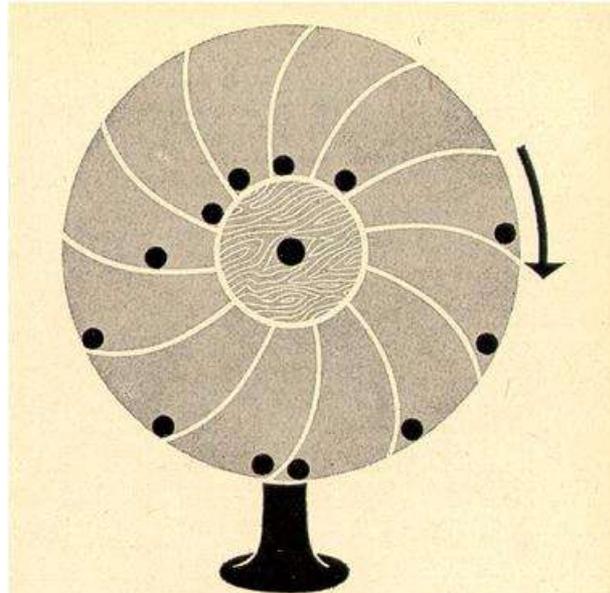


# Não existe o perpetuum mobile



Perpetuum mobile med vann som drivkraft.

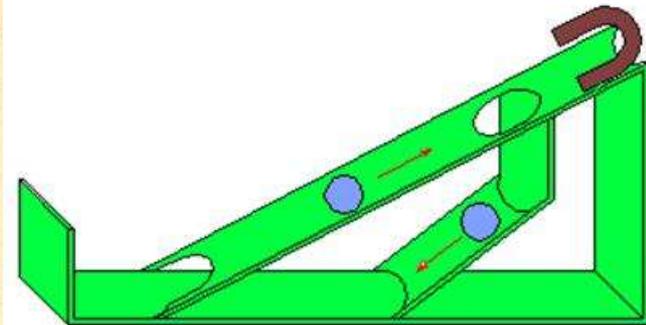
En tanke som stadig dukker opp: et vannhjul driver en innretning som igjen bringer vannet opp i høyde, og vannet driver igjen vannhjulet. På denne tegningen blir vannet ført opp med en arkimedisk skruve DE som er innelukket. For at vannet skal bli mest mulig utnyttet er det tre vannhjul ABC på den arkimediske skruven. Virker det? For å overvinne friksjonen bruker vannhjulet mer vann enn skruven kan befordre. Tross de tre vannhjulene stopper det hele.



Perpetuum med kuleløp.

Hjulet skal dreie med urviseren. I de krumme banene triller kulene på den ene siden inn, på den andre ut. Leonardo da Vinci tumlet med dette problemet, men alt i år 1500 skriver han ved siden av tegningen «går ikke».

Kan du forklare hvorfor det ikke går?



# 2ª ley da termodinâmica

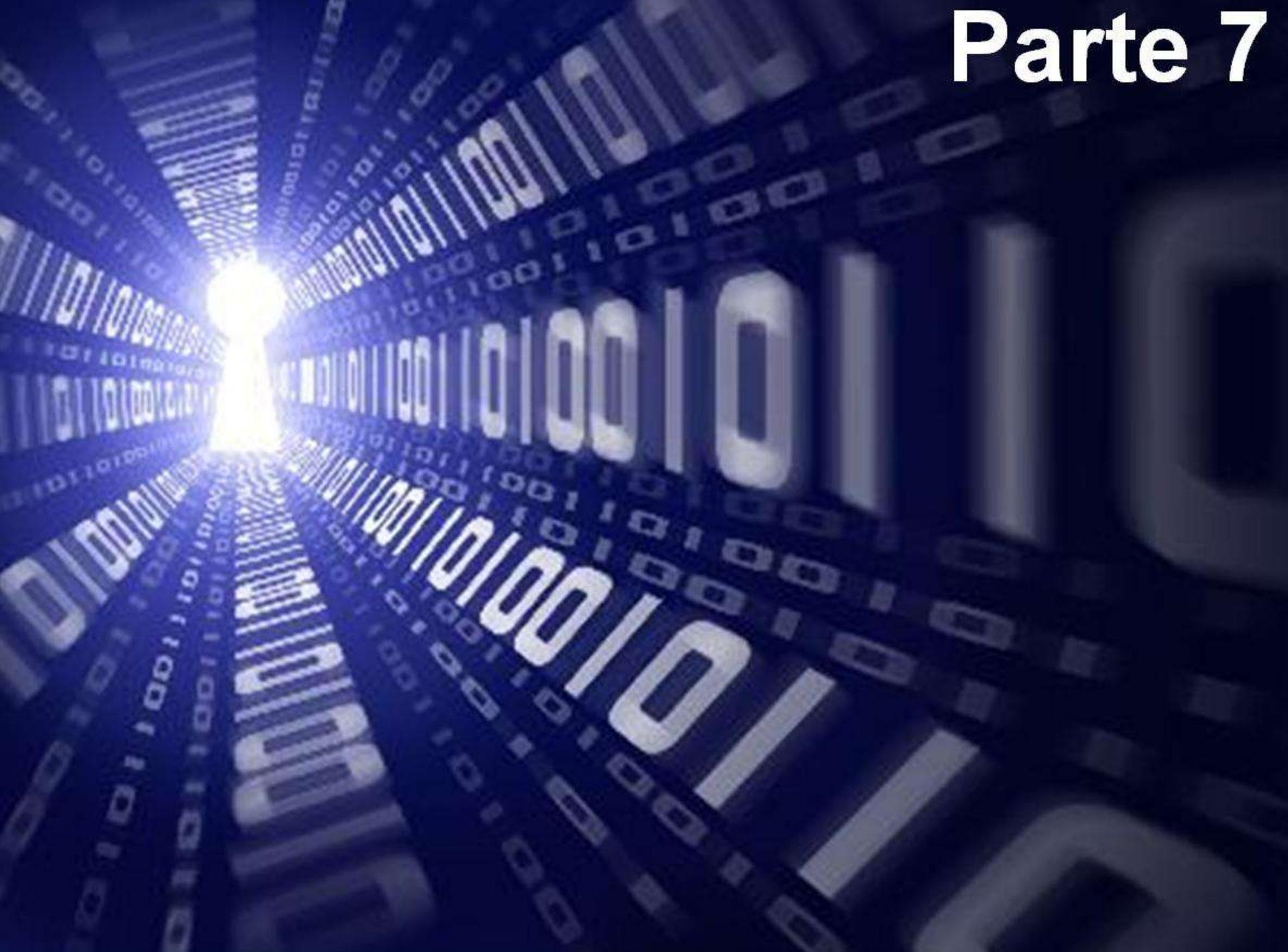
- Entropia mede o equilíbrio termodinâmico
- Maior equilíbrio termodinâmico equivale a maior entropia.
- A 2ª lei da termodinâmica estabelece que "A quantidade de entropia de qualquer sistema isolado termodinamicamente tende a incrementar-se com o tempo, até alcançar um valor máximo"

# Entropia = desordem?



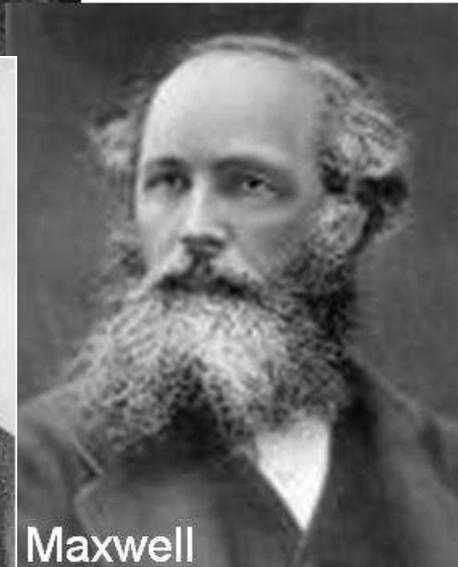
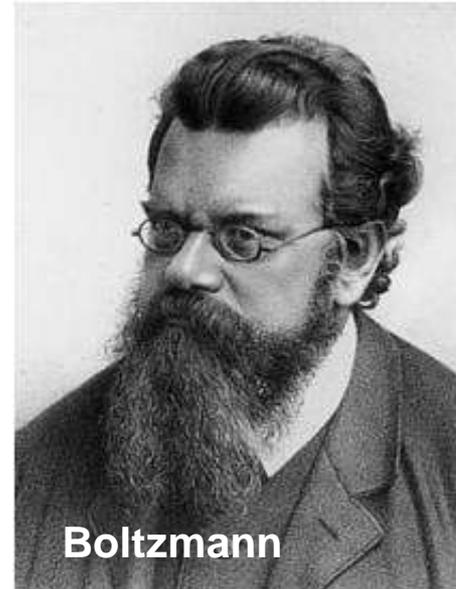
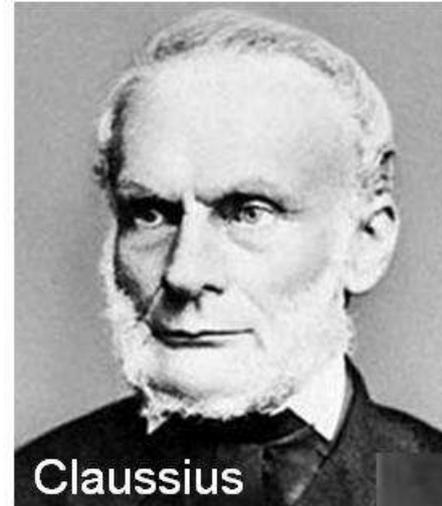
- O conceito de ordem ou desordem é subjetivo.
- Um conceito subjetivo não pode ser usado como medida

# Parte 7

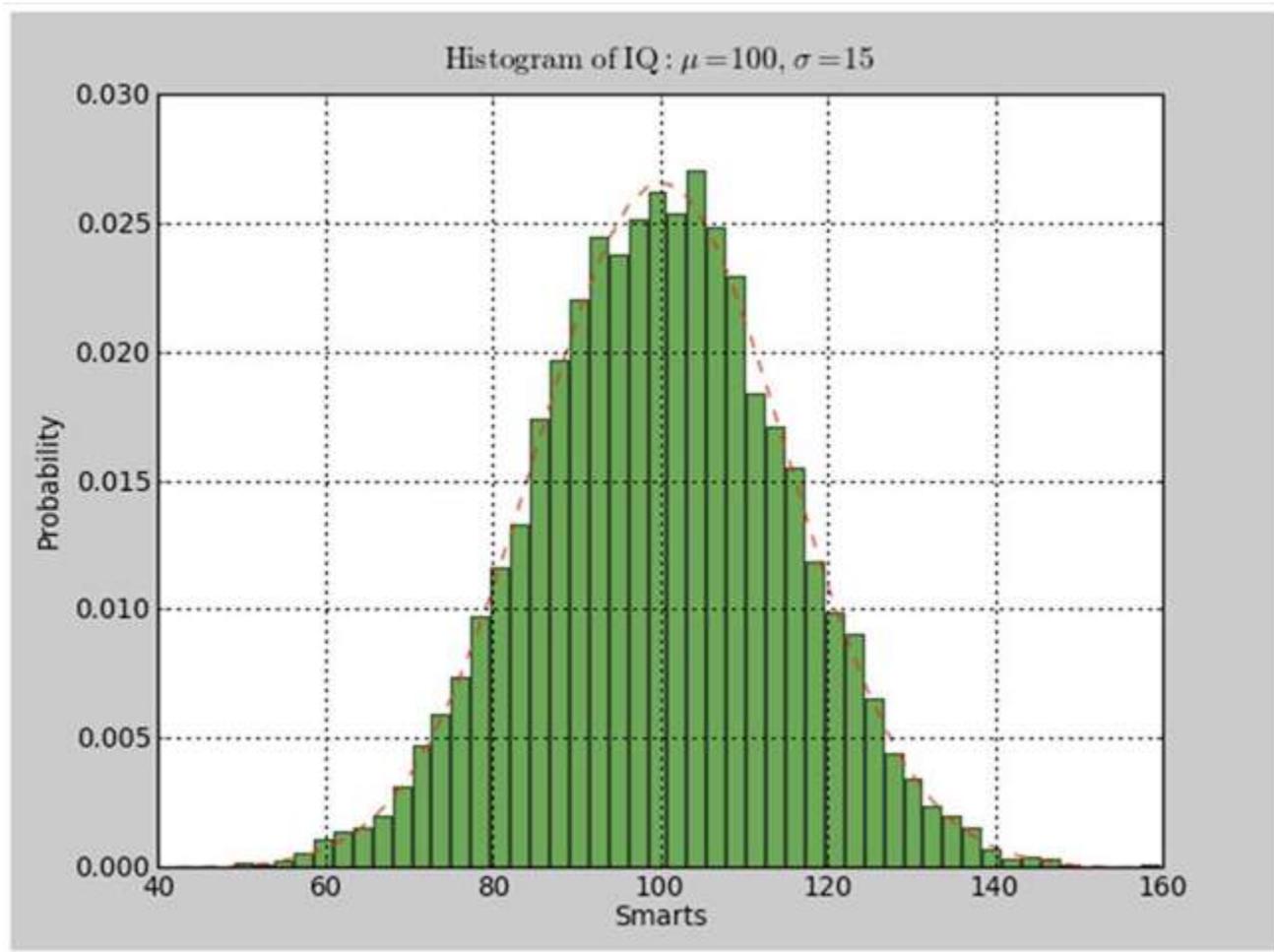


# Distribuição de velocidades dos átomos num gás

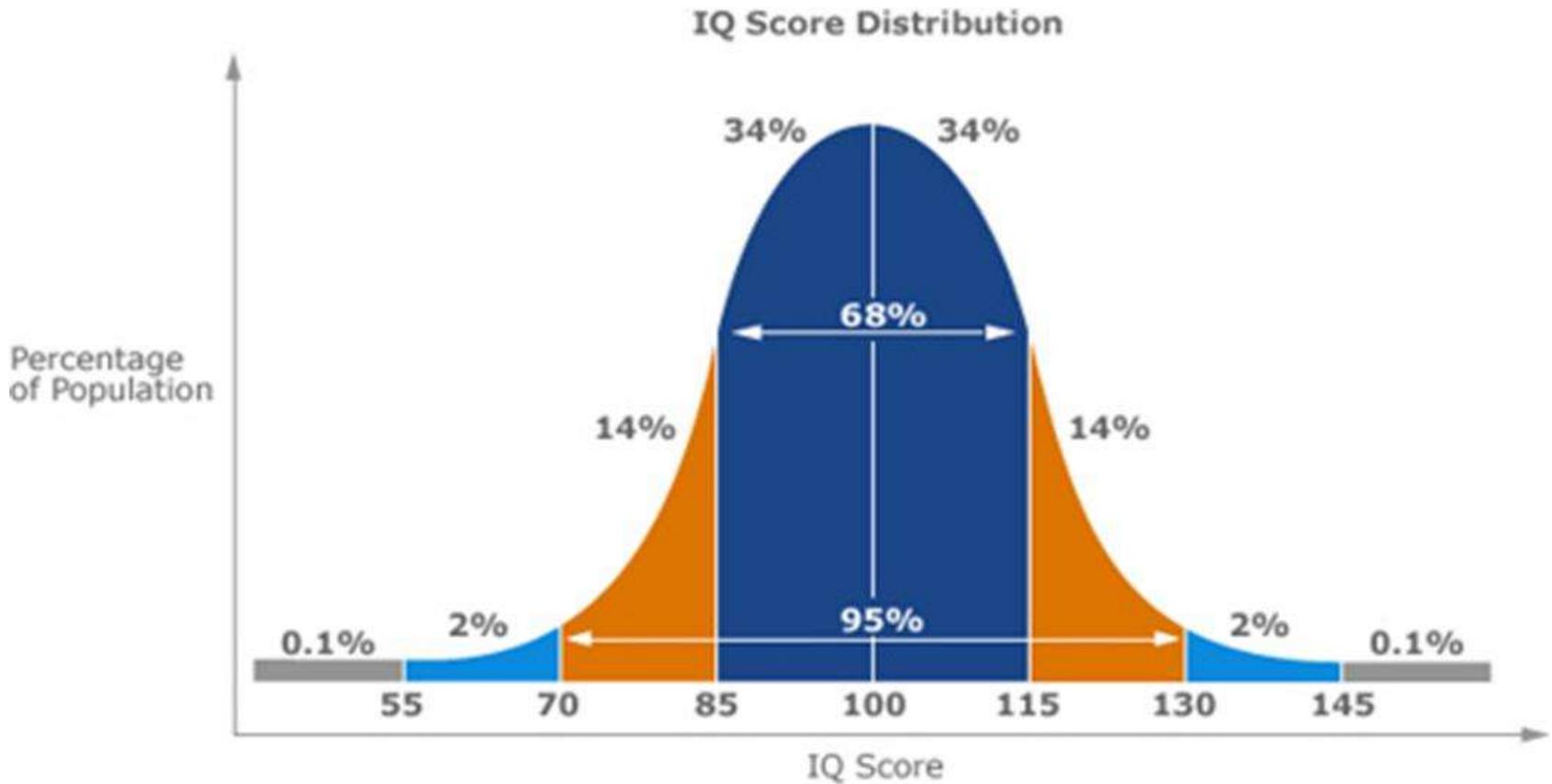
- Quanto mais quente está um gás maior é a velocidade dos átomos do mesmo.
- Segundo Claussius: “Todos os átomos de um gás movimentam-se com a mesma velocidade.
- A anterior afirmação é incorreta como Boltzmann depois demonstraria.
- Segundo Maxwell a distribuição dos átomos de um gás segue uma curva gaussiana ou curva de Bell.



# Curva gaussiana ou curva de Bell

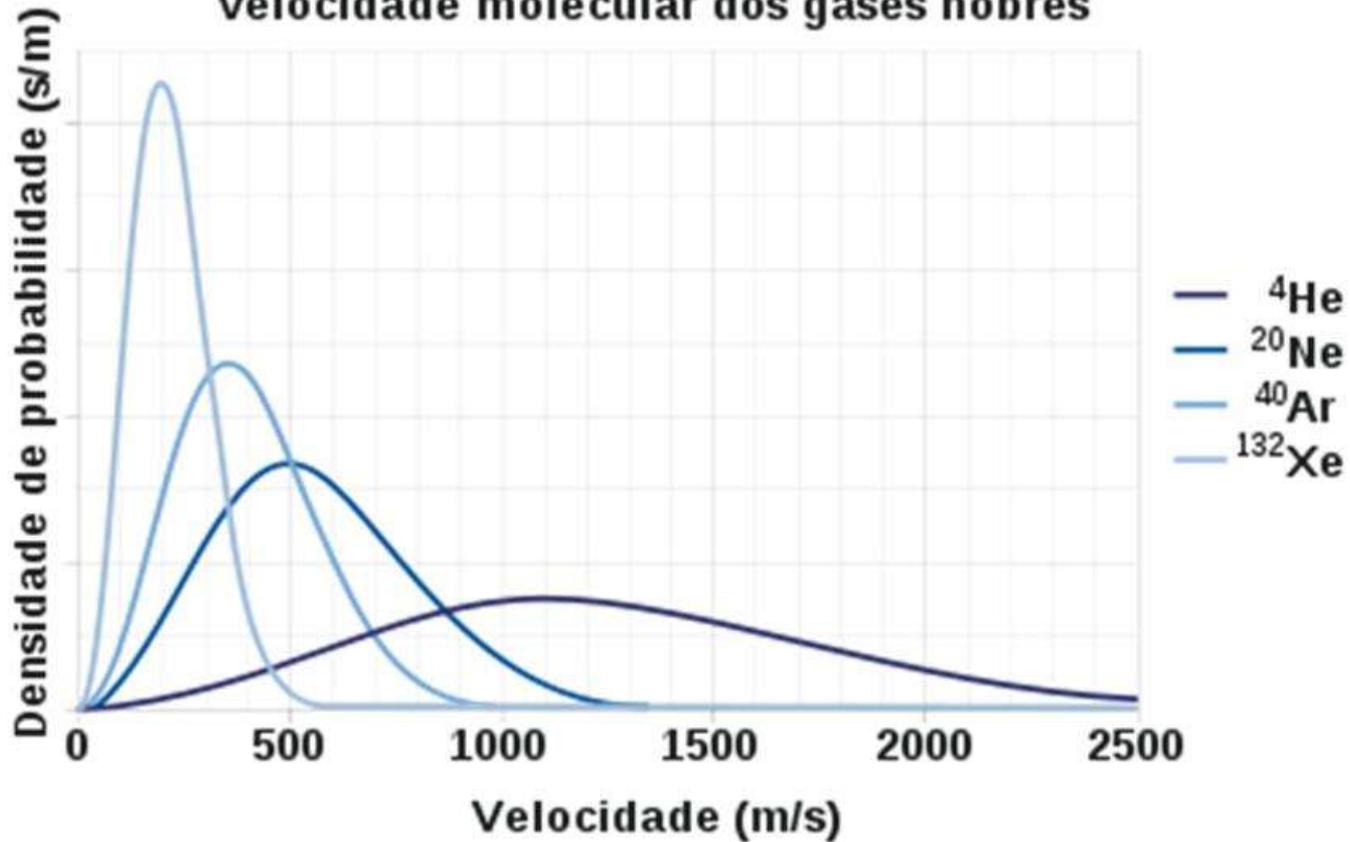


# Curva gaussiana ou curva de Bell





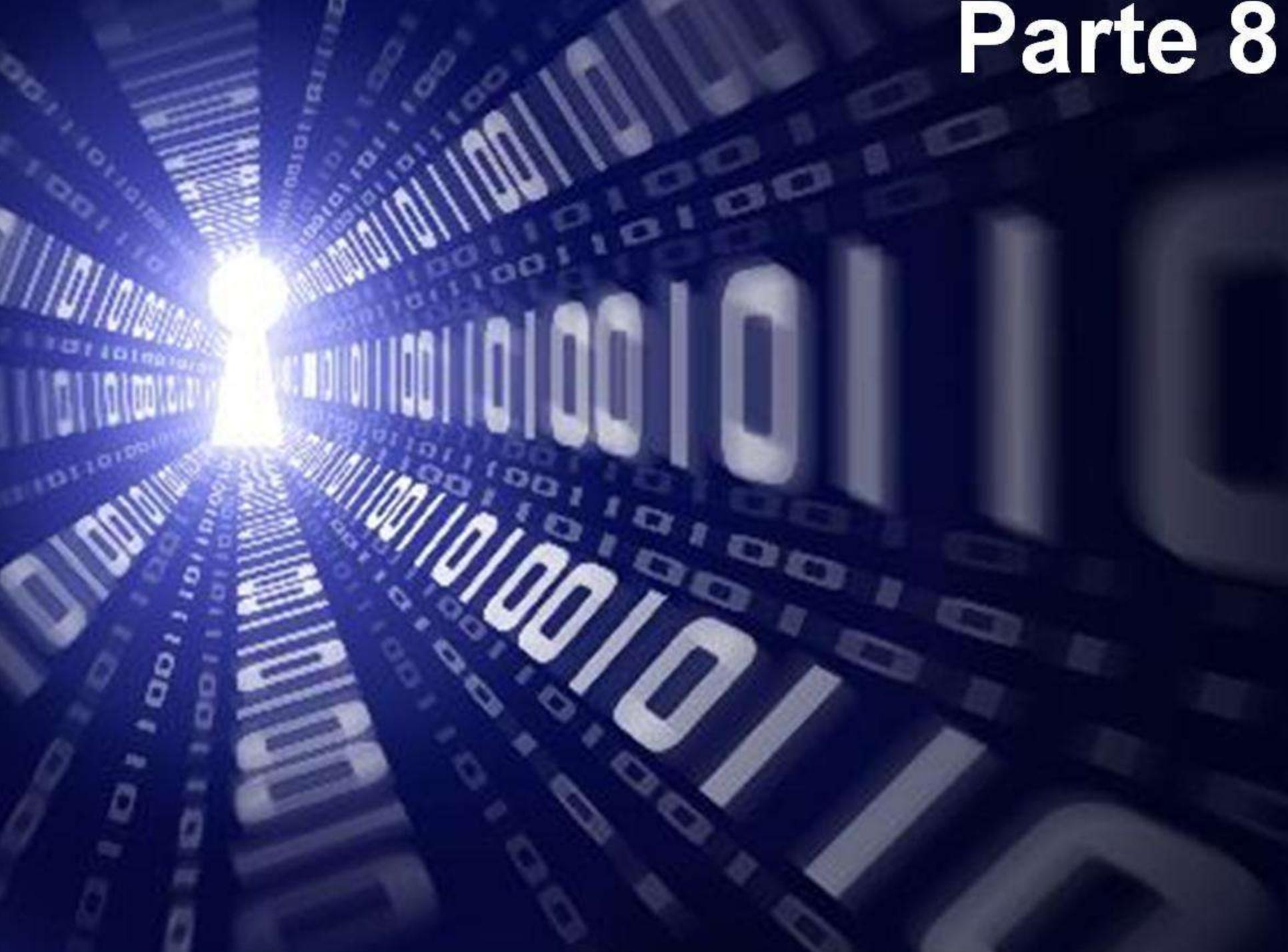
### Distribuição Maxwell-Boltzmann da velocidade molecular dos gases nobres



# Genialidade de Boltzmann

- Provou com 100% de certeza que, se as suas hipóteses eram corretas, a distribuição de maxwell-Boltzmann era a única distribuição que as velocidades dos átomos de um gás poderiam ter.
- Ele fez isto usando mecânica estatística (cálculo de probabilidades) o que não agradou aos físicos que usavam conceitos determinísticos.
- Maxwell contribuiu mostrando que as curvas ajustavam-se aos dados experimentais

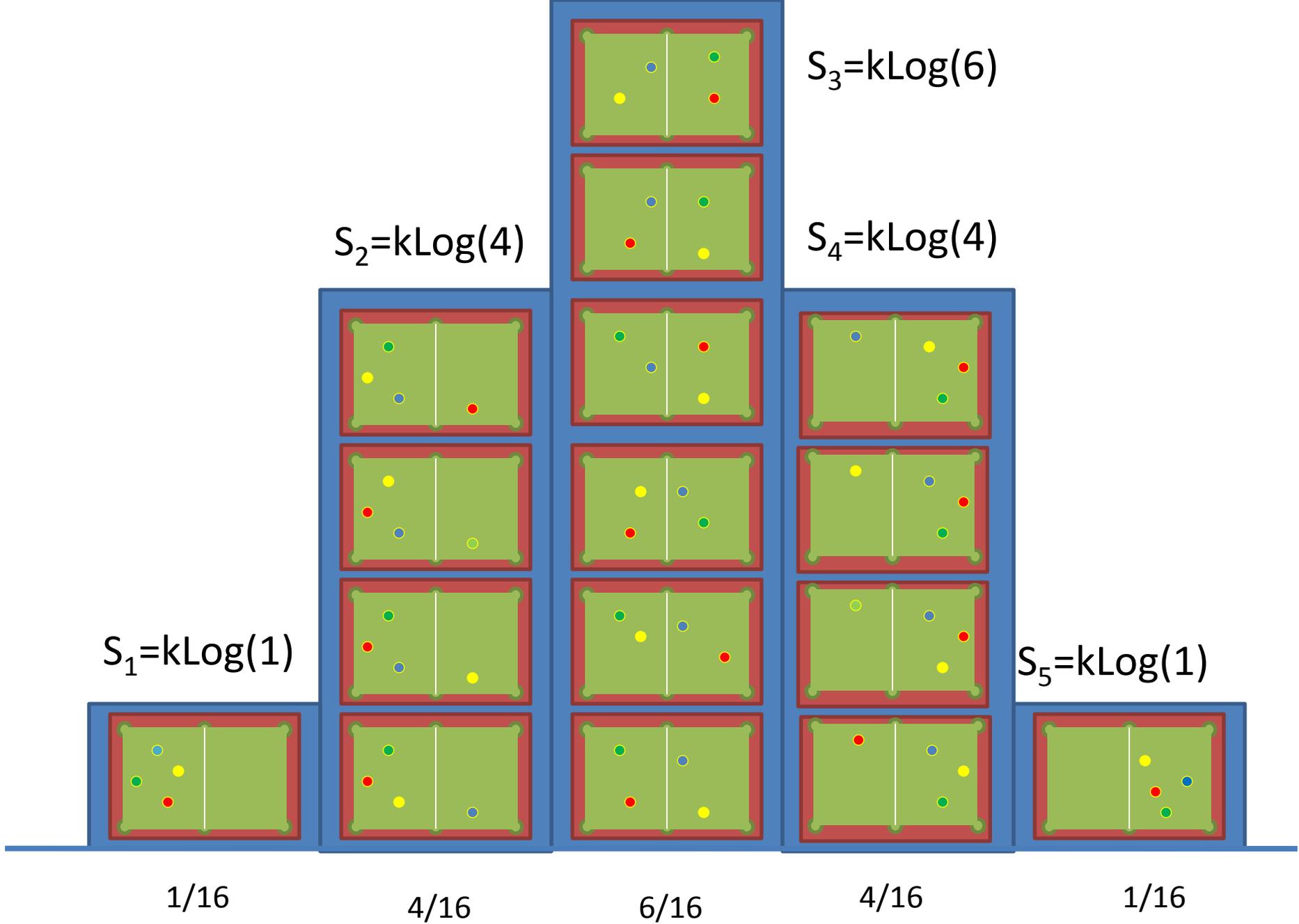
# Parte 8



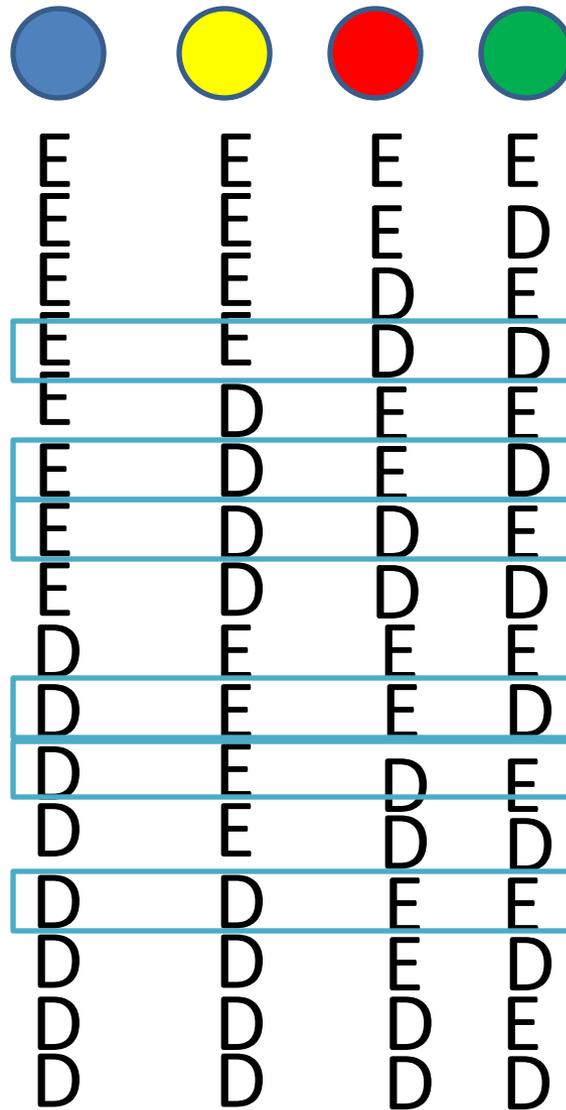
# Entropia do universo cresce

- Metáfora da sinuca.





$$S = k \log w$$



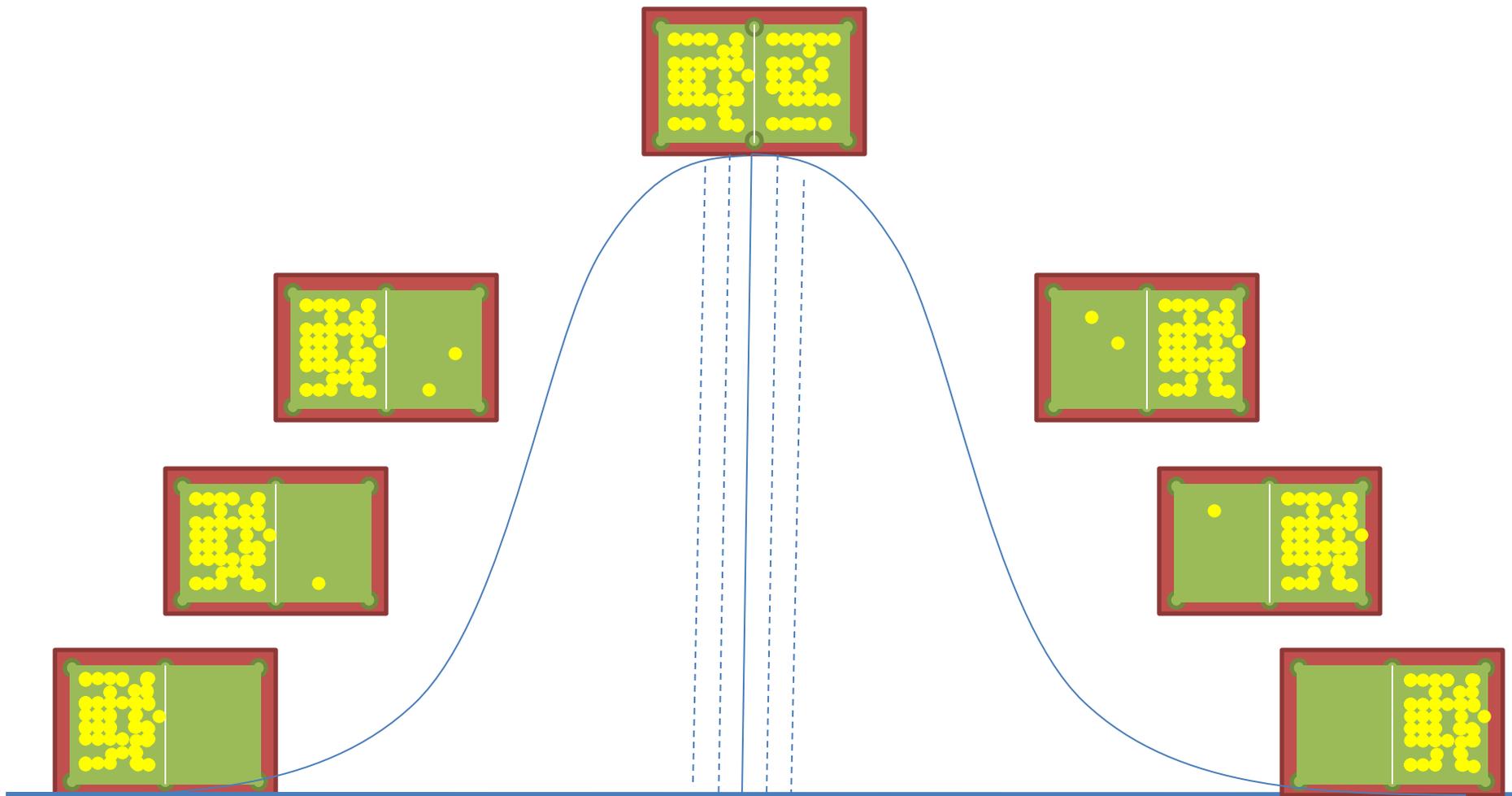
16 combinações

6 com quatro bolas na direita e quatro na esquerda

# Entropia de Boltzmann

- Quantidade de informação necessária para especificar exatamente o estado de um sistema.

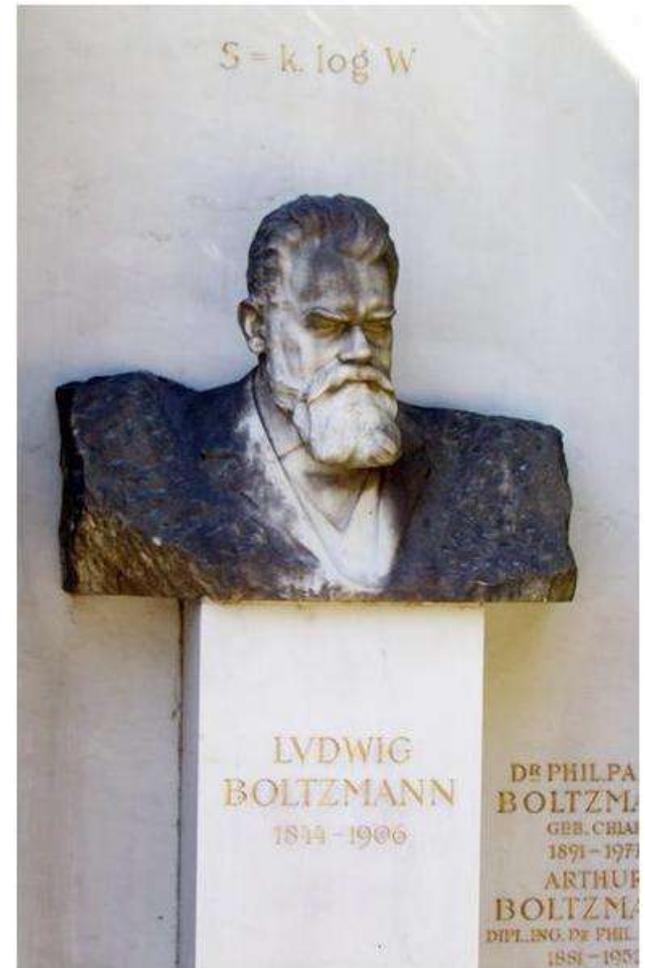
1024 bolas de sinuca



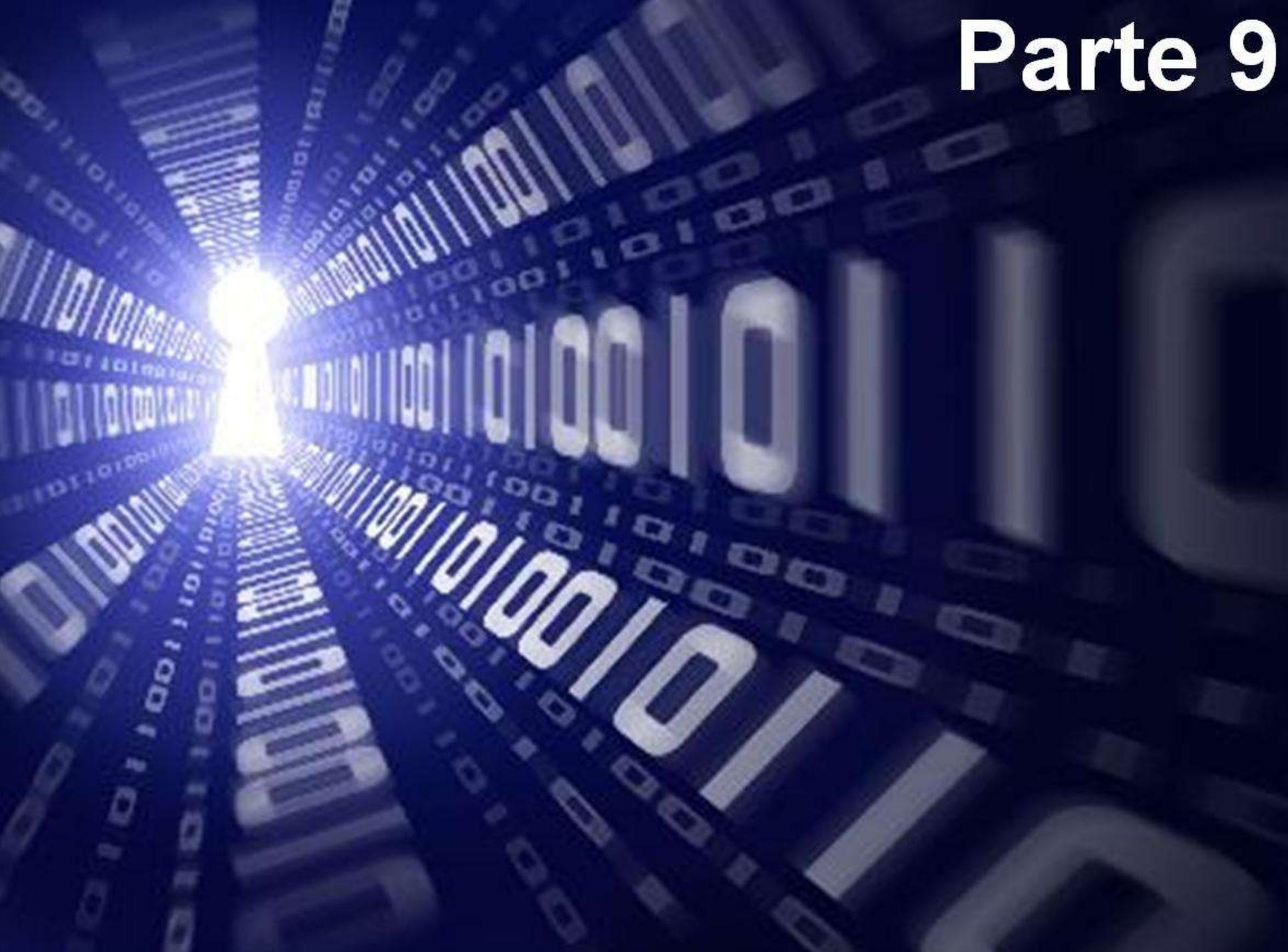
$1/10^{290}$

$$S = k \log(W)$$

- Inscrição na lápide de Boltzmann
- Os átomos de um gás encontram-se uniformemente distribuídos.
- A probabilidade de encontrar todos os átomos num só dos dois lados é praticamente zero.
- A entropia do universo sempre cresce



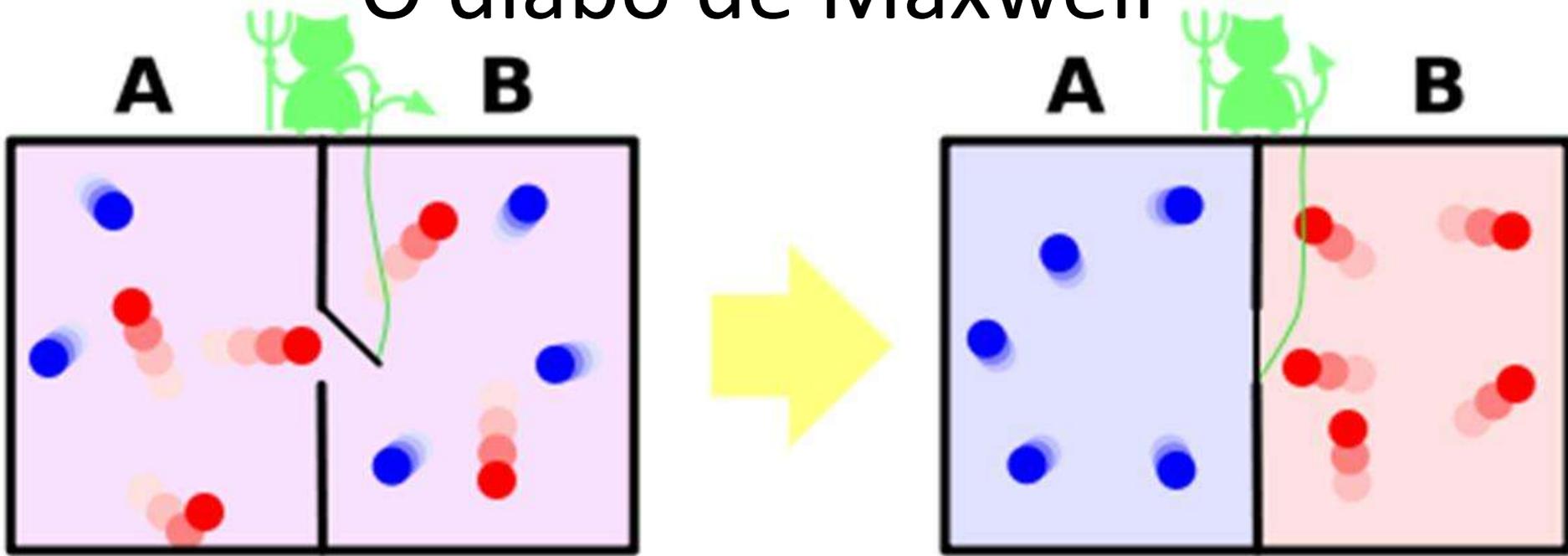
# Parte 9



# Charada do diabo de Maxwell

- Maxwell inventou uma charada para o Boltzmann resolver.
- Era chamada a charada do “diabo de Maxwell”

# O diabo de Maxwell



- O diabo abria a comporta para que as moléculas mais rápidas e quentes (vermelhas) ficassem de um lado e as moléculas mais frias e lentas (azuis) do outro.
- Assim a entropia diminui sem gastar trabalho e permitindo as chamadas máquinas perpétuas

# Considerações finais sobre informação entropia e entropia termodinâmica

- Veremos que a informação não é algo etéreo mas algo que envolve um consumo de energia.
- O desafio do chamado diabo de Maxwell era criar um sistema que produzisse trabalho sem aumentar a entropia.
- Veremos que esta possibilidade não existe.

# O poço duplo de Landauer

- Este arranjo resolve a charada diabo de Maxwell.
- Supúnhamos um dispositivo rudimentar para armazenar um bit.
- Com uma pequena batida podemos mudar a posição da bola e mudar o bit armazenado.
- Na queda da bola a energia pode ser recuperada para ser utilizada na seguinte mudança do bit (como se fosse um freio regenerativo)
- Contudo se não soubermos a posição inicial da bola a energia da batida é perdida.
- Para conhecer a posição da bola precisamos bater na bola mesmo que a batida seja “no ar” e a energia se disperse.
- Obter informação envolve dissipação da energia.

