

O Tempo

Sermões das Pedras e a Idade da Terra

Universidade de São Paulo

Instituto de Física

Disciplina: Tópicos de História da Física Moderna

Aluno: Fabricio Marques do Carmo

17 de Setembro de 2012

Tempo na Ciência X Tempo na Cultura Humana

Tempo na Ciência

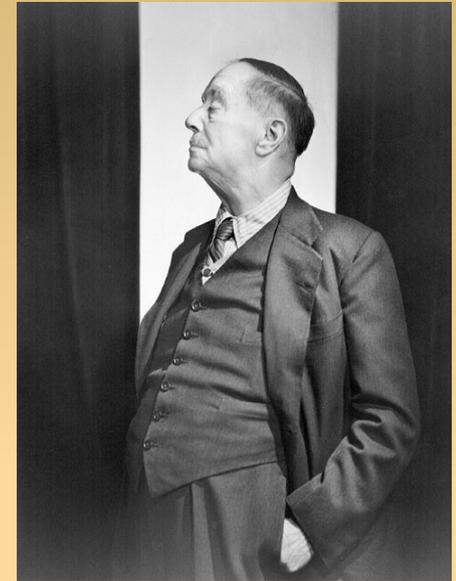
- Definição a partir do sequenciamento de eventos
- Relógios: Como medir o tempo?
- Mecânica Clássica: o tempo absoluto
- Relatividade Restrita: o tempo dependendo do referencial
- Termodinâmica: a entropia como seta do tempo

Tempo na Ciência X Tempo na Cultura Humana

Tempo na Ciência

"There are really four dimensions, three which we call the three planes of Space, and a fourth, Time. There is, however, a tendency to draw an unreal distinction between the former three dimensions and the latter, because it happens that our consciousness moves intermittently in one direction along the latter from the beginning to the end of our lives."

(H. G. Wells, *The Time Machine* (1895))



H. G. Wells
(1866 – 1946)
Escritor, professor,
jornalista e historiador
britânico

Tempo na Ciência X Tempo na Cultura Humana

Tempo na Cultura Humana

- Influenciado por crenças e superstições ou pelos dogmas e religiões que delas se seguiram
- Calendários:

Eventos Periódicos Naturais + Eventos Religiosos

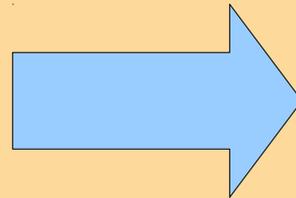
- Translação da Terra = Ano
- Rotação da Terra = Dia
- Fases da Lua = Semanas e Meses
- Etc.
- Cristianismo: Criação da Terra → Numeração Decrescente dos Anos → Nascimento de Jesus Cristo → Numeração dos Anos
- Judaísmo: Criação da Terra → Numeração dos Anos
- Etc.

Tempo na Ciência X Tempo na Cultura Humana

Tempo na Cultura Humana – Tempo Cíclico

"Seria paradoxal pensar no tempo como algo que tivesse um começo no tempo" (Aristóteles)

- Roda do tempo: Eras que se repetem (incas, maias, hopis, babilônios, gregos, budistas, jainistas)



Tempo na Ciência X Tempo na Cultura Humana

Tempo na Cultura Humana – Tempo Linear

- Rompimento com o conceito de tempo cíclico em favor do conceito de tempo linear
- A humanidade passa a buscar a sua história no passado longínquo
- Origem comum a todas as coisas:

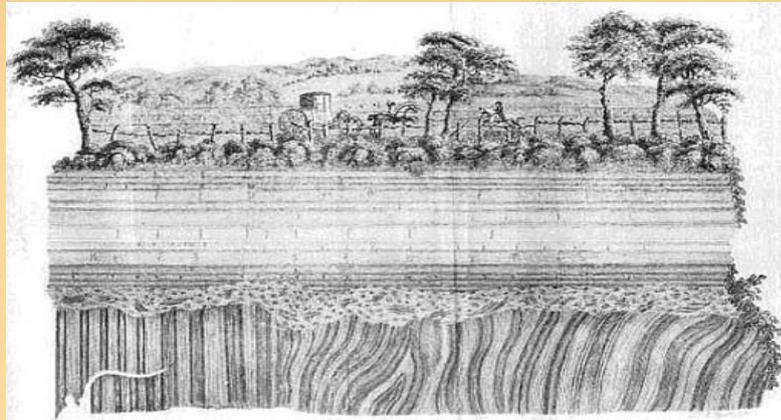
PERGUNTA: *Quando se deu essa origem?*

- **Religião:** estudo das escrituras (ex: Bíblia)
- **Ciência:** estudo das "pedras" (fósseis, geologia, etc.)
"Sermões das Pedras" (Timothy Ferris)

Geomorfismo, Extinção e Evolução

A Busca da Resposta

- Avanços Tecnológicos no séc. XIX e a possibilidade de estudar estruturas geológicas cada vez mais profundas
- Estruturas diversas sobrepostas: *A Terra muda de forma?*



James Hutton,
A Teoria da Terra (1795)

- Fósseis de criaturas nunca vistas:
 - **Onde estão essas criaturas hoje?**
 - **Hipótese 1:** Migração para localidades remotas
 - **Hipótese 2:** EXTINÇÃO

Geomorfismo, Extinção e Evolução

A Busca da Resposta

- Fósseis de criaturas nunca vistas:

Onde estão essas criaturas hoje?

- **Hipótese 1:** Migração para localidades remotas
 - **Hipótese 2:** EXTINÇÃO
-
- Inviabilidade da **Hipótese 1:**
 - N^o crescente de áreas exploradas no mundo
 - N^o crescente de restos mortais de animais jamais vistos
 - É preciso aceitar a **Hipótese 2!**

PERGUNTA: Como se deu essa extinção?

Geomorfismo, Extinção e Evolução

A Busca da Resposta: Catastrofismo X Uniformitarismo

PERGUNTA: *Como se deu essa extinção?*

- **Catastrofismo:** "A ira de Deus"
 - As extinções e as modificações na terra se deram em grandes catástrofes do passado
 - Essa visão não entra em conflito com a idade da Terra estimada a partir do estudo bíblico: ~6000 anos

PROBLEMA: O catastrofismo lança uma hipótese sobre a extinção. *E a variação?*

Geomorfismo, Extinção e Evolução: A Idade da Terra

A Busca da Resposta: Catastrofismo X Uniformitarismo

PROBLEMA: O catastrofismo lança uma hipótese sobre a extinção. *E a variação?*

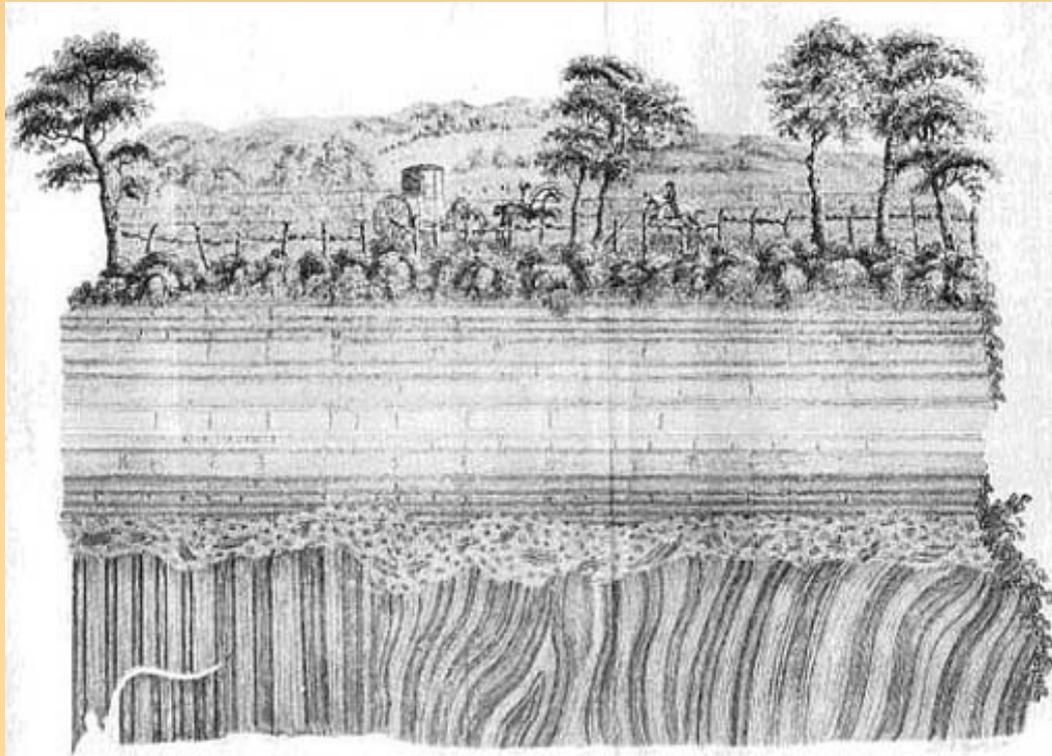
- N^o cada vez maior de animais e variedades observados:
 - Teriam todos eles sido salvos na Arca de Noé?
 - Seriam todos eles resultado de um propósito divino em favor do homem? (Animais microscópicos, insetos nocivos, etc.)
- Primatas: o *Orangotango* (do malaio: "o homem da floresta") e sua assombrosa semelhança com o homem

Geomorfismo, Extinção e Evolução: A Idade da Terra

A Busca da Resposta: Catastrofismo X Uniformitarismo

PERGUNTA: *Como se deu essa extinção?*

- **Uniformitarismo:** "Uma sucessão de estados estacionários"



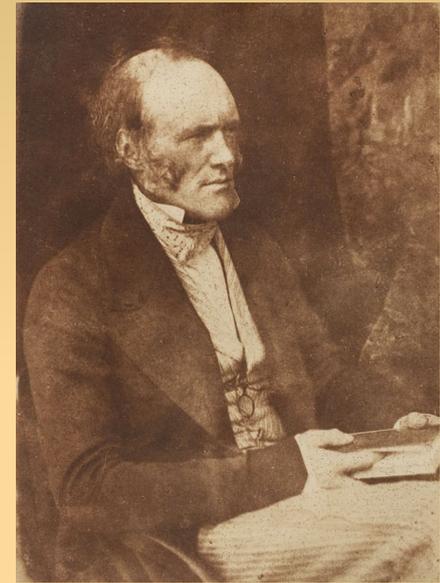
James Hutton,
A Teoria da Terra (1795)

Geomorfismo, Extinção e Evolução: A Idade da Terra

A Busca da Resposta: Catastrofismo X Uniformitarismo

- Lyell foi um popularizador do uniformitarismo
- As mudanças na Terra seriam resultantes de processos longo e graduais → chuva, neve, erosão, deposição, sedimentação, etc.

IMPLICAÇÃO: *A idade da Terra deveria ser contada, não em milhares, mas em milhões de anos!*



Charles Lyell
(1797 – 1875)
Advogado e geólogo
britânico

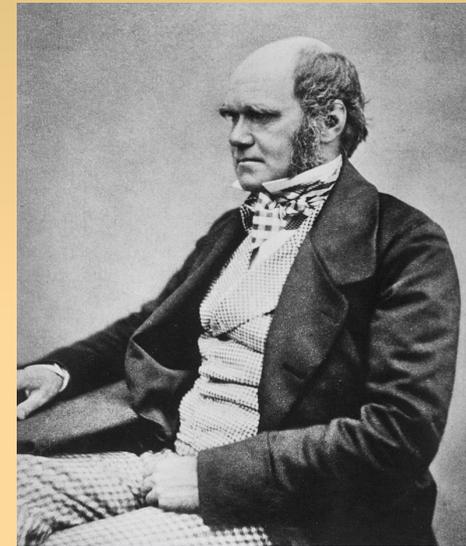
Geomorfismo, Extinção e Evolução: A Idade da Terra

A Busca da Resposta: Catastrofismo X Uniformitarismo

- Influenciado por Lyell
- Desenvolveu a teoria hoje aceita para a evolução das espécies

IMPLICAÇÕES:

- Choque cultural e religioso: Homens e macacos são "primos"!
- *Sua teoria exigia que a idade da Terra fosse medida, não em milhares ou milhões, mas em **bilhões de anos!***



Charles Darwin
(1809 – 1882)
Naturalista britânico

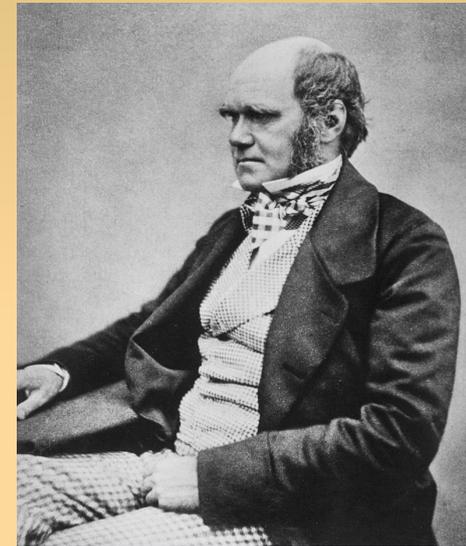
Geomorfismo, Extinção e Evolução: A Idade da Terra

A Busca da Resposta: Catastrofismo X Uniformitarismo

IMPLICAÇÕES: *Sua teoria exigia que a idade da Terra fosse medida, não em milhares ou milhões, mas em bilhões de anos!*

"Quem... não reconhecer como foram vastos os períodos de tempo do passado pode fechar imediatamente este volume"

(Charles Darwin, "*A Origem das Espécies*" (1859))



Charles Darwin
(1809 – 1882)
Naturalista britânico

A Física e a Idade da Terra

A Idade da Terra segundo a Física

- Observação: A Terra é mais quente em seu interior
- Hipótese: A Terra começou como uma "bola de fogo" e esfriou irradiando calor para o espaço
- Determinando a taxa de resfriamento, seria possível determinar a idade da Terra!



Georges-Louis
Leclerc, Conde de
Buffon
(1707 – 1788)
Naturalista,
matemático e escritor
francês.

A Física e a Idade da Terra

A Idade da Terra segundo a Física

Experiência das Esferas Incandescentes de Buffon (década de 1770):

- Medidas grosseiras do tempo de resfriamento de esferas incandescentes de vários tamanhos e extrapolação do resultado para uma esfera do tamanho da Terra
- Idade da Terra estimada entre 75000 e 168000 anos



Georges-Louis
Leclerc, Conde de
Buffon
(1707 – 1788)
Naturalista,
matemático e escritor
francês.

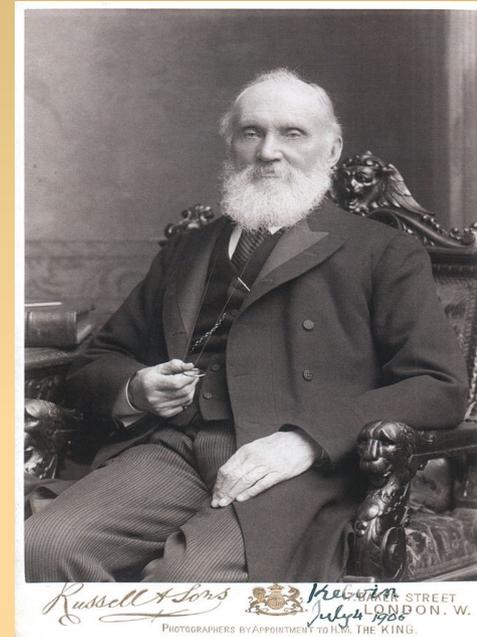
A Física e a Idade da Terra

A Idade da Terra segundo a Física

- Helmholtz: a matéria solar se concentra em direção ao seu centro devido à atração gravitacional e a energia potencial gravitacional é liberada na forma de calor.
- Kelvin: seguindo a proposição de Helmholtz, estimou a idade do Sol em cerca de 500 milhões de anos.

PROBLEMA: Imcompatibilidade com a teoria de Darwin.

"Não digo que não possa haver leis ainda não descobertas" (William Thomson, Lorde Kelvin)



William Thomson,
Lorde Kelvin
(1824 – 1907)
Físico-matemático e
engenheiro britânico.

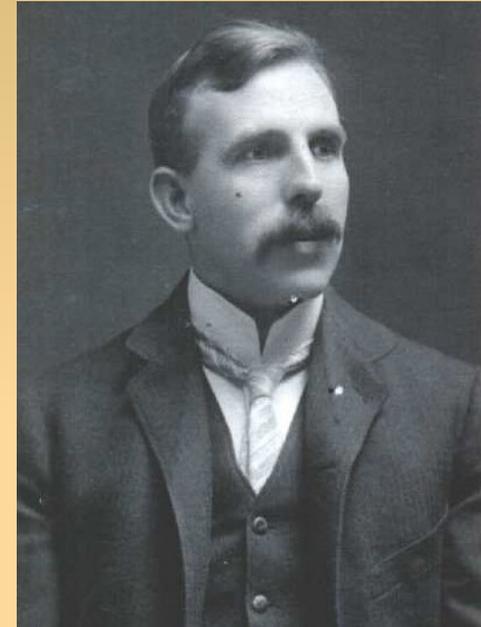
A Física e a Idade da Terra

A Idade da Terra segundo a Física

- Rutherford: Radioatividade
 - Certos materiais liberam grande quantidade de energia em sua desintegração durante longos períodos de tempo → origem da:

Datação Radiométrica

"Eu sei que este pedaço de pechblenda tem 700 milhões de anos." (Rutherford)



Ernest Rutherford
(1871 – 1937)
Físico e químico
neozelandês.

A Física e a Idade da Terra

A Idade da Terra segundo a Física

- Década de 1920: Datação Radiométrica de materiais recolhidos em várias partes do mundo:

Idade da Terra: estimada em cerca de 3,7 bilhões de anos

- Década de 1960: Datação Radiométrica de rochas lunares:

Idade do Sistema Solar: ~5 bilhões de anos

Obrigado!

<http://www.youtube.com/watch?v=cih5JbjEzjk>