



Cosmologia Moderna

origem e fim do universo

Prof. Alexandre Zabot

Verdade e Razão, UFSC
29.IX.2018

Índice

Big bang

Um universo especial

Um universo que faz sentido

Big bang

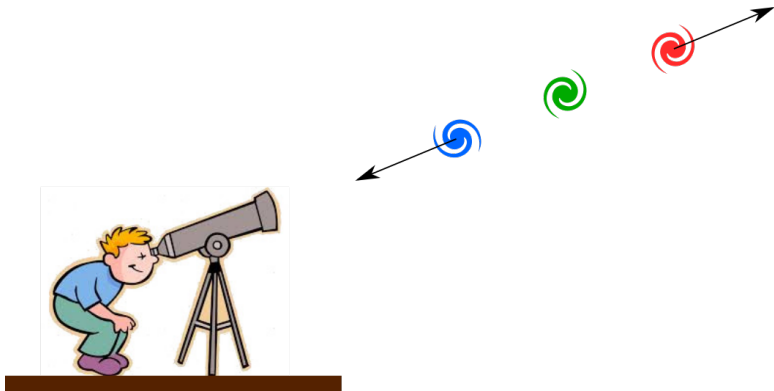
Um universo especial

Um universo que faz sentido

Como surgiu o universo?

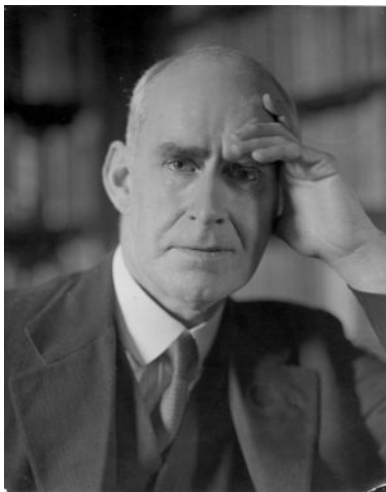
A Teoria do Big Bang é uma teoria de evolução do universo, não de surgimento!

Origem da Teoria do Big Bang



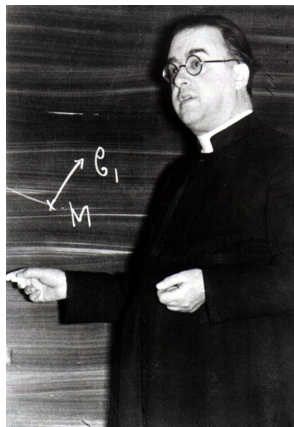
Na base da teoria do Big Bang está a medida da velocidade das galáxias em relação a nós pelo Efeito Doppler.

O problema do redshift das galáxias



1924: Eddington observa que das 41 galáxias observadas por Vesto Slipher, 36 tinham desvio para o vermelho! Coincidência? Viés?

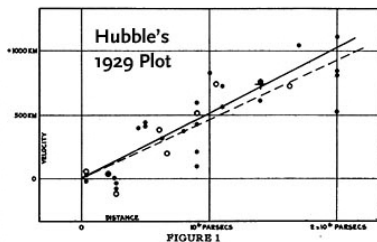
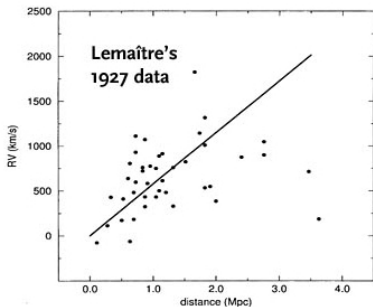
O jovem padre matemático



Pe Georges Lemaître, SJ, (1894 – 1966)

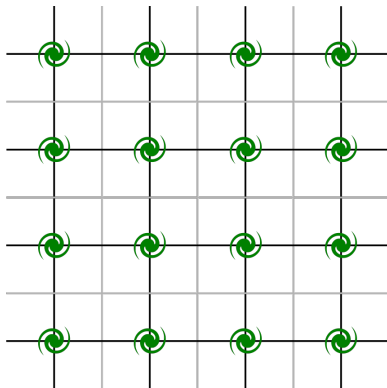
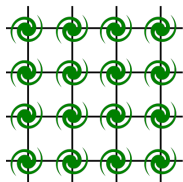
- ▶ Aluno de Eddington (Cambridge) & Shapley (Harvard)
- ▶ 1927: Solução das eq. de Einstein
 - ▶ Densidade varia no tempo
 - ▶ Constante cosmológica
 - ▶ Raio do universo aumenta
 - ▶ Sem início ($t_0 = -\infty$)
 - ▶ Propôs o redshift como **cosmológico**
 - ▶ Calculou a constante (de Hubble!): 625 km/s/Mpc
 - ▶ **Publicou em francês!**
 - ▶ Eddington não leu
 - ▶ Einstein: "Seus cálculos são corretos, mas sua física é abominável".

Lei de Hubble-Lemaître



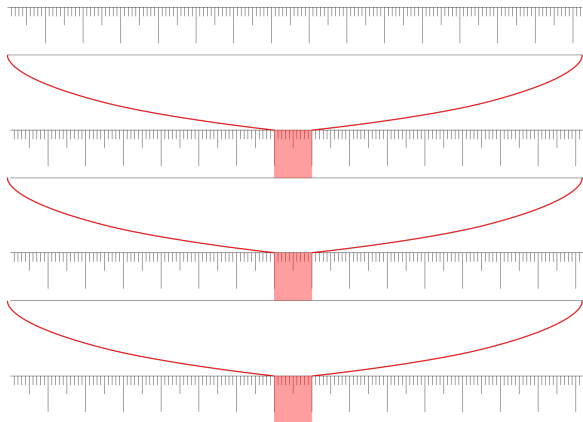
Lemaître descobriu a expansão do universo 2 anos antes de Hubble e a interpretou corretamente. Hubble não interpretou o redshift sistemático das galáxias em termos cosmológicos, mas aperfeiçoou muito as medidas!

A proposta de Lemaître



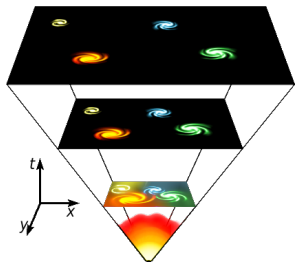
Lemaître propôs que o espaço do universo estava em **expansão**. Não confunda com explosão!

Entenda direito!



Expansão é um conceito difícil. Alguns físicos preferem chamar de **esticamento**. Ela pode ser eterna ou não, num espaço finito ou não!

O dia sem ontem



O universo surgiu de um estado inicial muito quente e denso.

- ▶ 1931: Lemaitre, MNRAS e Nature
 - ▶ Átomo primordial
 - ▶ Rápida expansão, estagnação e expansão acelerada
 - ▶ Formação de galáxias
 - ▶ Mecânica quântica para explicar a explosão inicial!
- ▶ Ideia rejeitada por Eddington e Einstein

Começo \neq Criação

[A hipótese do Átomo Primordial é] “inspirada no dogma da criação, e totalmente injustificada desde o ponto de vista físico”.

(Einstein)

Começo \neq Criação

[A hipótese do Átomo Primordial é] “inspirada no dogma da criação, e totalmente injustificada desde o ponto de vista físico”.

(Einstein)

“A noção de um começo do universo é repugnante para mim”.

(Eddington, que era um Quaker muito praticante!)

Começo \neq Criação

[A hipótese do Átomo Primordial é] “inspirada no dogma da criação, e totalmente injustificada desde o ponto de vista físico”.

(Einstein)

“A noção de um começo do universo é repugnante para mim”.

(Eddington, que era um Quaker muito praticante!)

“Se essa sugestão estiver correta, o começo do universo aconteceu um pouco antes do começo do espaço e do tempo. Tal começo do universo está suficientemente distante da ordem atual da natureza para não ser totalmente repugnante.”

(Lamaitre, Nature, 1931)

Começo \neq Criação

“Nós podemos falar desse evento como um começo. Eu não digo uma criação. Fisicamente é um começo no sentido de que se alguma coisa aconteceu antes, ela não tem influência observável no comportamento do nosso universo, assim como qualquer característica da matéria antes desse começo foi completamente perdida na extrema contração no zero teórico. Qualquer pre-existência do universo tem um caráter metafísico. Fisicamente, tudo acontece como se o zero teórico fosse realmente o começo. A questão de se isso foi realmente um começo ou uma criação, uma coisa começando do nada, é uma questão filosófica que não pode ser estabelecida por considerações físicas ou astronômicas.”

(citado por Godart and Heller, Cosmology of Lemaître.)

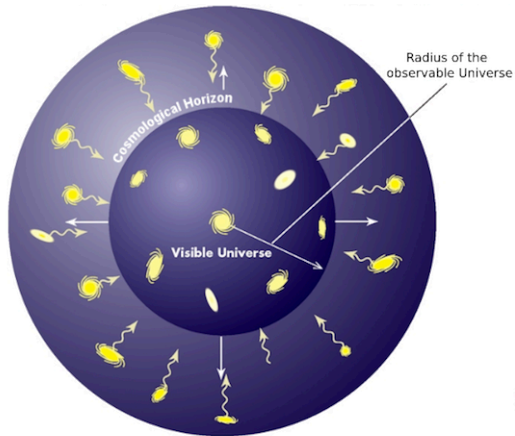
Índice

Big bang

Um universo especial

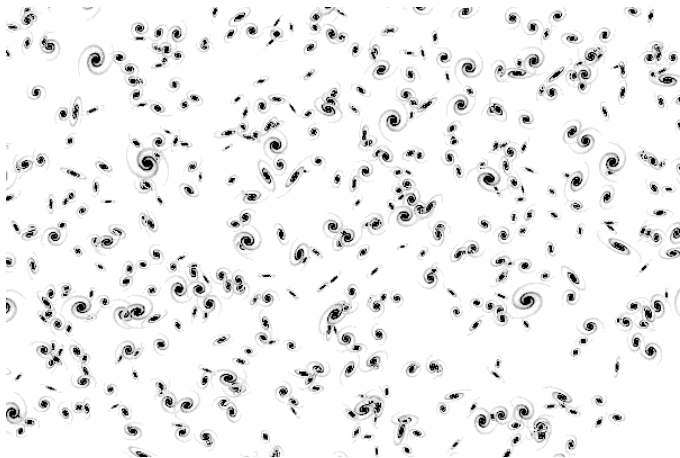
Um universo que faz sentido

Universo observável



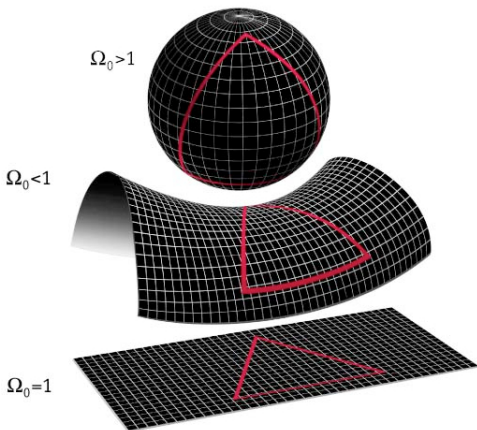
Por causa da finitude da velocidade da luz, não podemos observar todo o universo. A luz de algumas partes ainda não chegou até nós. Contabilizando a taxa de expansão do universo o raio do universo observável hoje é de 46.6 Gly.

Isotropia e homogeneidade do espaço



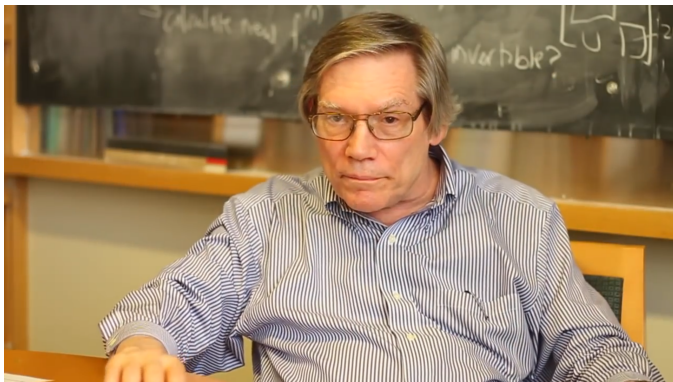
Princípios cosmológicos da Homogeneidade e da Isotropia podem ser verificados a *posteriori* em larga escala.

Geometria



Há três geometrias possíveis para o universo, que dependem da razão entre a densidade de matéria e energia escura no universo. Não sabemos qual é esta razão, mas há fortes indícios de que seja $\Omega_0 = 1$.

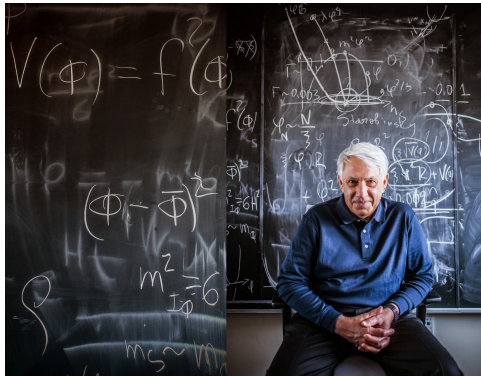
Inflação cósmica



<https://www.youtube.com/watch?v=MTUsOWtxKKA>

A Inflação Cósmica explica dois problemas fundamentais do Big Bang: O Problema do Horizonte (universo plano e isotrópico) e o Problema da Planicidade.

Multiversos



Andrei Linde, com muitos outros cosmólogos, tem defendido que a inflação não acontece igualmente em todo o universo, mas em pedaços e em instantes aleatórios. Isso deu origem à chamada "Teoria de Multiversos".

A teoria de multiversos existe por causa da inflação, e essa por causa dos problemas de Horizonte (universo plano e isotrópico) e de Planicidade.

Horizonte e planicidade são um problema para a Física porque o Método Científico assume que não existe finalidade, propósito, na natureza.

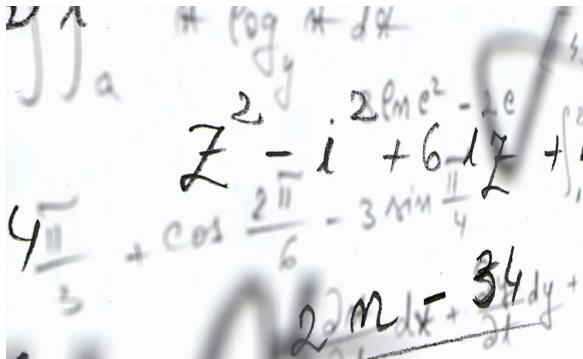
Índice

Big bang

Um universo especial

Um universo que faz sentido

Inteligibilidade



Hipótese fundamental da ciência: o cientista pode entender o universo!

Por quê o universo é **Inteligível**?

Propósito



O fato do universo ser inteligível implica em ter propósito?

Fazer sentido (inteligível) \neq Ter sentido (propósito)

Diante do desconhecido



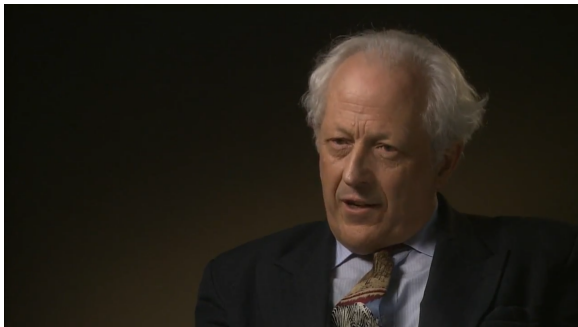
https://www.youtube.com/watch?v=QkhBcLk_8f0

Richard Feynman, Físico Teórico, Prêmio Nobel de Física em 1965 pela contribuições
à Eletrodinâmica Quântica.

O quê a Ciência pode conhecer?

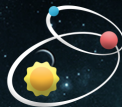
- ▶ Nem tudo pode ser conhecido pela ciência
- ▶ Algumas questões exigem respostas não científicas
- ▶ Abrir mão delas não é uma atitude mais científica do que investigá-las **racionalmente**.

Fazer sentido e ter sentido



<https://www.youtube.com/watch?v=FpfCDIhOxrE>

George Ellis. Cosmologista, um dos maiores nomes em Teoria da Relatividade Geral e cosmologia hoje em dia.



ASTROFÍSICA

Para Todos

<http://astrofisica.ufsc.br>