



Astrofísica Geral

Tema 23: Questões cosmológicas

Alexandre Zabet

Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

Fim do universo

Multiversos

Bibliografia



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

Fim do universo

Multiversos

Bibliografia

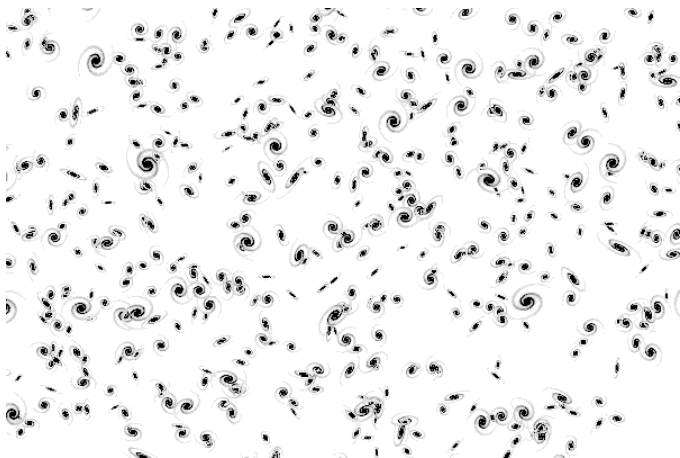


Um matemático pode dizer qualquer coisa que lhe agrade,
mas um físico deve ser, ao menos parcialmente, sensato.

(J. Willard Gibbs)



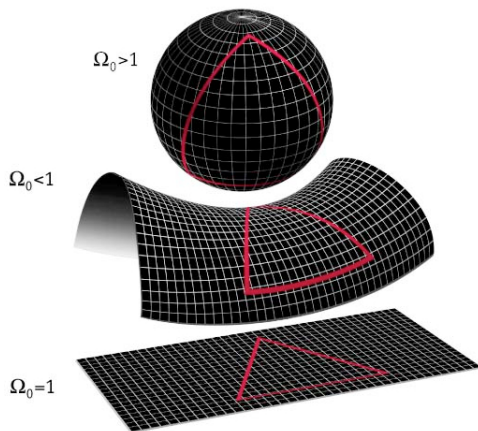
Princípios cosmológicos



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



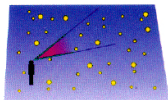
Geometria



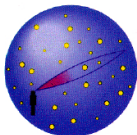
Há três geometrias possíveis para o universo, que dependem da razão entre a densidade de matéria e energia escura no universo. Não sabemos qual é esta razão, mas há fortes indícios de que seja $\Omega_0 = 1$.



Curvatura



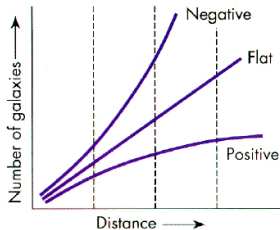
Flat universe



Positively curved universe

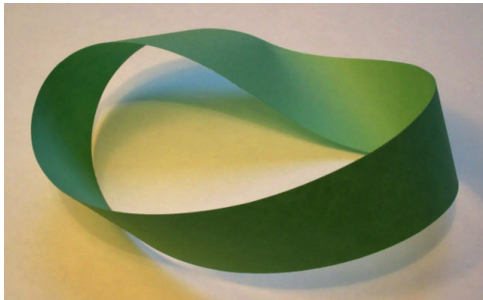


Negatively curved universe



A curvatura do universo pode ser medida, na aula 24 detalharei alguns experimentos sobre isso.





Para uma geometria (plana, esférica, hiperbólica), há várias formas possíveis. A fita de Möbius mostra uma forma possível para a geometria plana ([video](#)).



Topologia



Do ponto de vista da topologia, uma xícara e uma rosca são iguais.



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

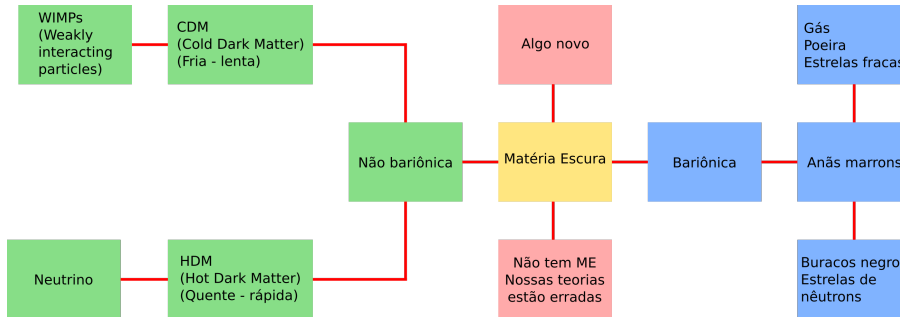
Fim do universo

Multiversos

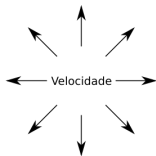
Bibliografia



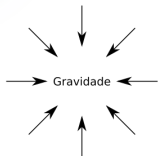
O que é Matéria Escura?



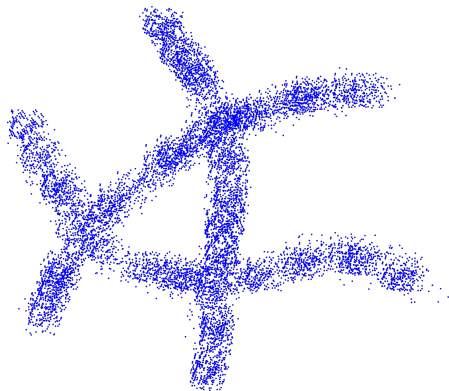
O que a Matéria Escura faz?



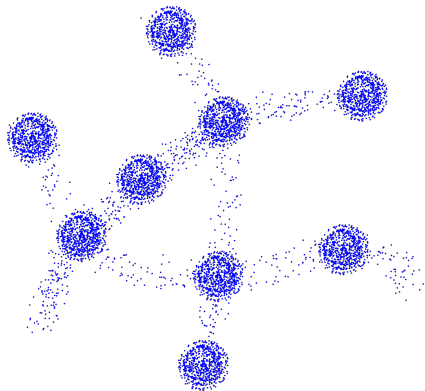
A maneira como as estruturas do universo se formam depende do balanço entre as forças atrativas e repulsivas.



O que a Matéria Escura faz?



Matéria escura quente: estruturas menos aglomeradas em larga escala



Matéria escura fria: estruturas mais aglomeradas em larga escala



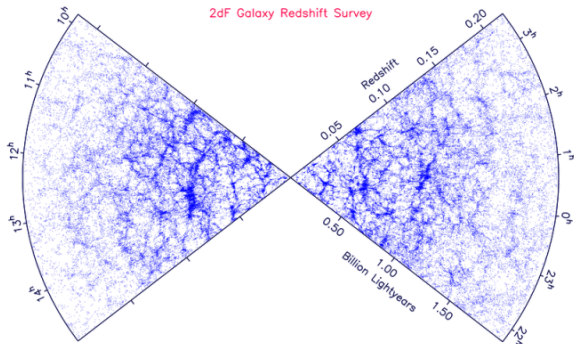
Energia escura



A energia escura é uma pressão negativa que empurra o universo a expandir mais rápido.



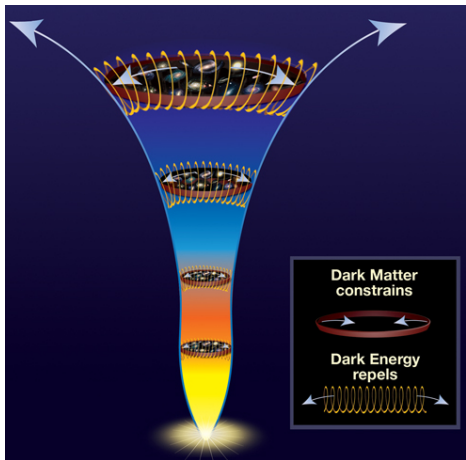
Energia escura



Mapeamento do universo pelo 2dF. Rácz et al, 2017, publicaram um artigo mostrando que a energia escura é um efeito dos modelos cosmológicos que consideram o universo homogêneo em larga escala. Será que é homogêneo ou não?



Matéria e Energia Escuras



O balanço de forças entre Matéria e Energia escuras mudou ao longo da história do universo.

A Matéria Escura ganha enquanto o espaço é pequeno (densidade maior). A Energia Escura ganha quando o espaço é grande (espaço maior).

A Matéria Escura ganhou até ≈ 7.8 Gyr, depois disso a densidade caiu muito e a Energia Escura desempenhou um papel mais importante.



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

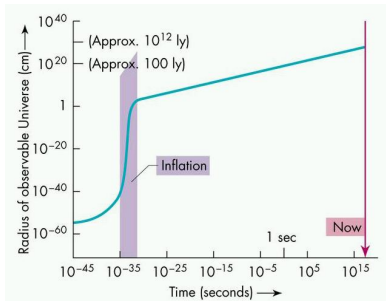
Fim do universo

Multiversos

Bibliografia



Inflação cósmica

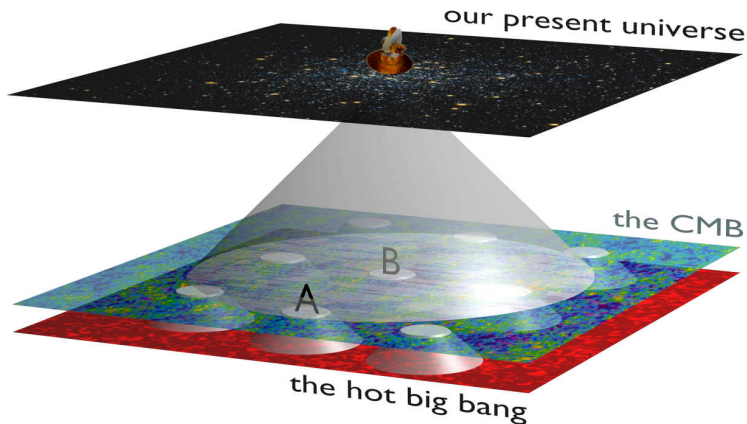


A teoria da inflação cosmológica foi construída na década de 80 por Alan Guth, Andrei Linde e Paul Steinhardt para explicar uma série de dificuldades do modelo do Big Bang.

- ▶ Lemaître (1933): Problema do horizonte
 - ▶ Por que o universo é homogêneo e isotrópico?
- ▶ Por que o universo é plano?
 - ▶ $\Omega_0 = 1$



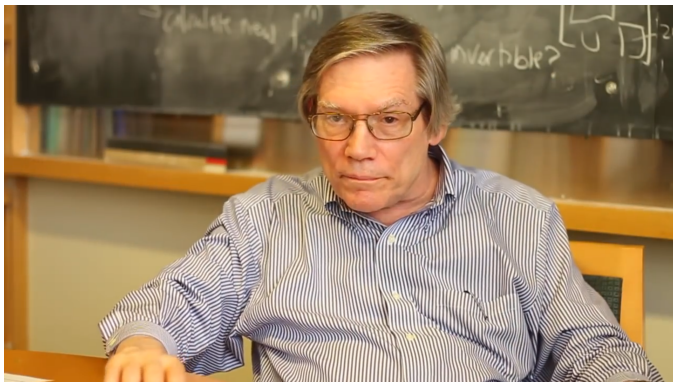
Inflação cósmica



Áreas que hoje aparecem-nos separadas no diagrama espaço-tempo, estiveram juntas no passado. Uma expansão inflacionária explica isso e também explica porque $\Omega_0 = 1$.



Inflação cósmica



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

A Inflação Cósmica explica dois problemas fundamentais do Big Bang: O Problema do Horizonte e o Problema da Planicidade.



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

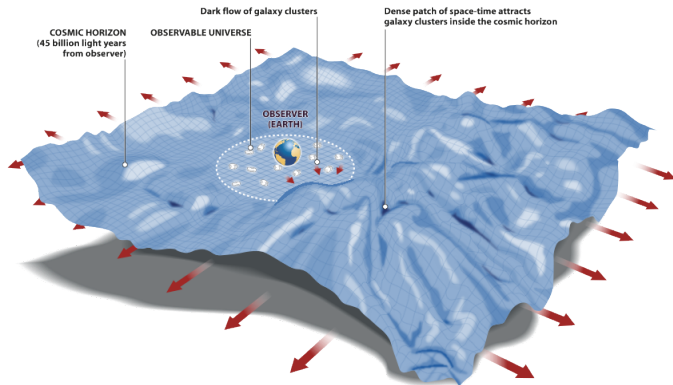
Fim do universo

Multiversos

Bibliografia



Fluxo Escuro



Alexander Kashlinsky, da NASA, e colegas, têm defendido que as velocidades dos aglomerados de galáxias não estão distribuídas aleatoriamente. Há uma velocidade resultante não nula. Isso pode indicar que os aglomerados de galáxias estão sendo atraídos por uma estrutura supermassiva fora do nosso universo observável!



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

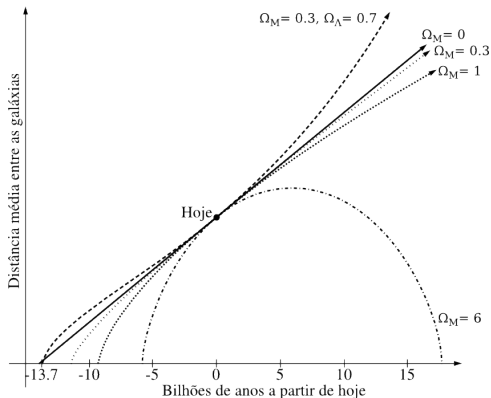
Fim do universo

Multiversos

Bibliografia



O fim

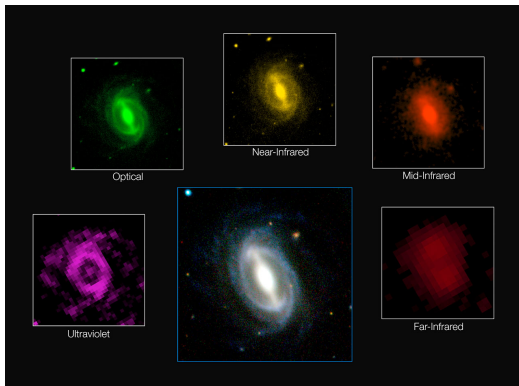


Como o universo se acabará?

- ▶ Depende da fração entre matéria (Ω_M) e energia escura (Ω_Λ)
- ▶ “Big rip”
- ▶ Morte fria
- ▶ “Big crunch”
- ▶ Cíclico



Esfriamento do universo



Em 2015 foi divulgado que o universo está produzindo 2 vezes menos energia hoje do que há 2 bilhões de anos atrás. Para chegar a esta conclusão, uma equipe de dezenas de astrofísicos estudaram imagens de mais de 200 mil galáxias em diversos comprimentos de onda para calcular a energia total gerada em região do universo em épocas diferentes.



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

Fim do universo

Multiversos

Bibliografia



Multiversos



O universo é único?

- ▶ Várias teorias diferentes
- ▶ Além do universo observável
 - ▶ Mesmas leis físicas, desconectados
- ▶ Universos separados
 - ▶ Leis físicas diferentes
 - ▶ “Resolve” o problema da sintonia-fina
 - ▶ Leis surgem por acaso (proposta contrária à de Dirac e inflação)
 - ▶ Surgem em tempos diferentes
- ▶ Realizações quânticas
 - ▶ Infinitas cópias de mim mesmo
- ▶ Duas últimas: não são falsificáveis
 - ▶ Não é ciência
 - ▶ É uma metafísica ideológica!



Índice

Princípios cosmológicos

Matéria e Energia Escuras

Inflação cósmica

Fluxo Escuro

Fim do universo

Multiversos

Bibliografia



Fontes para estudo

- ▶ O céu que nos envolve, capítulo 10
- ▶ Curso de Astronomia II do Prof. Steiner, aulas 17 a 22
- ▶ Astronomia Extragaláctica, Gastão Lima Neto, cap 2
- ▶ Seção “Cosmologia” em <http://astro.if.ufrgs.br/>



REALIZAÇÃO

