

Que é Cosmologia?
oo

Cosmogonia e Cosmologia
oooooooooooo

Racionalização
oooooooooooo

Era Moderna
oooooooooooooooooooo

Que temos hoje?
oooooooooooo

Cosmologia para Iniciantes

I Semana de Física do CCA

prof. Ramón Gostri Campos

2014

DQF - CCA - UFES

Resumo da Apresentação

- Qual o significado de Cosmologia?
- Cosmologia antiga, Teologia e Filosofia.
 - A criação do mundo com a fé.
 - A organização do mundo racional.
- Cosmologia enquanto ciência.
 - Sistema geocêntrico.
 - Sistema heliocêntrico.
 - Vitória da mecânica celeste.
- Cosmologia moderna.
 - Novos avanços da mecânica.
 - Universo estático de Einstein.
 - Novas respostas para velhas questões (O Paradoxo de Olbers).
 - O universo em expansão.
- Cosmologia hoje.
 - Cosmologia e Astronomia.
 - Radiação Cósmica de Fundo (Nobel de 1978)
 - Supernovas(Nobel de 2011)
 - O modelo atual de Universo.
 - Olhar para o futuro...

Etimologia da palavra Cosmologia

Cosmo

- Do grego kosmos: Significa ordem ou mundo;
- De forma mais ampla: Cosmo pode significar **universo**;
- “tudo o que já foi, tudo o que é e tudo que será” - Carl Sagan;

Logia

- Do grego logos: Significa **estudo**, saber, ciência.
- Idêntico ao zoologia (estudo dos bichos) ou biologia (estudo da vida) ou teologia (estudo da crença).

Cosmogonia - Criação do universo

Visão religiosa e artística - Mito

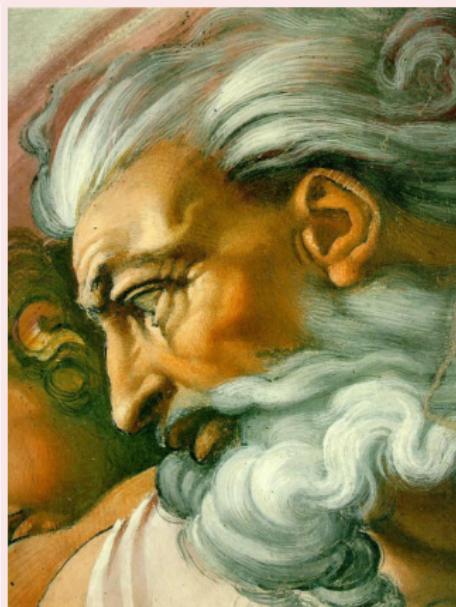
- Cada religião, seita ou seja lá o que for em geral possui uma explicação para criação do universo.
- Realidades fantásticas (Gibis, Livros, Filmes) podem dar suas explicações para a criação do universo.

Visão científica - “Mito”

- Big Bang - Proposição do padre cosmólogo belga Georges Lemaître(1894-1966) - Tudo começa com uma singularidade (vamos retornar isso mais tarde).
- Universo tipo ricochete - Universo pulsátil.

Cosmogonia - Abraônicâ

Judaísmo, Cristianismo, Islamismo



Gênesis Cap 1; ver (1 a 5)

No princípio, Deus criou os céus e a terra. A terra estava informe e vazia; as trevas cobriam o abismo e o Espírito de Deus pairava sobre as águas. Deus disse: "Faça-se a luz!" E a luz foi feita. Deus viu que a luz era boa, e separou a luz das trevas. Deus chamou à luz DIA, e às trevas NOITE. Sobreveio a tarde e depois a manhã: foi o primeiro dia.

Cosmologia - Abraônicâ

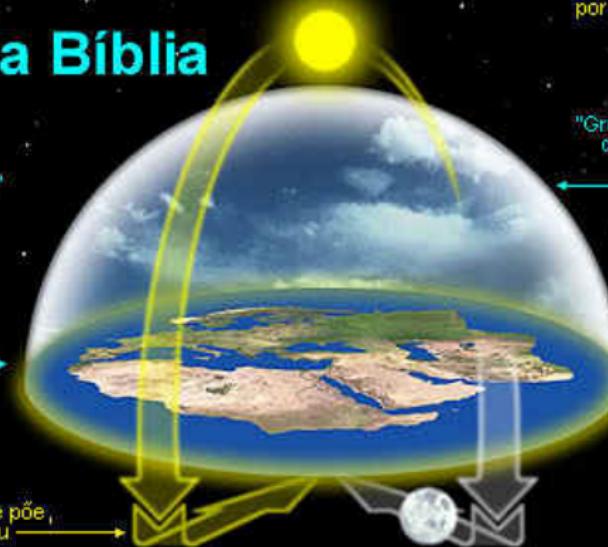
Judaísmo, Cristianismo, Islamismo

A TERRA segundo a Bíblia

"...dá ordens ao sol,
e ele não nasce;
o que sela as estrelas;"
JÓ 9:7

"E ele o que está
assentado sobre
o **círculo** da terra..."
ISAÍAS 40:22

"O sol nasce, e o sol se põe,
e **corre** de volta ao seu
lugar donde nasce."
ECLESIASTES 1:5



Na versão da Bíblia traduzida
por João Ferreira de Almeida,

"Grossas nuvens o encobrem,
de modo que não pode ver,
e ele passeia em volta
da **abóbada** do céu."
JÓ 22:14

"Marcou um limite
circular sobre a
superfície das
água..."
JÓ 26:10

"...para que as águas
não **transpassassem**..."
PROVÉRIOS 8:29

"...O Senhor reina, ele firmou o mundo, de modo que não pode ser abalado (...)"
SALMOS 96:10

↓ ABISMO ↓

Cosmogonia - Brahmanistas

Hinduismo

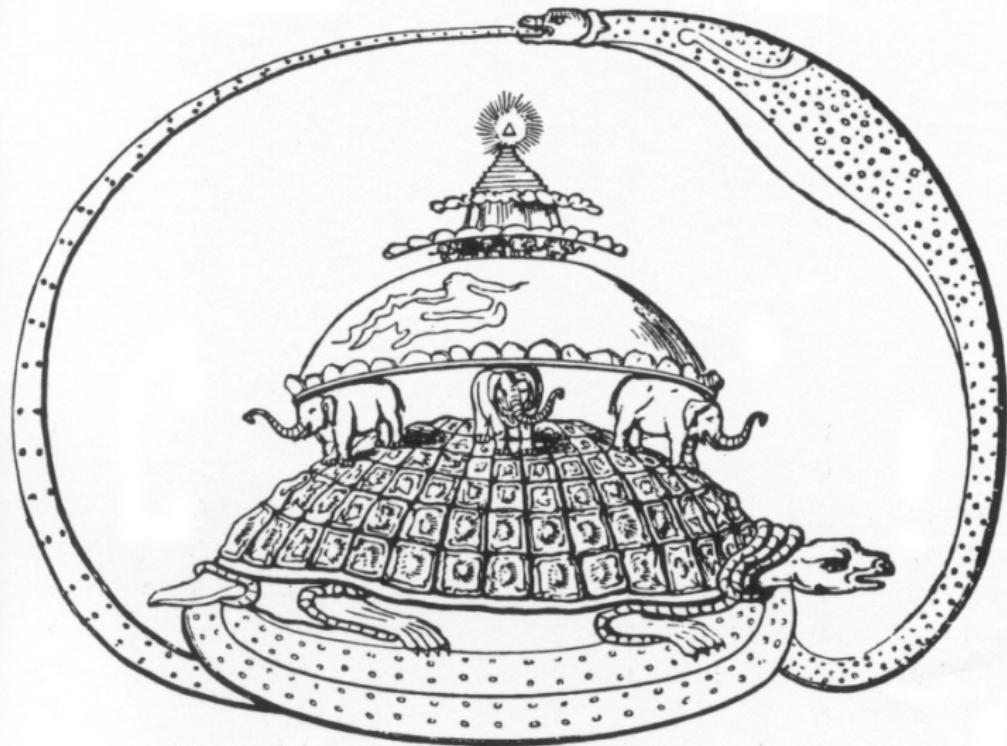


Mito

Não existe um começo e um fim para a existência, pois existe Brahma, e ele vive 100 anos de Brahma. A cada DIA de Brahma o universo é criado e a cada NOITE de Brahma o universo é reabsorvido. Cada dia de Brahma dura ~ 4 Trilhões de anos humanos.

Cosmologia - Brahmanistas

Hinduismo



Cosmologia - Brahmanistas

Hinduismo



Cosmogonia - Tolkiniana

Descrita no Silmarillion

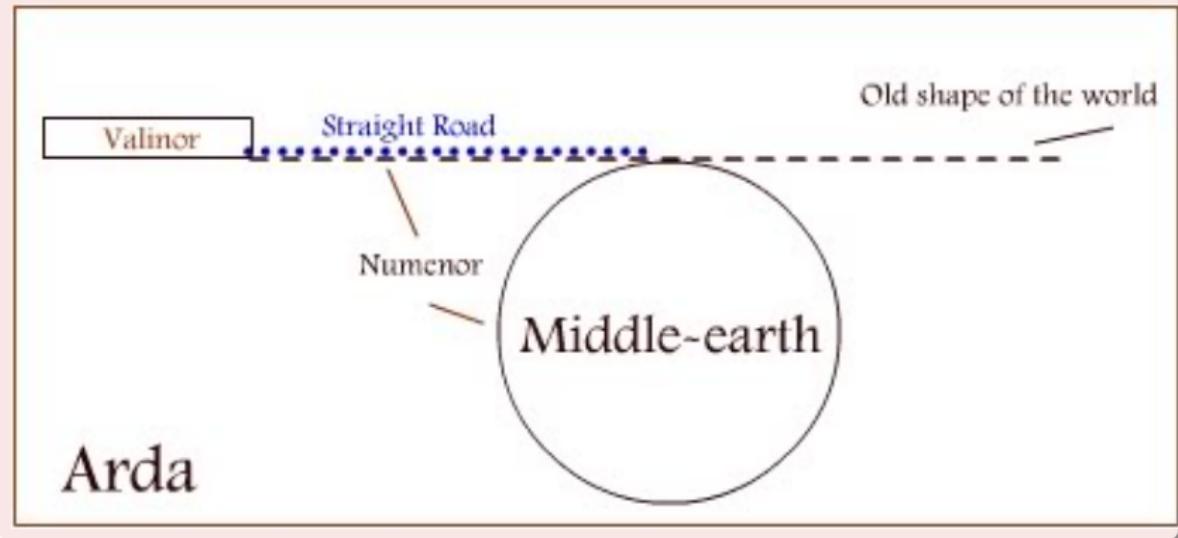


História

Eru Iluvatar (Deus Supremo), pai de todas as coisas do Universo, criou os Ainur espíritos cantantes, que em um dado momento criaram Arda, a Terra que seria habitada pelos filhos de Iluvatar (Elfos e Homens). Alguns dos Ainur desceram a Arda, passaram a se chamar Valar e Maiar.

Cosmologia - Tolkiniana

Inferida pelos textos do Contos Inacabados



Astronomia - Tolkiniana

Descrita no Silmarillion



Criação do Sol e da Lua.

Cosmogonia - Científica atual

Teoria do Big Bang

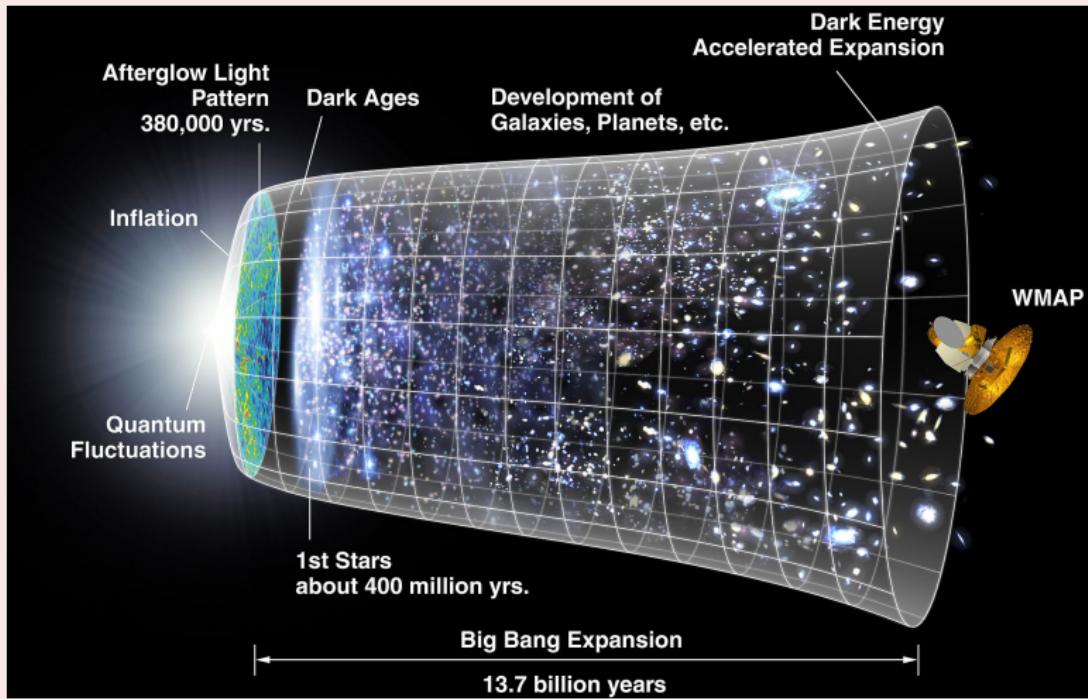


A Ideia

O Universo começou de uma singularidade (aqui temos espaço para fé) muito tensa, energética e quente. E após uma grande explosão, houve um período de esfriamento e expansão rápida do espaço-tempo. Com o esfriamento, os diversos tipos de matéria puderam se formar (fótons, bárions e coisas mais esquisitas que isso...). **Voltaremos ao Big Bang no futuro!**

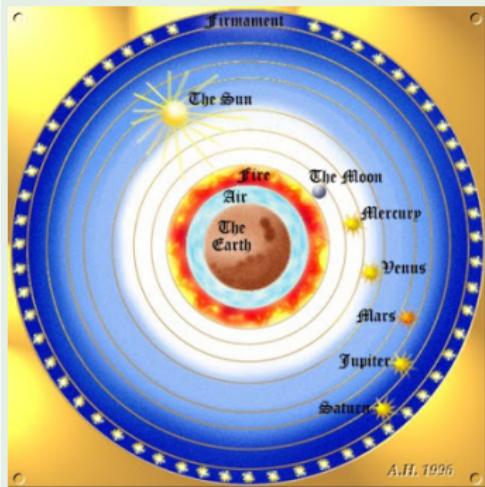
Cosmologia - Científica Atual

Universo inflacionário pós Big Bang

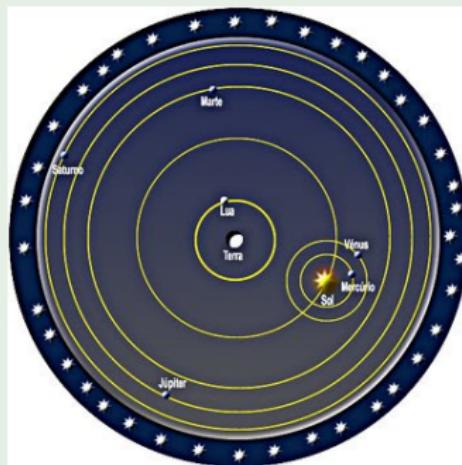


Astronomia entra em ação

Surgimento do modelo Geocêntrico



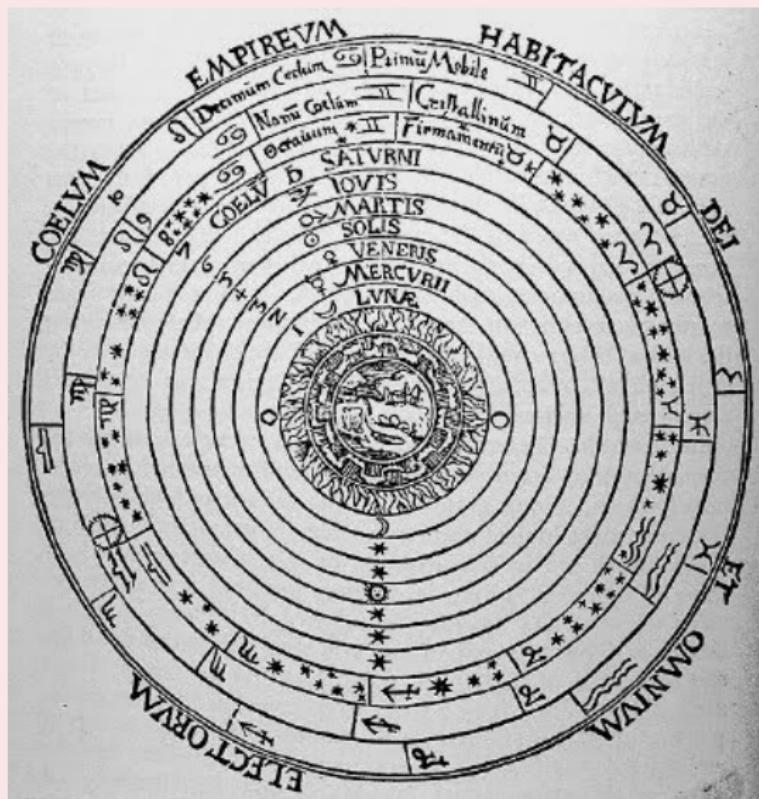
Aristóteles (384-322 aC) - Note que contém os Elementos fundamentais na esfera celeste.



Heráclides (388-315 aC) - Note que há uma correção para Mercúrio e Vênus.

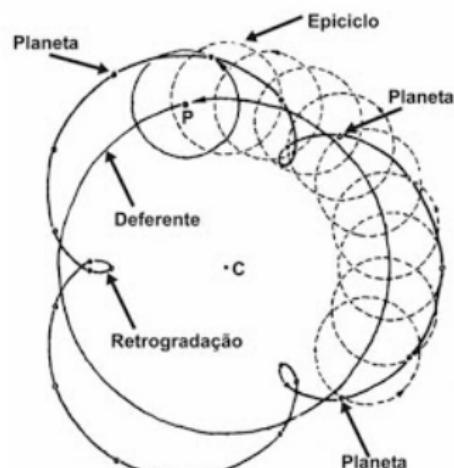
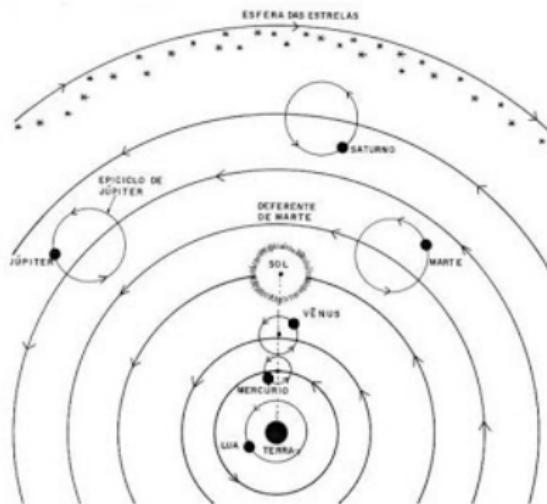
A sofisticada ideia de Ptolomeu(120-180 dC)

Esfera celeste de Ptolomeu



A sofisticada ideia de Ptolomeu(120-180 dC)

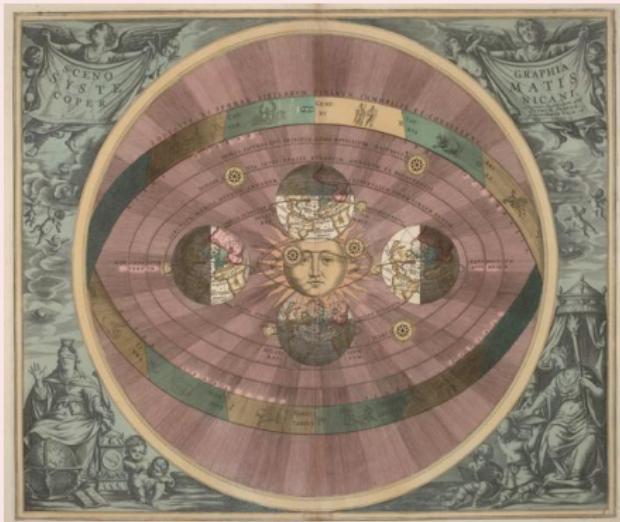
Epciclos de Ptolomeu



Esse esforço garantiu a explicação do movimento de Mercúrio e Vênus, além de ser capaz de gerar resultados não circulares.

O Caminho do Heliocentrismo

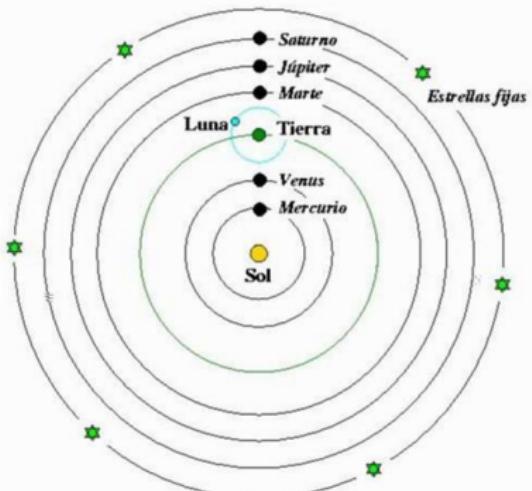
De Aristarco (310 a.C. - 230 a.C.) até Copérnico (Nicolau Copérnico (1473 - 1543))



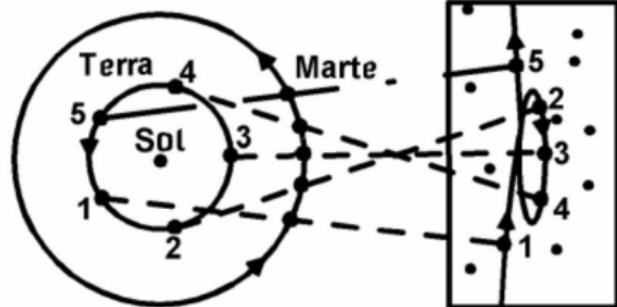
Segundo Arquimedes, Aristarco é o primeiro a propor este modelo, apesar de não ser o único Astrônomo grego das antigas a acreditar no Heliocentrismo. Mas quem ficou famoso com o sistema foi o Copérnico.

Heliocentrismo explicando o universo

Simplicidade a seu favor

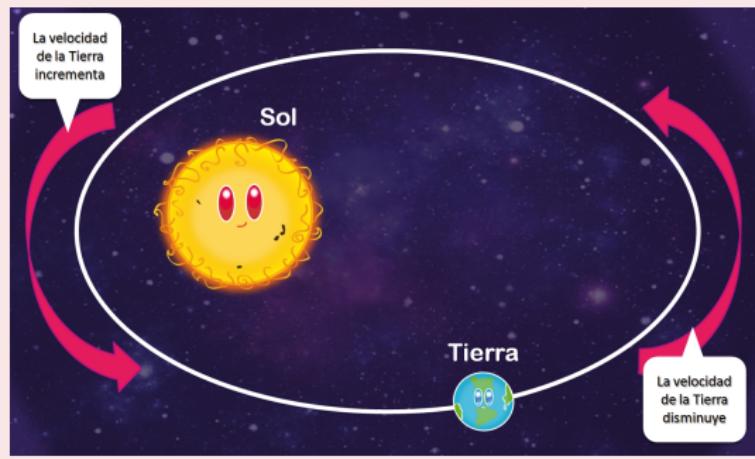


Movimento de Retorno dos Planetas



Contribuição de Kepler (1571 - 1630)

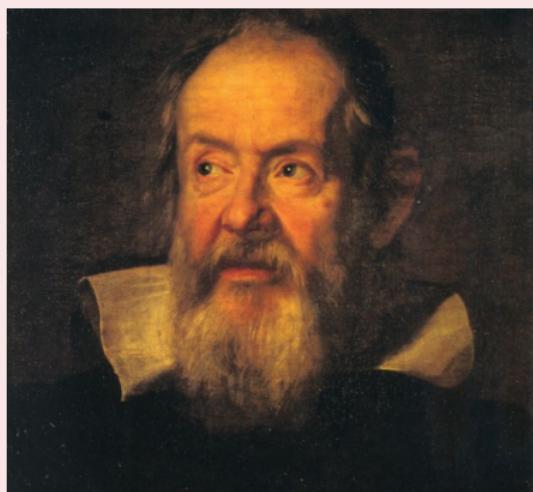
Podemos ter órbitas Elípticas



Além é claro das outras duas leis empíricas sobre o movimento dos planetas do Sistema Solar.

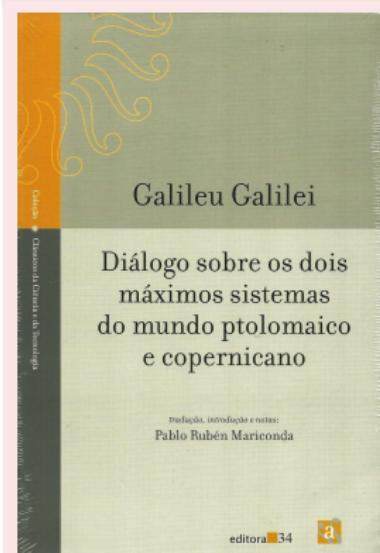
Contribuição de Galileu (1564 - 1642)

Esse é O CARA...



Galileu contribuiu fortemente para a Astronomia e para a própria metodologia científica

Resultado final do processo...



Claro que isso rendeu a inimizade da Igreja Católica

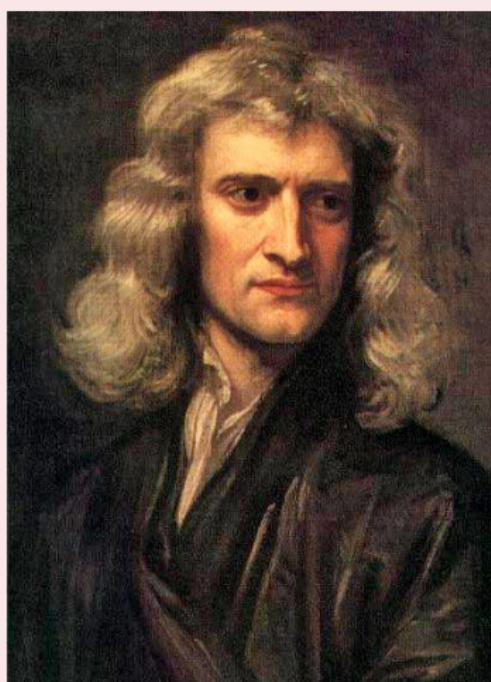
Fé e Astronomia

Visão de Universo descrita na Divina Comédia (1304 - 1321)



Contribuição de Newton(1642 - 1726/7)

Um grande astro...



Maior tratado científico já
escrito

PHILOSOPHIAE NATURALIS PRINCIPIA MATHEMATICA.

Autore J S. NEWTON, Trin. Coll. Cantab. Soc. Matheficos
Professore Lucasiano, & Societatis Regalis Sodali.

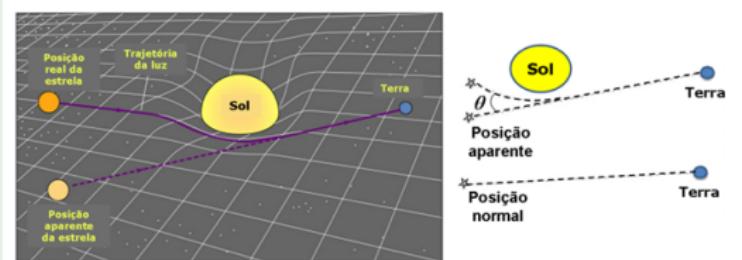
IMPRIMATUR.
S. PEPYS, Reg. Soc. PRÆSES.
Juli 5. 1686.

LONDINI,
In officiis Societatis Regiae ac Typis Josephi Streater. Prostat apud

A Relatividade Geral - 1915

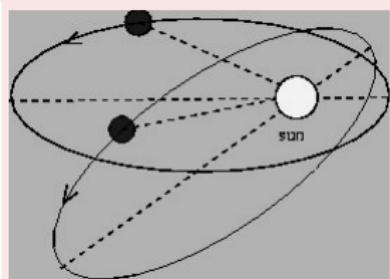


Einstein
(1879-1955)

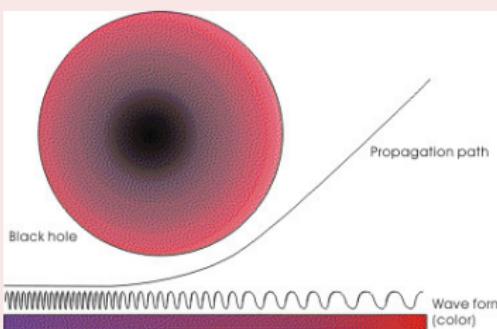


Deformação do Espaço-Tempo e Lentes
Gravitacionais

Que é uma teoria de gravitação...



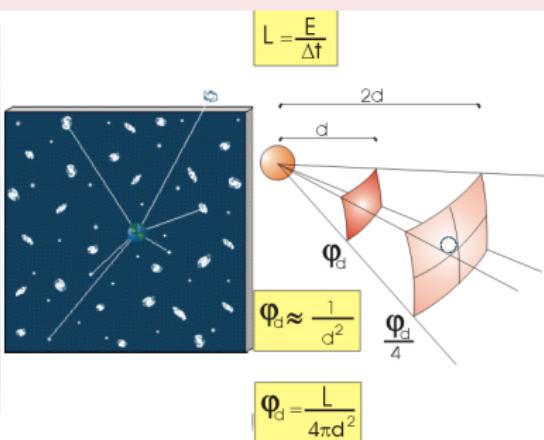
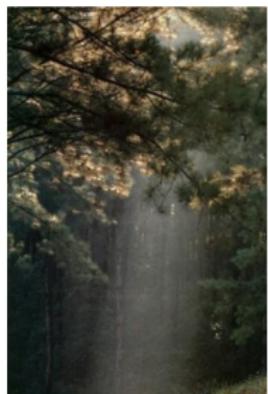
Avanço do periélio de
Mercúrio.



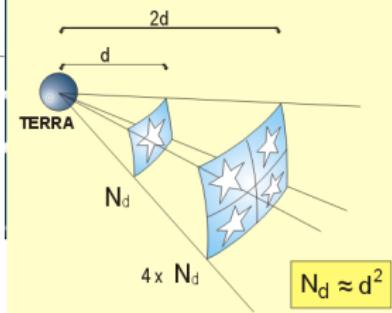
Desvio para o vermelho (Red Shift) gravitacional.

Velhas questões com novas soluções

Paradoxo de Olbers: A escuridão da Noite



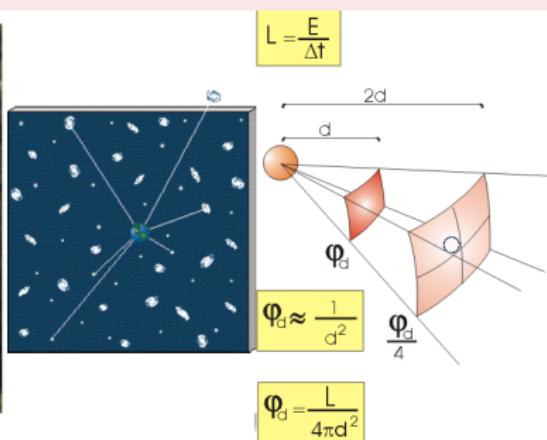
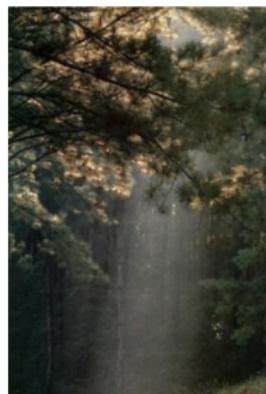
Num Universo homogêneo em larga escala, a quantidade de estrelas (N_d) a uma distância d é proporcional ao quadrado dessa distância.



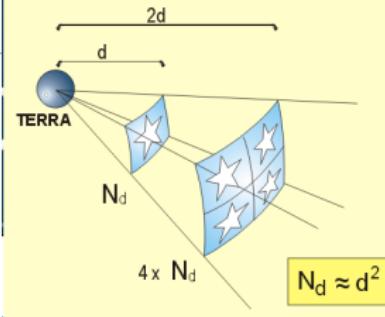
O céu deveria ter a luminosidade de uma estrela média!

Velhas questões com novas soluções

Paradoxo de Olbers: A escuridão da Noite



Num Universo homogêneo em larga escala, a quantidade de estrelas (N_d) a uma distância d é proporcional ao quadrado dessa distância.



O céu deveria ter a luminosidade de uma estrela média!

Velhas questões com novas soluções

Paradoxo de Olbers: A escuridão da Noite

- A solução do Olbers (1758 - 1840) - Num universo estático, euclidiano, infinito e imutável, a **Poeira interestelar absorve a luz das estrelas**. Problema depois de algum tempo, as estrelas estariam em equilíbrio térmico com as estrelas e passariam a brilhar tanto quanto elas.
- O universo não existiu por todo o sempre (**ele pode ter uma idade**) e mesmo as estrelas tem um tempo de vida finito (**sério que estrelas morrem?**). Além disso a energia se degrada devido a expansão do universo(**como é??? Universo em expansão!!!**).

Com as energias criativas renovadas renovadas pela RG, várias novas questões surgiram, juntamente com algumas respostas...algumas um pouco perturbadoras!

Velhas questões com novas soluções

Paradoxo de Olbers: A escuridão da Noite

- A solução do Olbers (1758 - 1840) - Num universo estático, euclidiano, infinito e imutável, a **Poeira interestelar absorve a luz das estrelas**. Problema depois de algum tempo, as estrelas estariam em equilíbrio térmico com as estrelas e passariam a brilhar tanto quanto elas.
- O universo não existiu por todo o sempre (**ele pode ter uma idade**) e mesmo as estrelas tem um tempo de vida finito (**sério que estrelas morrem?**). Além disso a energia se degrada devido a expansão do universo(**como é??? Universo em expansão!!!**).

Com as energia criativas renovadas renovadas pela RG, várias novas questões surgiram, juntamente com algumas respostas...algumas um pouco perturbadoras!

Novas perguntas a serem respondidas

Qual a geometria do universo?, Qual a sua idade?, Qual o seu tamanho?

Equação de Einstein (para a ideia de um universo estático):

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu} R - \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu}$$

- $R_{\mu\nu}$ - Tensor de curvatura Ricci (R = escalar de Ricci), algo que fala da curvatura do espaço em geometria diferencial.
- $g_{\mu\nu}$ - Tensor métrico, define a ideia de distâncias em geometria diferencial(com ele definimos o produto interno por exemplo);
- $T_{\mu\nu}$ - Tensor momento energia, diz qual o conteúdo material contido no espaço tempo.
- Λ - Constante cosmológica (aqui com interpretação geométrica);

Novas perguntas a serem respondidas

Universo estático de Einstein - 1917

Solução de Einstein (para a ideia de um universo estático, homogêneo e isotrópico):

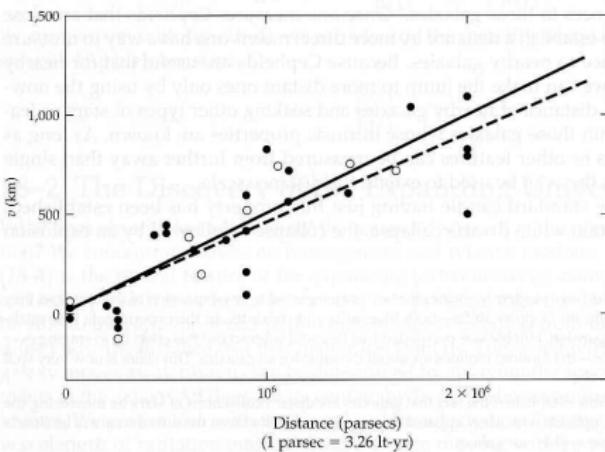
$$\left(\frac{da}{dt}\right)^2 - \left(\frac{8\pi G}{3}\rho + \frac{1}{3}\Lambda c^2\right) R = -K_0 c^2$$

- R - Fator de escala;
- ρ - Densidade total de matéria e energia.
- K_0 - Constante de curvatura, +(universo fechado), -(universo aberto e curvo), 0 (aberto e plano).
- Λ - Constante cosmológica permite que o universo seja estático.

Uma exploração longa sobre isso está acessível em: Soares D. - O universo estático de Einstein - Revista Brasileira de Ensino de Física - 2012

Avanços na Astronomia

Expansão do Universo - Edwin Hubble - 1929



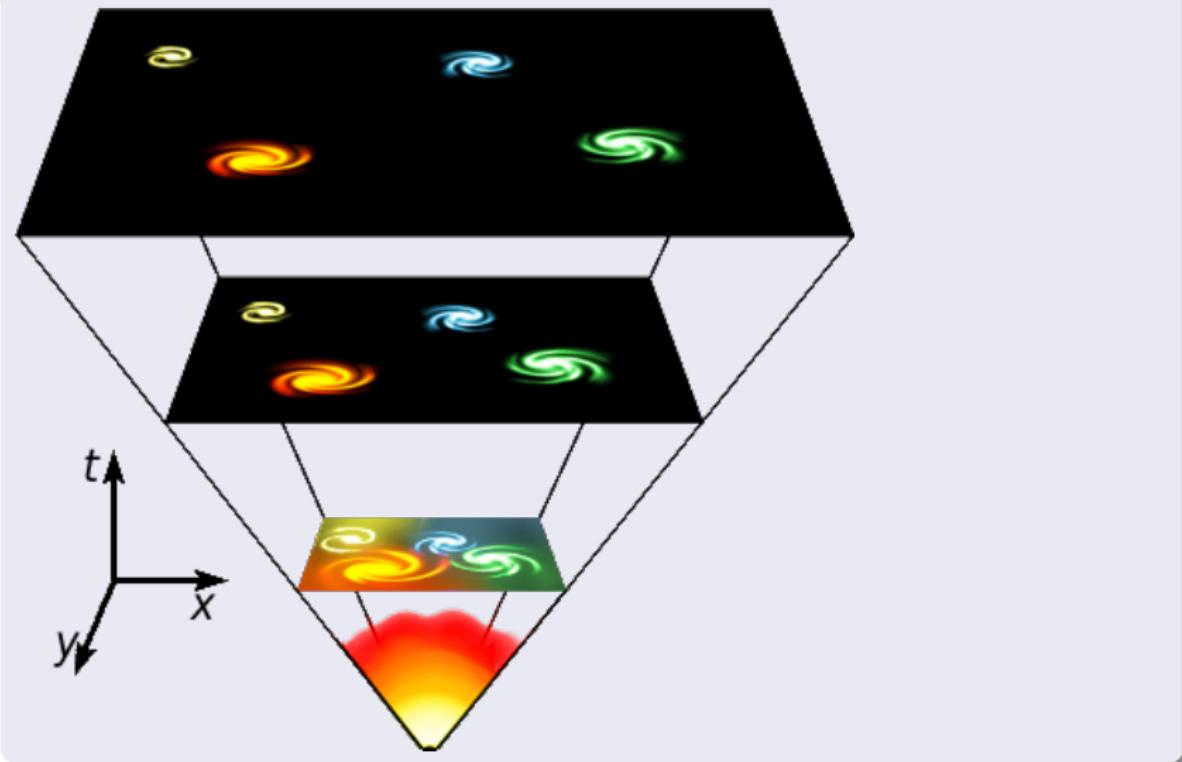
• **Figure 18-4** Velocity-distance relation for distant galaxies and clusters of galaxies. The black dots represent galaxies, and the solid line represents a best straight-line fit to these points. The hollow circles represent clusters of galaxies, and the dashed line is the best straight-line fit to these.

Lei de Hubble Hoje.

$$v_r = H_0 \ r$$

Avanços na Astronomia - Lei de Hubble

Expansão do Universo - Visão Ilustrativa



Avanços na Física Teórica

Métrica de Friedmann-Lemaître-Robertson-Walker - 1922

Solução da Equação de Einstein mais aceita para cosmologia hoje passa por essa métrica, proposta independentemente por esses caras. Ela gera um universo em expansão naturalmente.

$$ds^2 = -dt^2 + a(t)^2 \left(\frac{1}{1 - k r^2} dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2(\theta) d\phi^2 \right)$$

Lei de Hubble Reescrita

Com dependência temporal.

$$H(t) = \frac{\dot{a}(t)}{a(t)}$$

Avanços na Física Teórica

Equações de Friedmann

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - K \frac{c^2}{a^2} \quad \text{e} \quad 3\frac{\ddot{a}}{a} = -4\pi G \left(\rho + 3\frac{P}{c^2}\right)$$

Uma crítica ao modelo

Seria de fato o universo em larga escala homogêneo e isotrópico.

As medições atuais indicam que sim, mas na época de Friedmann, a coisa era crença mesmo.

Chamamos essa hipótese de princípio cosmológico, que trata com isonomia todos os observadores em todas as partes do universo.

Avanços na Física Teórica

Equações de Friedmann

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G}{3}\rho - K \frac{c^2}{a^2} \quad \text{e} \quad 3\frac{\ddot{a}}{a} = -4\pi G \left(\rho + 3\frac{P}{c^2}\right)$$

Uma crítica ao modelo

Seria de fato o universo em larga escala homogêneo e isotrópico. As medições atuais indicam que sim, mas na época de Friedmann, a coisa era crença mesmo.

Chamamos essa hipótese de princípio cosmológico, que trata com isonomia todos os observadores em todas as partes do universo.

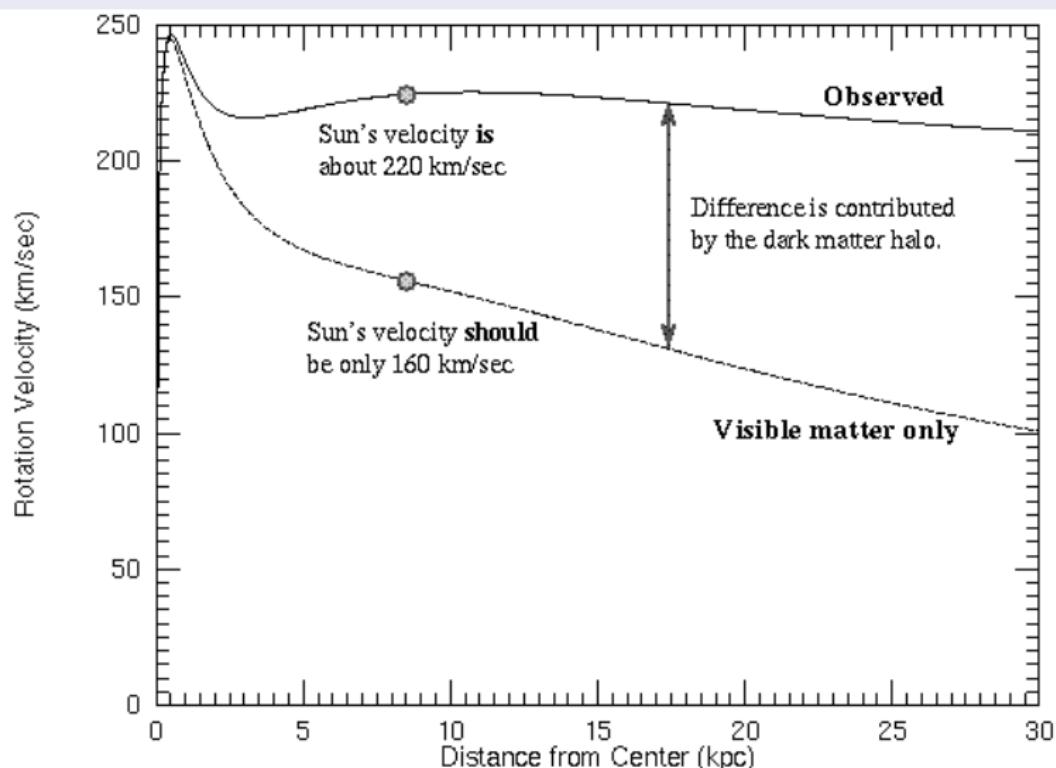
Conteúdo material do universo

Fluidos que compõe o universo

- Bárions (matéria ordinária que se agraga);
- Fótons (energia luminosa que não se agraga, mas pode sofrer influência gravitacional).
- Neutrinos (leptons exotéricos, supostamente não massivos).
- Outras coisas que podem perturbar seu sono.

Evidências da Matéria Escura

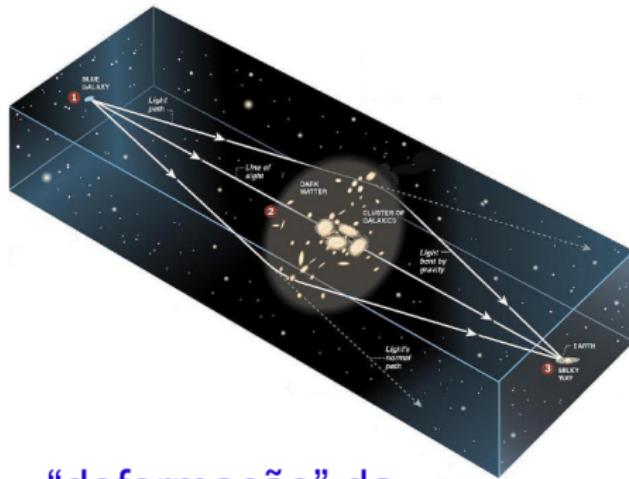
Curva de rotação de galáxias



The gravity of the visible matter in the Galaxy is not enough to explain the high orbital

Evidências da Matéria Escura

Lentes Gravitacionais



“deformação” da
trajetória da luz pelo
espaço-tempo curvo



Gravitational Lens
Galaxy Cluster 0024+1654
Hubble Space Telescope · WFPC2

PTC98-10 - ST 9th OPO - April 24, 1995 - W. Colley (Trifid/LIN), NASA

Evidências da Matéria Escura

Aglomerado da Bala



Evidências da Energia Escura

Expansão acelerada do universo - 1998 - Observação de Supernovas



Voltaremos a isso mais tarde! Por hora só temos que saber que precisamos de uma espécie de repulsão gravitacional, um candidato é a Energia Escura.

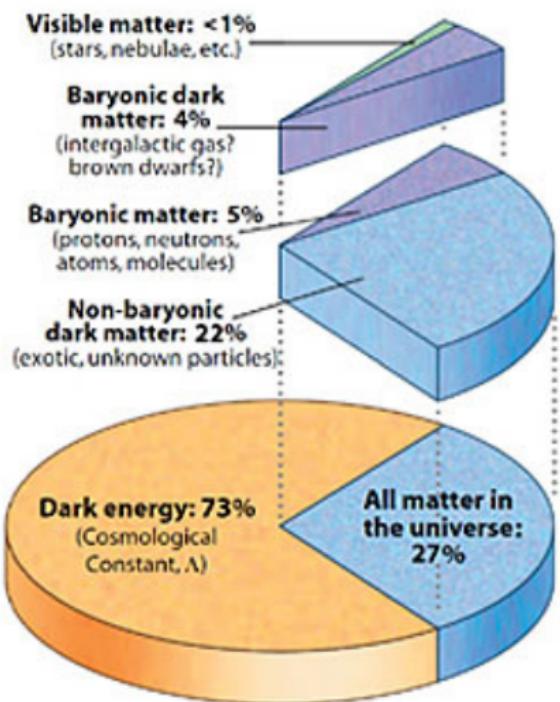
Evidências da Energia Escura

Idade do Universo

- A idade do universo pode ser calculada mediante o parâmetro de Hubble ($H(t)$) comentado anteriormente.
- O valor teórico previsto para o $H(t)$ depende do conteúdo material do universo.
- Sem um fator repulsivo, o universo seria mais jovem que alguns objetos celestes medidos nos últimos anos.
- Novamente a esse candidato chamamos de Energia escura.

Panorama Geral

Modelos de Universo - Mais simples - *LCDM* plano



Zoológico de Propostas

Alguns modelos Cosmológicos

- Quintessencia (Constante Cosmológica está aqui).
- Gás de Chaplygin (unifica matéria e energia escura).
- Modelos com variação temporal de parâmetros.
- Vai da criatividade do pesquisador...

Ideias ainda mais ousadas

- Mudança da Métrica do Universo (tem até métrica GEOCENTRICA).
- Alterações na geometria da equação de Einstein.
- Mudança de teoria (alternativa a Relatividade Geral).

Zoológico de Propostas

Alguns modelos Cosmológicos

- Quintessencia (Constante Cosmológica está aqui).
- Gás de Chaplygin (unifica matéria e energia escura).
- Modelos com variação temporal de parâmetros.
- Vai da criatividade do pesquisador...

Ideias ainda mais ousadas

- Mudança da Métrica do Universo (tem até métrica GEOCENTRICA).
- Alterações na geometria da equação de Einstein.
- Mudança de teoria (alternativa a Relatividade Geral).

Quem julga as propostas...

Observáveis Astronômicos

- Radiação Cósmica de Fundo (inglês CMB).
- Curva de Luz das Supernovas do tipo Ia (SN Ia)
- Fração de Bárions em Aglomerados de Galáxias.
- Lentes Gravitacionais (fracas e fortes).
- Oscilações Acústicas de Bárions (inglês BAO).
- Contagem de Aglomerados de Galáxias (vulgo Clusters ou number count).
- Deve ter mais...só falta tempo, o que não falta é trabalho!

Quem julga as propostas...

Observáveis Astronômicos

- Radiação Cósmica de Fundo (inglês CMB).
- Curva de Luz das Supernovas do tipo Ia (SN Ia)
- Fração de Bárions em Aglomerados de Galáxias.
- Lentes Gravitacionais (fracas e fortes).
- Oscilações Acústicas de Bárions (inglês BAO).
- Contagem de Aglomerados de Galáxias (vulgo Clusters ou number count).
- Deve ter mais...só falta tempo, o que não falta é trabalho!

Radiação Cósmica de Fundo

Linha do tempo

Radiação que permeia todo o espaço de forma homogênea, seu valor é no máximo na faixa do micro-ondas e é uma radiação do tipo de corpo negro.

- Predita por Gamow e outros em 1948.
- Medida acidentalmente por Perzias e Wilson em 1965.
- Nobel de Física para Perzias e Wilson em 1978.
- Cosmic Background Explorer (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico) - Satélite lançado em 1989, suas medidas ocorreram até 1993.
- Lançamento de outros projetos, o principal foi o WMAP em 2003.
- Nobel de Física dado aos líderes do projeto COBE 2006.

Radiação Cósmica de Fundo

Linha do tempo

Radiação que permeia todo o espaço de forma homogênea, seu valor é no máximo na faixa do micro-ondas e é uma radiação do tipo de corpo negro.

- Predita por Gamow e outros em 1948.
- Medida acidentalmente por Perzias e Wilson em 1965.
- Nobel de Física para Perzias e Wilson em 1978.
- Cosmic Background Explorer (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico) - Satélite lançado em 1989, suas medidas ocorreram até 1993.
- Lançamento de outros projetos, o principal foi o WMAP em 2003.
- Nobel de Física dado aos líderes do projeto COBE 2006.

Radiação Cósmica de Fundo

Linha do tempo

Radiação que permeia todo o espaço de forma homogênea, seu valor é no máximo na faixa do micro-ondas e é uma radiação do tipo de corpo negro.

- Predita por Gamow e outros em 1948.
- Medida acidentalmente por Perzias e Wilson em 1965.
- **Nobel de Física para Perzias e Wilson em 1978.**
- **Cosmic Background Explorer (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico)** - Satélite lançado em 1989, suas medidas ocorreram até 1993.
- Lançamento de outros projetos, o principal foi o WMAP em 2003.
- Nobel de Física dado aos líderes do projeto COBE 2006.

Radiação Cósmica de Fundo

Linha do tempo

Radiação que permeia todo o espaço de forma homogênea, seu valor é no máximo na faixa do micro-ondas e é uma radiação do tipo de corpo negro.

- Predita por Gamow e outros em 1948.
- Medida acidentalmente por Perzias e Wilson em 1965.
- Nobel de Física para Perzias e Wilson em 1978.
- **Cosmic Background Explorer (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico)** - Satélite lançado em 1989, suas medidas ocorreram até 1993.
- Lançamento de outros projetos, o principal foi o WMAP em 2003.
- Nobel de Física dado aos líderes do projeto COBE 2006.

Radiação Cósmica de Fundo

Linha do tempo

Radiação que permeia todo o espaço de forma homogênea, seu valor é no máximo na faixa do micro-ondas e é uma radiação do tipo de corpo negro.

- Predita por Gamow e outros em 1948.
- Medida acidentalmente por Perzias e Wilson em 1965.
- Nobel de Física para Perzias e Wilson em 1978.
- Cosmic Background Explorer (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico) - Satélite lançado em 1989, suas medidas ocorreram até 1993.
- Lançamento de outros projetos, o principal foi o WMAP em 2003.
- Nobel de Física dado aos líderes do projeto COBE 2006.

Radiação Cósmica de Fundo

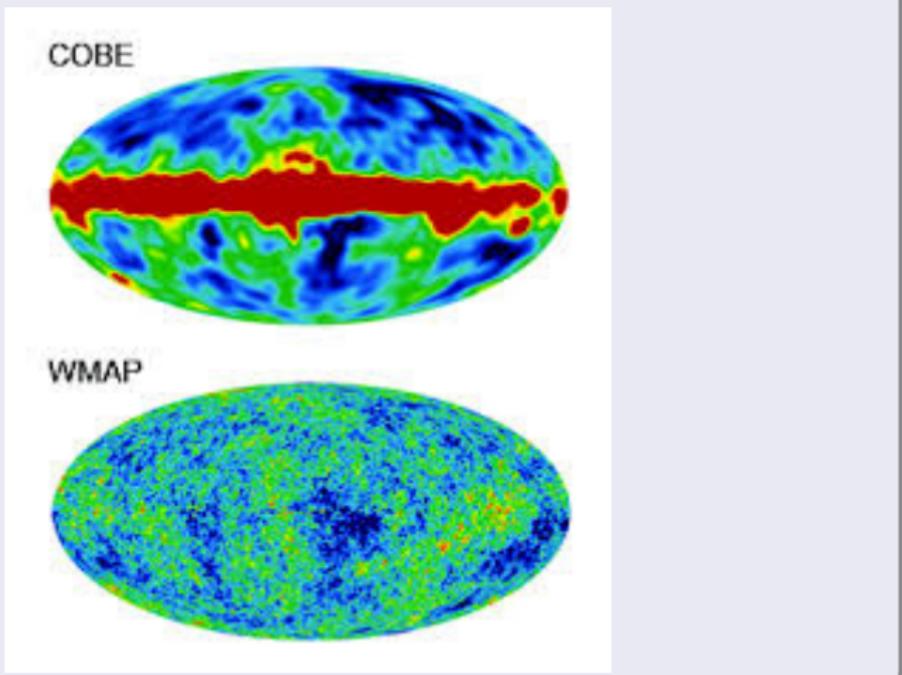
Linha do tempo

Radiação que permeia todo o espaço de forma homogênea, seu valor é no máximo na faixa do micro-ondas e é uma radiação do tipo de corpo negro.

- Predita por Gamow e outros em 1948.
- Medida acidentalmente por Perzias e Wilson em 1965.
- Nobel de Física para Perzias e Wilson em 1978.
- Cosmic Background Explorer (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico) - Satélite lançado em 1989, suas medidas ocorreram até 1993.
- Lançamento de outros projetos, o principal foi o WMAP em 2003.
- Nobel de Física dado aos líderes do projeto COBE 2006.

Radiação Cósmica de Fundo

COBE vs WMAP



Radiação Cósmica de Fundo

Principais contribuições desta medida

- Contribuição para a confirmação de que o universo é Isotrópico.
- Quanto a geometria da seção espacial do universo (curvatura).
- A matéria como conhecemos não existiu desde sempre.
- Melhores estimativas sobre a idade do universo.
- Dá mais indícios sobre o Big Bang.

Onde o bicho pega...

- Todos perceberam que essa radiação vem de muito longe no passado, quanto mais longe no passado, mas suposições fazemos.

Radiação Cósmica de Fundo

Principais contribuições desta medida

- Contribuição para a confirmação de que o universo é Isotrópico.
- Quanto a geometria da seção espacial do universo (curvatura).
- A matéria como conhecemos não existiu desde sempre.
- Melhores estimativas sobre a idade do universo.
- Dá mais indícios sobre o Big Bang.

Onde o bicho pega...

- Todos perceberam que essa radiação vem de muito longe no passado, quanto mais longe no passado, mas suposições fazemos.

O que são as SN Ia

O que é uma Supernova?

- ① A supernova é um dos possíveis estágios finais de uma estrela.
- ② Ela surge se a estrela tiver (**ou receber**) massa suficiente para que as forças de atração gravitacional provoquem uma explosão advinda da fusão nuclear dos seus componentes.
- ③ Não existe total compreensão sobre os mecanismos de explosão, quais estrelas participam da explosão ou mesmo quais as características das galáxias hospedeiras.

Para uma revisão sobre os mecanismos de explosão e o problema dos progenitores veja Livio 1999¹.

¹Livio, M., 1999. The Progenitors of Type Ia Supernovae. [astro-ph/9903264](https://arxiv.org/abs/astro-ph/9903264).

O que são as SN Ia

O que é uma Supernova?

- ① A supernova é um dos possíveis estágios finais de uma estrela.
- ② Ela surge se a estrela tiver (**ou receber**) massa suficiente para que as forças de atração gravitacional provoquem uma explosão advinda da fusão nuclear dos seus componentes.
- ③ Não existe total compreensão sobre os mecanismos de explosão, quais estrelas participam da explosão ou mesmo quais as características das galáxias hospedeiras.

Para uma revisão sobre os mecanismos de explosão e o problema dos progenitores veja Livio 1999¹.

¹Livio, M., 1999. The Progenitors of Type Ia Supernovae. astro-ph/9903264.

O que são as SN Ia

Tipificação de Supernovas.

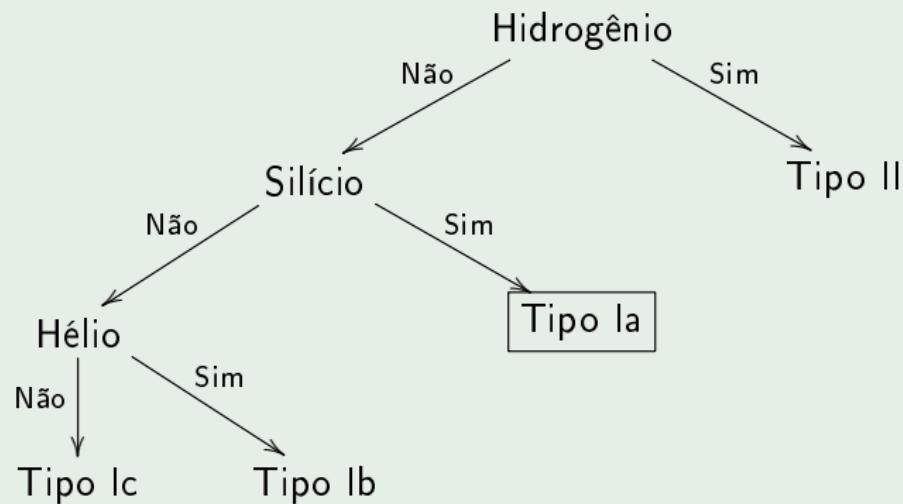


Diagrama feito segundo os estudos contidos em Filippenko 1997²

²Filippenko, A. V., 1997. Optical Spectra of Supernovae. *ARA&A* 35, 309-355.

Usando supernovas do tipo Ia em cosmologia - Padronização

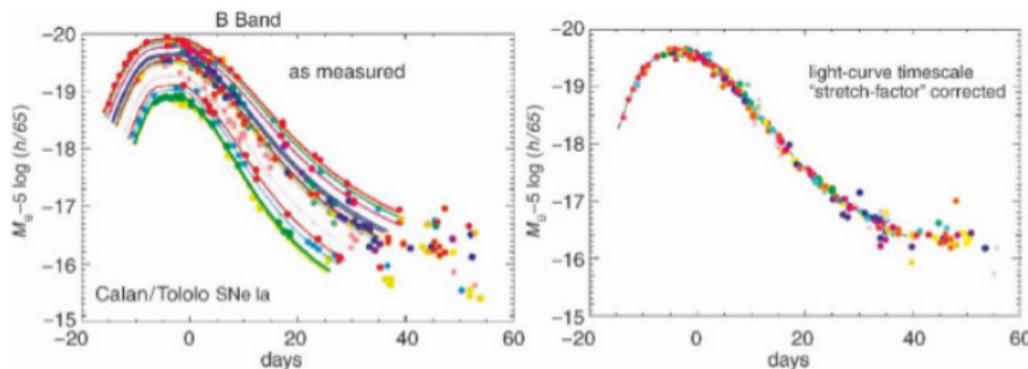


Figura : Lado esquerdo curvas de luz para diferentes supernovas, no lado direito temos o resultado da padronização. Credito da figura: S. Perlmutter, disponível no sítio
http://www-supernova.lbl.gov/public/figures/stretch_hamuy.gif

Δm_{15}
Phillips 1993^a

Stretch
Goldhaber 2001^b

MLCS2k2
Jha 2006^c

SALT2
Guy 2007^d

CMAGIC
Wang 2003^e

SNooPY
Burns 2010^f

SiFTO
Conley 2008^g

BayeSN
Mandel 2010^h

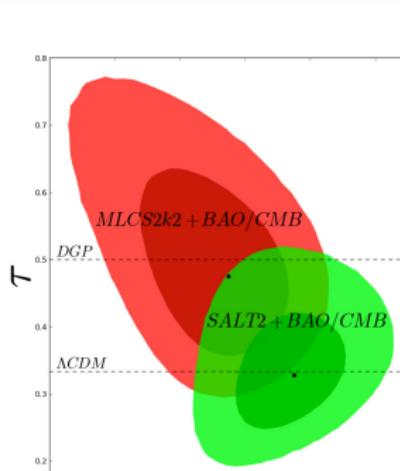
Supernovas do Tipo Ia

Principais contribuições desta observação

- Predisse que o universo se expande aceleradamente (Novel de 2011 por isso).
- Complementa as estimativas de CMB (e outros observável).

Onde o bicho pega...

Decididamente precisamos entender melhor os processos que envolvem uma supernova do tipo Ia.



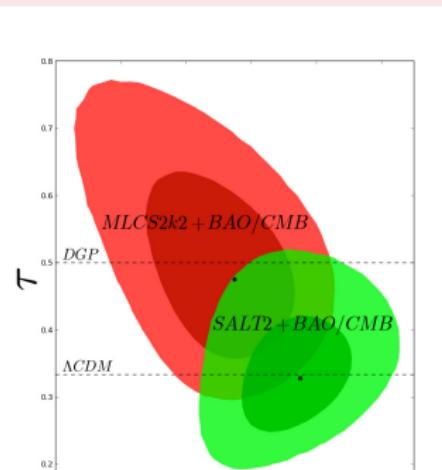
Supernovas do Tipo Ia

Principais contribuições desta observação

- Predisse que o universo se expande aceleradamente (Novel de 2011 por isso).
- Complementa as estimativas de CMB (e outros observável).

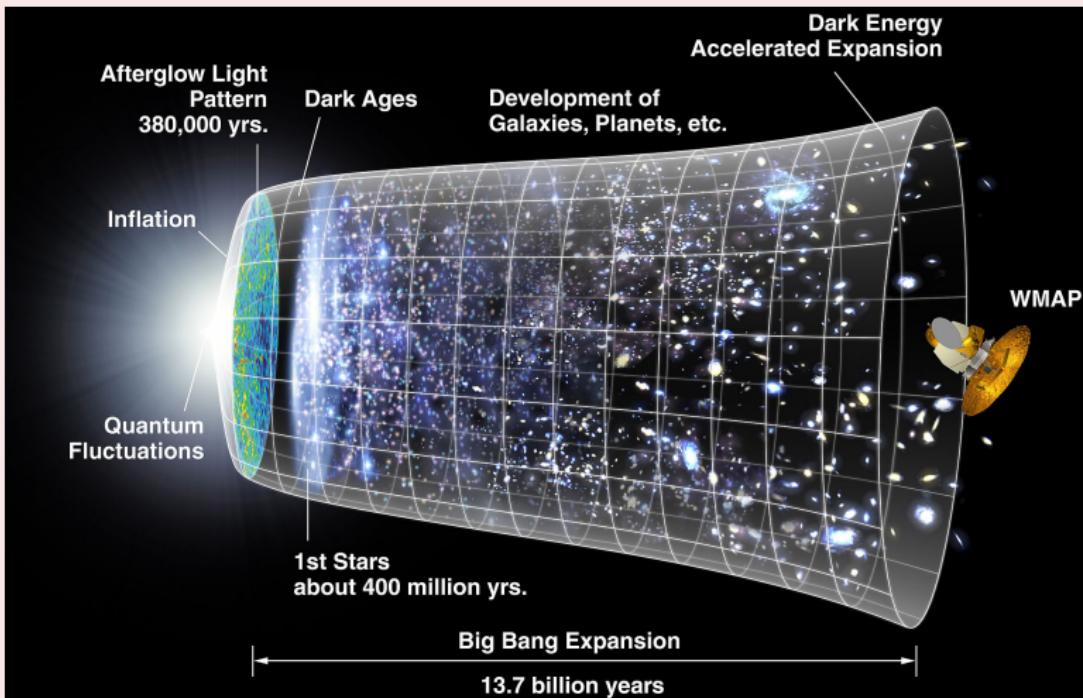
Onde o bicho pega...

Decididamente precisamos entender melhor os processos que envolvem uma supernova do tipo Ia.

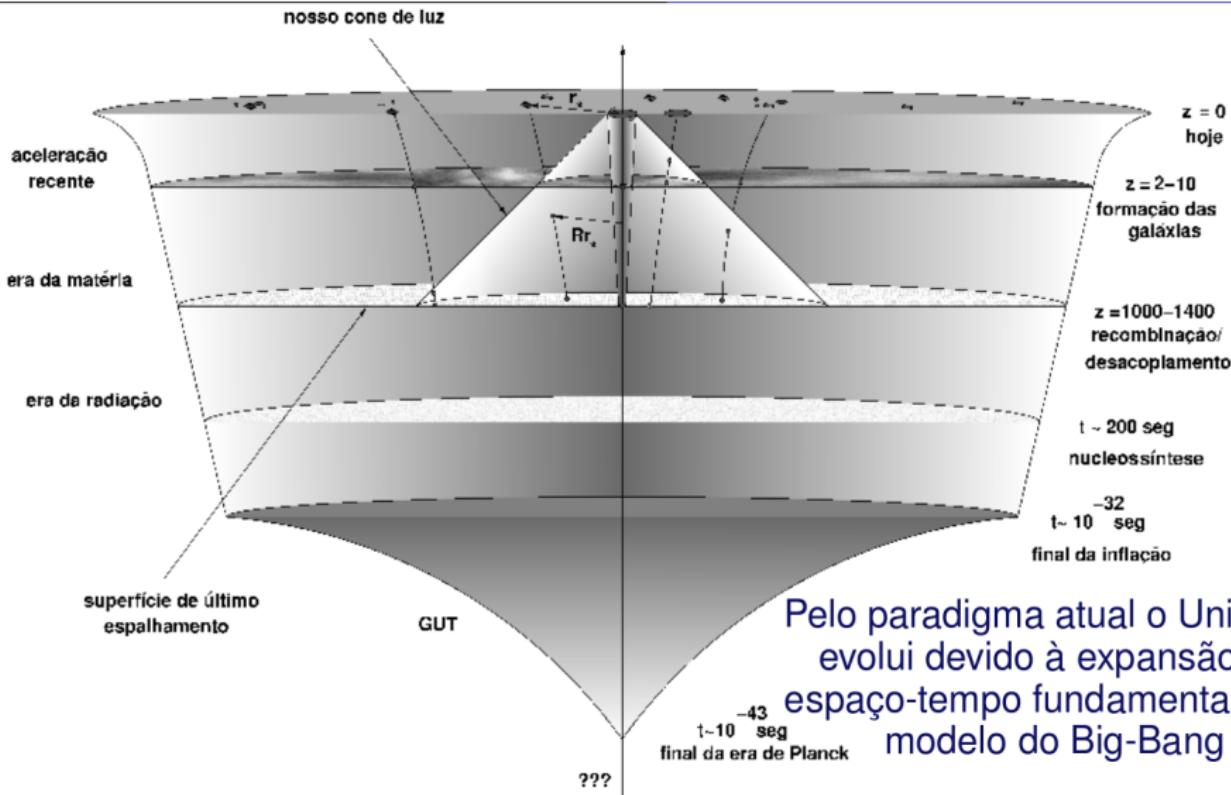


Visão do Nossa Universo Hoje

Universo inflacionário pós Big Bang



Visão do Nossso Universo Hoje



Que é Cosmologia?
oo

Cosmogonia e Cosmologia
oooooooooooo

Racionalização
oooooooooooo

Era Moderna
oooooooooooooooooooo

Que temos hoje?
oooooooooooo●

Cosmologia para Iniciantes

I Semana de Física do CCA

prof. Ramón Gostri Campos

2014

DQF - CCA - UFES

OBRIGADO!