



Fé Cristã e Ciência Contemporânea

Cosmologia e Expansão do Universo

- o Mistério da Criação -

Aula 5

Fé Cristã e Ciência Contemporânea

(novembro)

DIA

TEMA

04.11

Cosmologia e Expansão do Universo
- o Mistério da Criação -

11.11

O Princípio Antrópico e a Sintonia Fina
- Deus está no controle -

18.11

Criacionismo Evolucionário
- Transcendência e Imanência de Deus -

25.11

A Função Teológica da Ciência
- Jesus: o Alfa e o Ômega -

Epígrafes

Porque existe uma lei como a gravidade, o Universo pode e deve criar-se a partir do nada. Criação espontânea é a razão para haver alguma coisa em vez de nada, para que o Universo exista, para que nós existamos. Não é necessário invocar Deus para acender o pavio e pôr o Universo em movimento.

Stephen Hawking

Deus é o próprio conjunto de leis que rege a natureza.

Leonard Mlodinow



Epígrafes

No princípio Deus criou os céus e a terra.

Gênesis 1:1



Todas as coisas foram feitas por intermédio dEle; sem Ele, nada do que existe teria sido feito.

João 1:3

Pela fé entendemos que o universo foi formado pela palavra de Deus, de modo que o que se vê não foi feito do que é visível.

Hebreus 11:3

Introdução: a Via Láctea



A **Via Láctea** é a galáxia espiral onde está o Sistema Solar. É constituída por ~ 200 bilhões de estrelas

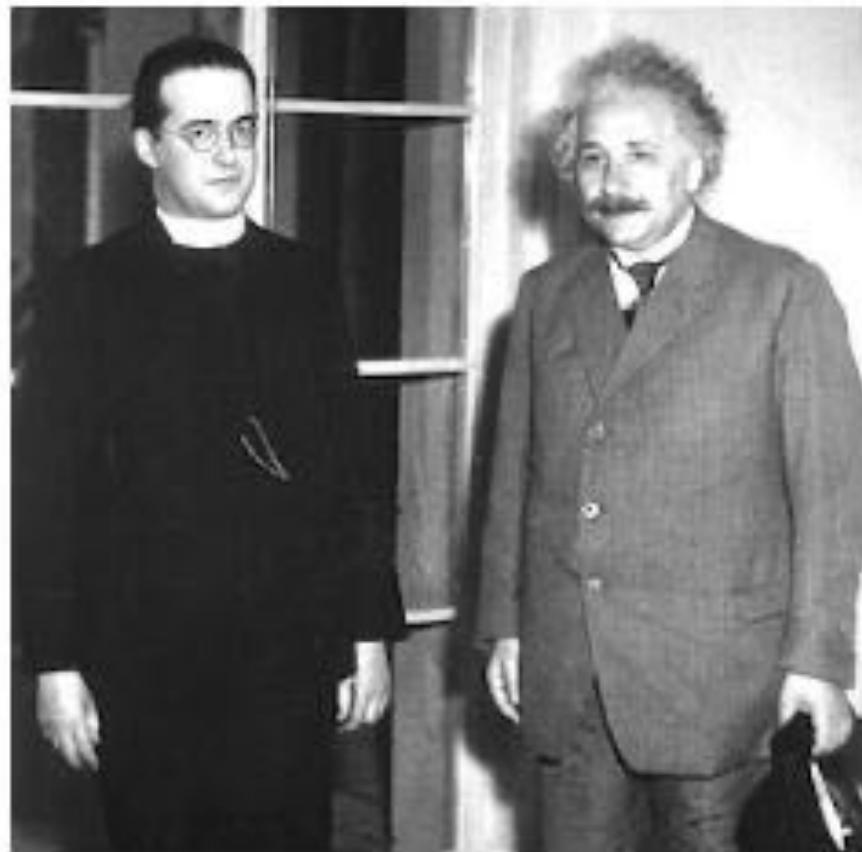
Introdução: a Via Láctea



Mitologia grega: Hércules deve amamentar-se em Hera para tornar-se inteiramente divino. Ele abocanha o seio de Hera com tal violência que a deusa o afasta para longe. O leite que lhe escorre do seio deixa um rastro no céu: a **Via Láctea**

Esse nome vem do latim clássico: *via lactea*, que deriva do grego helenístico γαλαξίας, abreviação de γαλαξίας κύκλος (pr. *galaktikos kyklos*, em port. *ciclo lácteo*).

Personagens Importantes



George Lemaître e Albert Einstein

Edwin Hubble



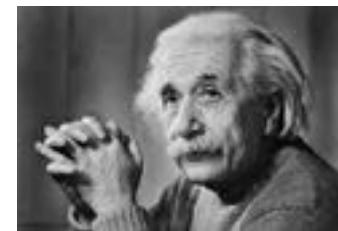
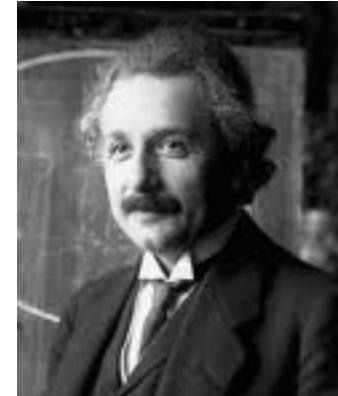
Fred Hoyle



Albert Einstein: 1905, o ano miraculoso



1. Sobre um ponto de vista heurístico concernente à geração e transformação da luz
2. Sobre uma nova determinação das dimensões moleculares
3. Sobre o movimento de partículas suspensas em fluidos em repouso, como postulado pela teoria molecular do calor
4. Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento
5. A inércia de um corpo depende da sua energia?

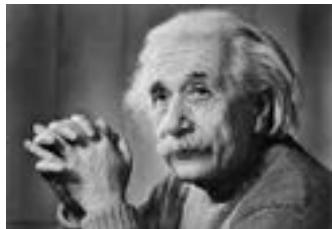
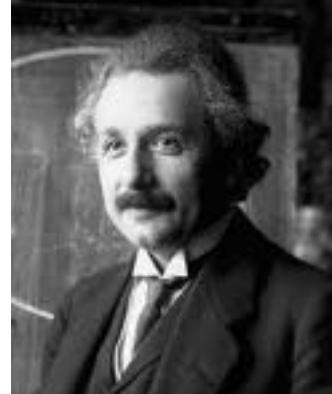


Albert Einstein: 1905, o ano miraculoso



Sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento

- Para Einstein, este trabalho era "apenas um esboço grosso" sobre a eletrodinâmica dos corpos em movimento, usando uma modificação da teoria do espaço e tempo.
- Este "esboço" resultaria na teoria da relatividade restrita.



Albert Einstein: 1905, o ano miraculoso

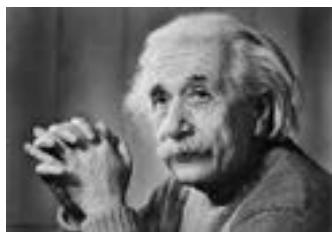
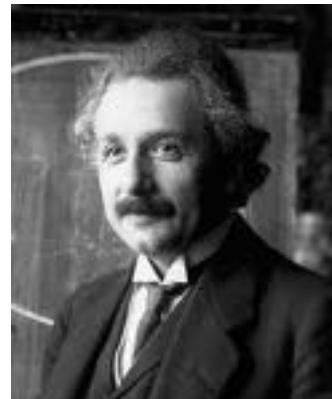


A inércia de um corpo depende da sua energia?

Einstein propõe neste trabalho sua famosa equação $E=mc^2$.

Em uma carta, ele não se mostra seguro:

"O argumento é divertido e sedutor, mas por tudo que conheço o Senhor pode estar rindo de tudo isso e pregando uma peça em mim"



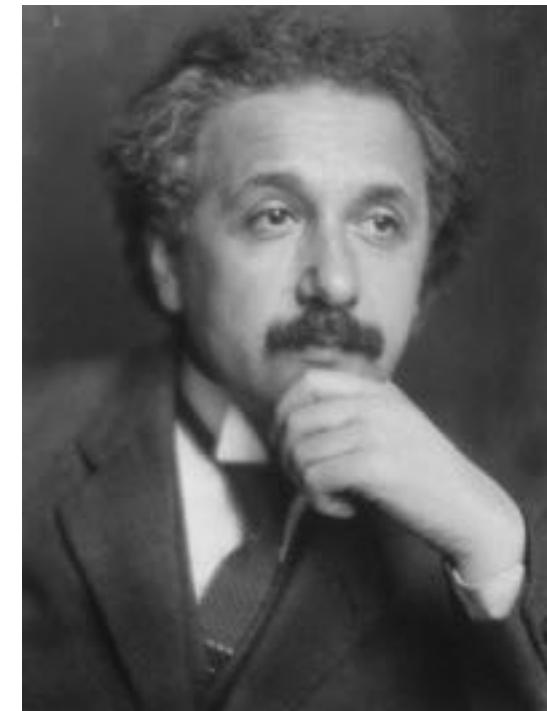
Albert Einstein

1915: Teoria Geral da Relatividade

- A Relatividade Geral é a generalização da Teoria da Gravitação de Newton

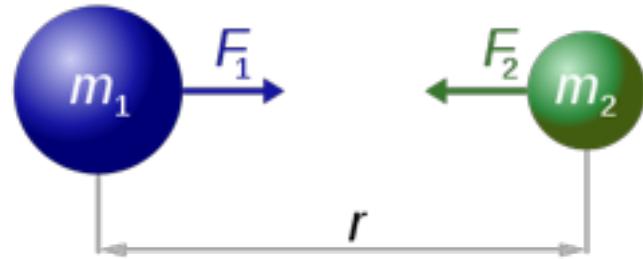
Esta generalização tem implicações profundas no nosso conhecimento do espaço-tempo, levando, entre outras conclusões, à de que a matéria curva o espaço e afeta o tempo à sua volta.

A gravitação aparece como um efeito da geometria do espaço-tempo.

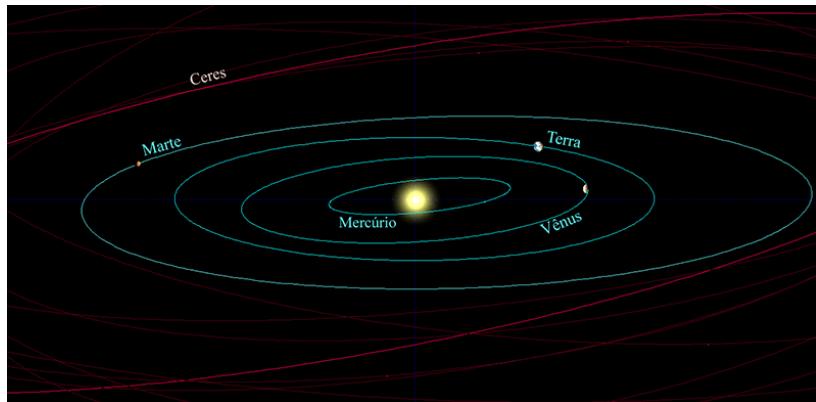


A Gravitação de Einstein

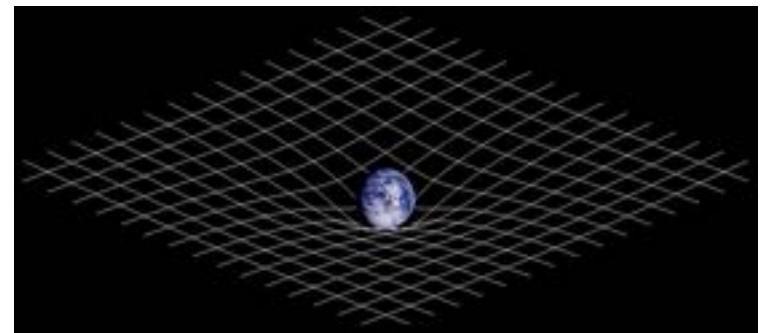
Gravitação de Newton



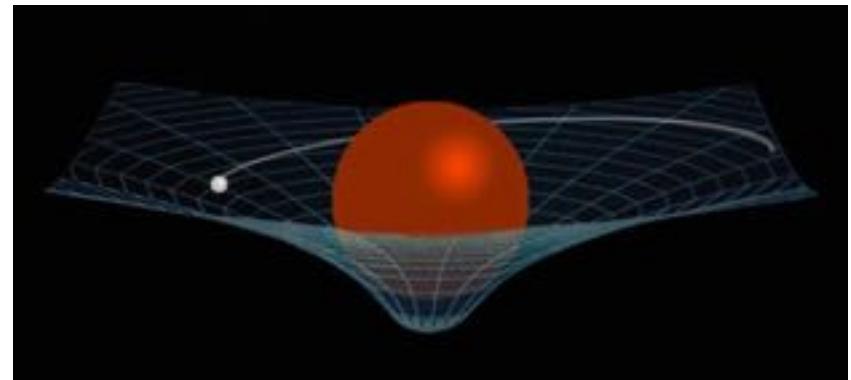
$$F_1 = F_2 = G \frac{m_1 \times m_2}{r^2}$$



Gravitação de Einstein



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

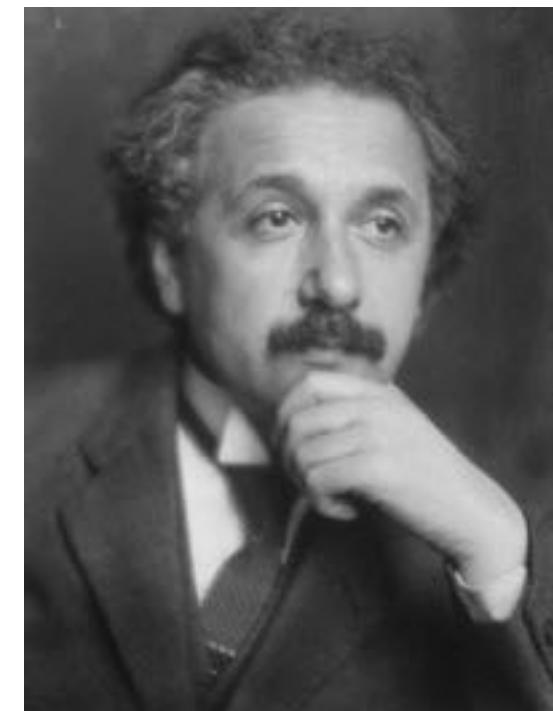


Albert Einstein

1915: Teoria Geral da Relatividade

- **Três efeitos importantes:**

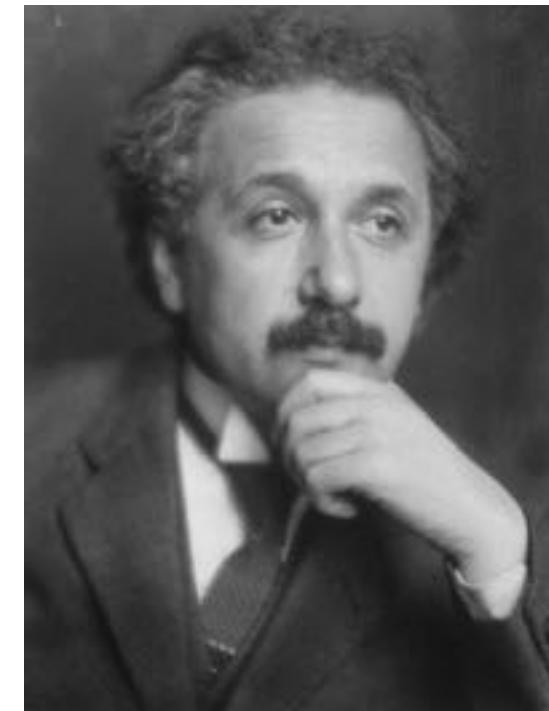
- 1. Curvatura da trajetória da luz**
- 2. Precessão do periélio da órbita de Mercúrio**
- 3. Desvio gravitacional do espectro para o vermelho**



O Universo de Einstein

Einstein acreditava em um universo estático, isotrópico, homogêneo e eterno.

As suas equações descreviam um universo instável, que se expandia ou entrava em colapso. Ele introduziu a "constante cosmológica" Λ para que elas descrevessem um universo estático



Georges Lemaître

1927: Teoria da Expansão do Universo

- Georges-Henri Édouard Lemaître (1894 - 1966): padre católico, astrônomo e físico belga
- A partir da teoria de Einstein, Lemaître propôs o que ficou conhecido como Teoria do Big Bang, que ele chamou de "hipótese do átomo primordial".
- Quando Lemaître falou a Einstein sobre a possível expansão do universo, Einstein disse-lhe: “Sua matemática está correta, mas a sua física é abominável.”



Georges Lemaître

1927: Teoria da Expansão do Universo

- Lemaître mostrou que as soluções das equações de Einstein com a constante cosmológica eram instáveis e que o universo estático previsto por Einstein não poderia existir (deveria expandir-se ou contrair-se)
- Lemaître fez uma previsão explícita de que o universo deveria se expandir.
- Ele também derivou a relação *redshift*-distância, que ficou conhecida como Lei de Hubble



Georges Lemaître

1927: Teoria da Expansão do Universo

- Quando Lemaître falou a Einstein sobre a ideia do “Átomo Primordial”, este cortou o assunto rapidamente: “**Não, não, isso não! Isso sugere muito a Criação!**”
- **Ninguém deu atenção às ideias de Lemaître até a descoberta de Hubble**
- A Teoria do Big Bang foi desenvolvida posteriormente por George Gamow e Einstein veio a aceitá-la em 1931.



Edwin Hubble

1929: Descoberta da Expansão do Universo

- **Edwin Hubble (1889 - 1953) foi um astrônomo americano**
- **Descobriu que as nebulosas eram galáxias fora da Via Láctea (1924) e que estas afastam-se umas das outras (1929)**
- **Este deslocamento das galáxias serviria como base, em 1946, para George Gamow estabelecer a teoria do Big Bang**



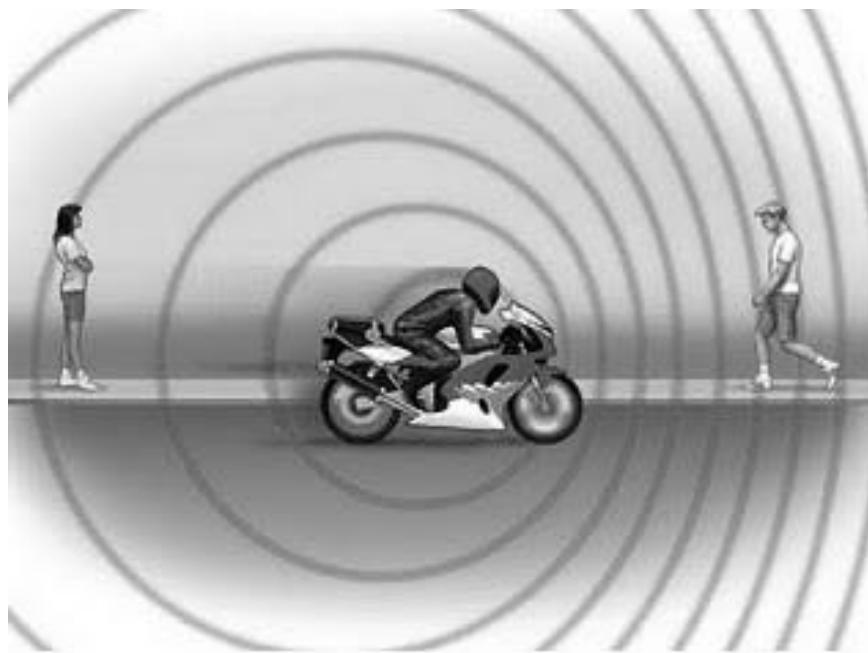
Efeito Doppler

- **Efeito Doppler:** é observado em ondas emitidas por um objeto que está em movimento em relação ao observador



Christian Doppler

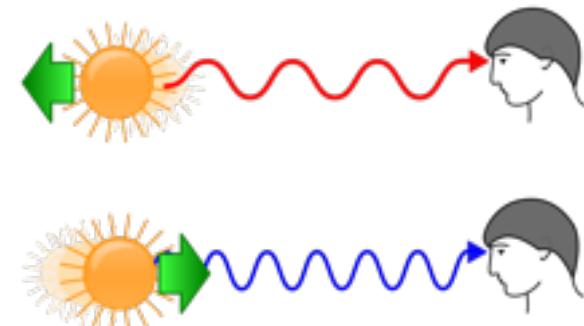
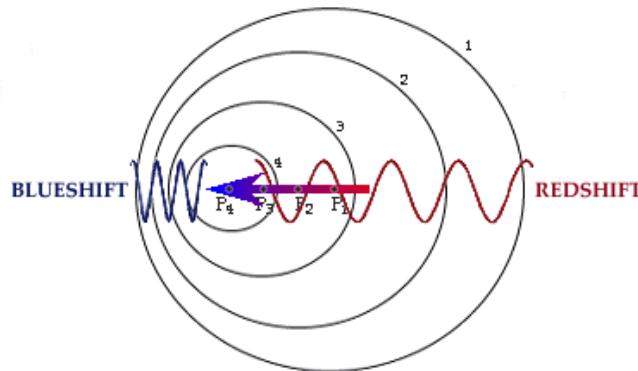
Frequência
Menor



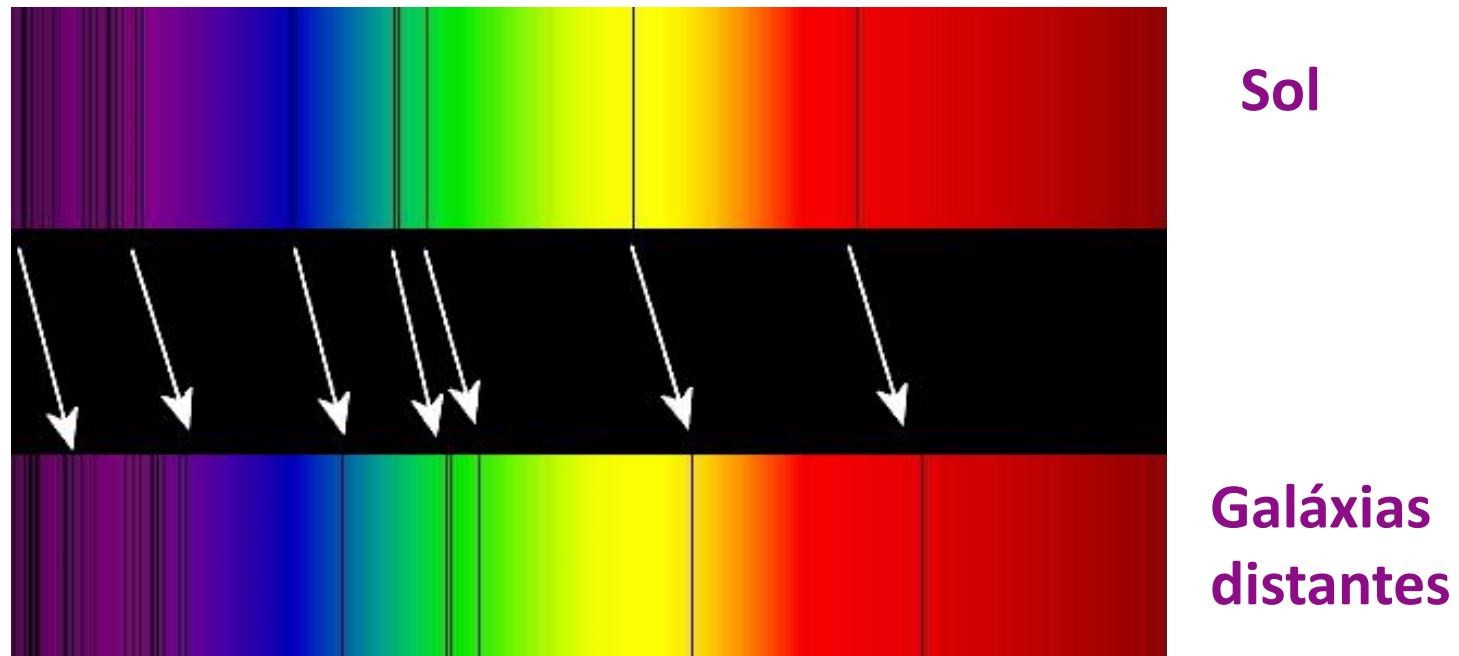
Frequência
Maior

Efeito Doppler e o *Red Shift*

- **Efeito Doppler e a recessão das galáxias**
 - Se uma galáxia estiver se aproximando, a luz desloca-se para a cor azul
 - e se estiver se afastando a luz desloca-se para a cor vermelha
 - Em cada caso, a variação relativa do comprimento é proporcional à velocidade com que a fonte se move.



Efeito Doppler e o *Red Shift*

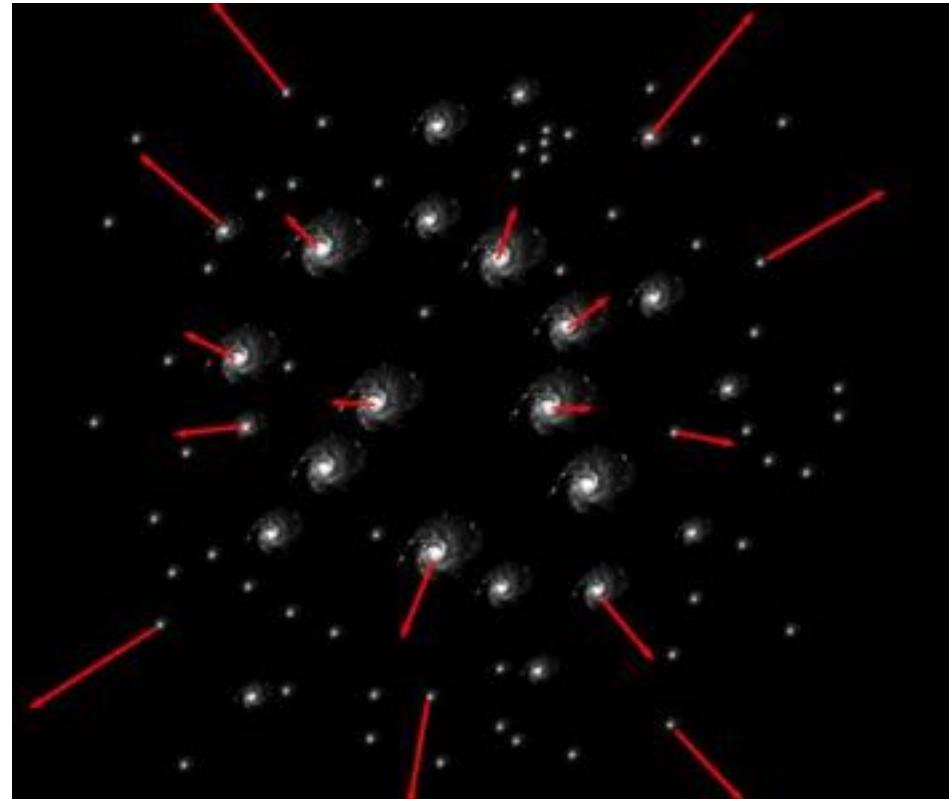
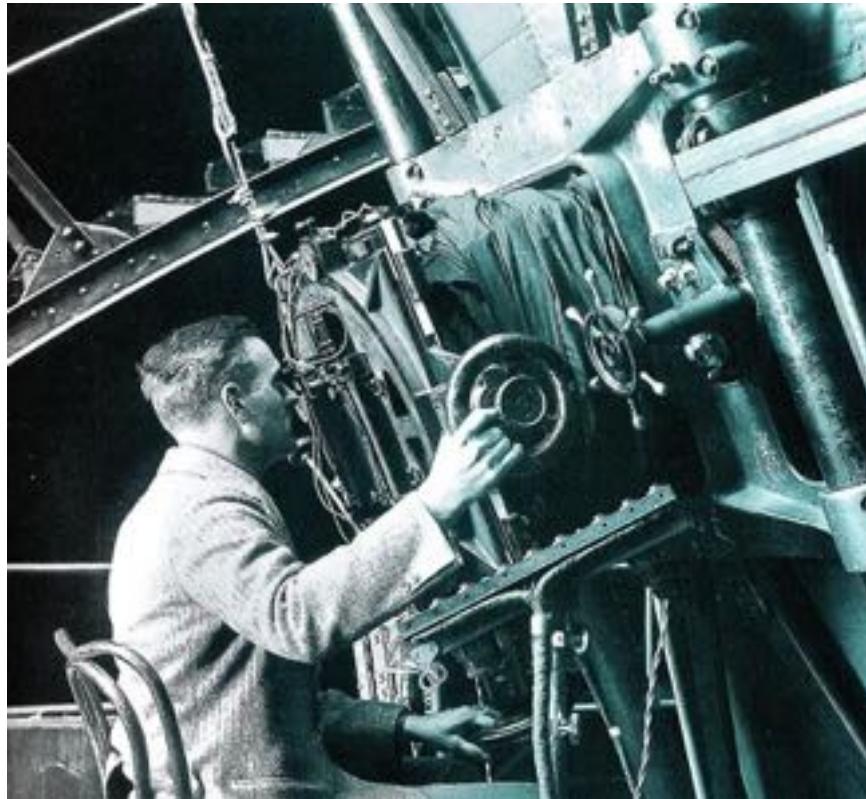


Linhas de absorção no espectro óptico de um superaglomerado de galáxias distantes (abaixo), em comparação com as linhas de absorção no espectro óptico do Sol (acima). As setas indicam *redshift*. Comprimento de onda aumenta para o vermelho (diminui a frequência).

Edwin Hubble

1929: Descoberta da Expansão do Universo

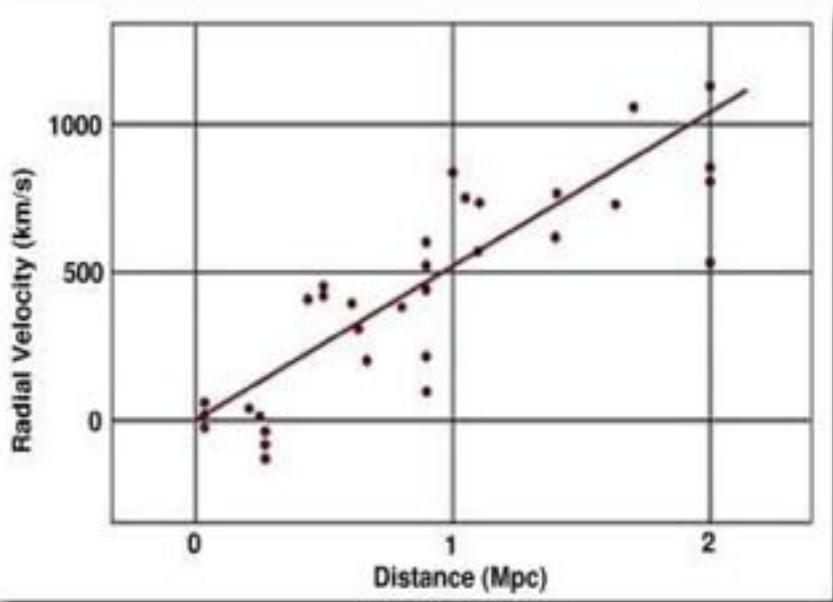
- **Hubble:** analisando o desvio para o vermelho, desenvolveu a teoria da expansão do universo



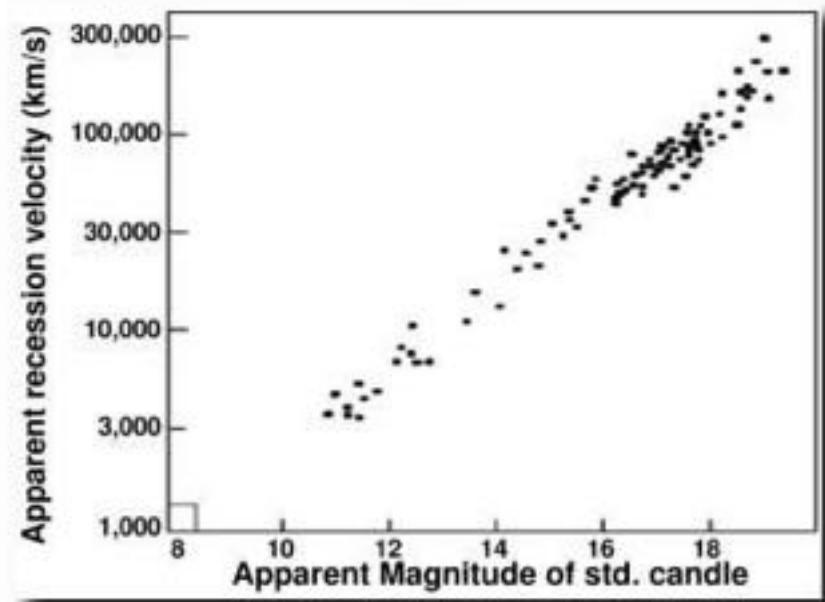
Edwin Hubble

1929: Descoberta da Expansão do Universo

- Hubble determinou que a velocidade de uma galáxia em relação a outra é proporcional à distância entre elas (**Lei de Hubble**).



Hubbles' Original Data



Modern Data

Hans Bethe

1935-1938: nucleossíntese estelar



- **Hans Bethe (1906 - 2005) foi um físico nuclear alemão-americano, ganhador do Prêmio Nobel de Física por seu trabalho sobre a teoria da nucleossíntese estelar**
- De 1935-1938, ele estudou as reações nucleares e o ciclo carbono-oxigênio-nitrogênio, levando à sua teoria da nucleossíntese estelar



Hans Bethe

1935-1938: nucleossíntese estelar

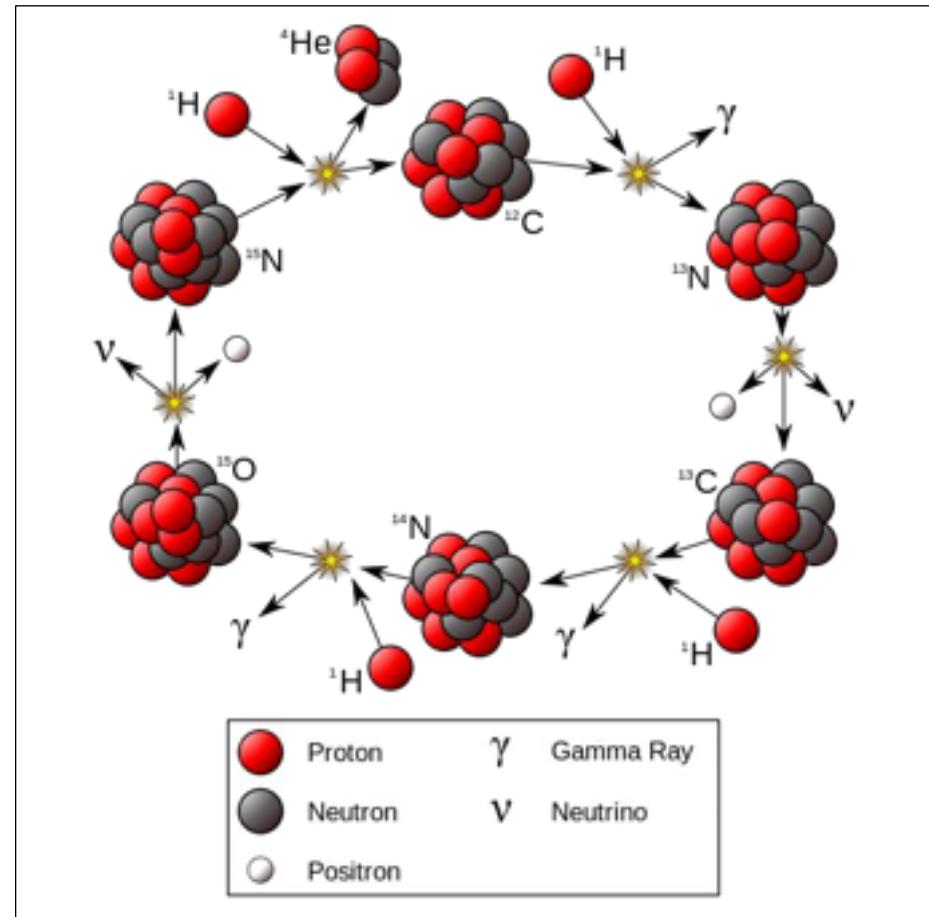
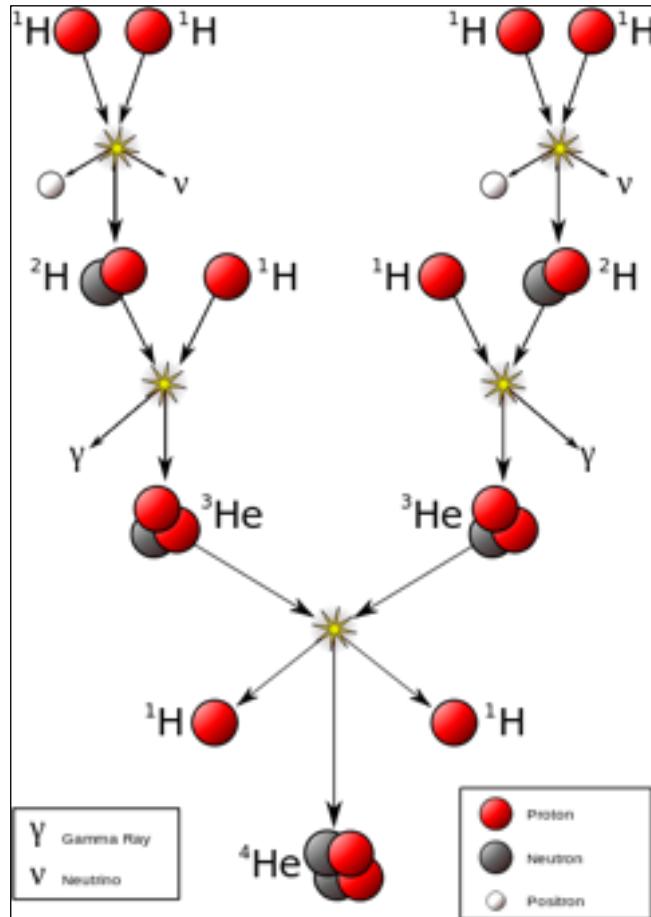
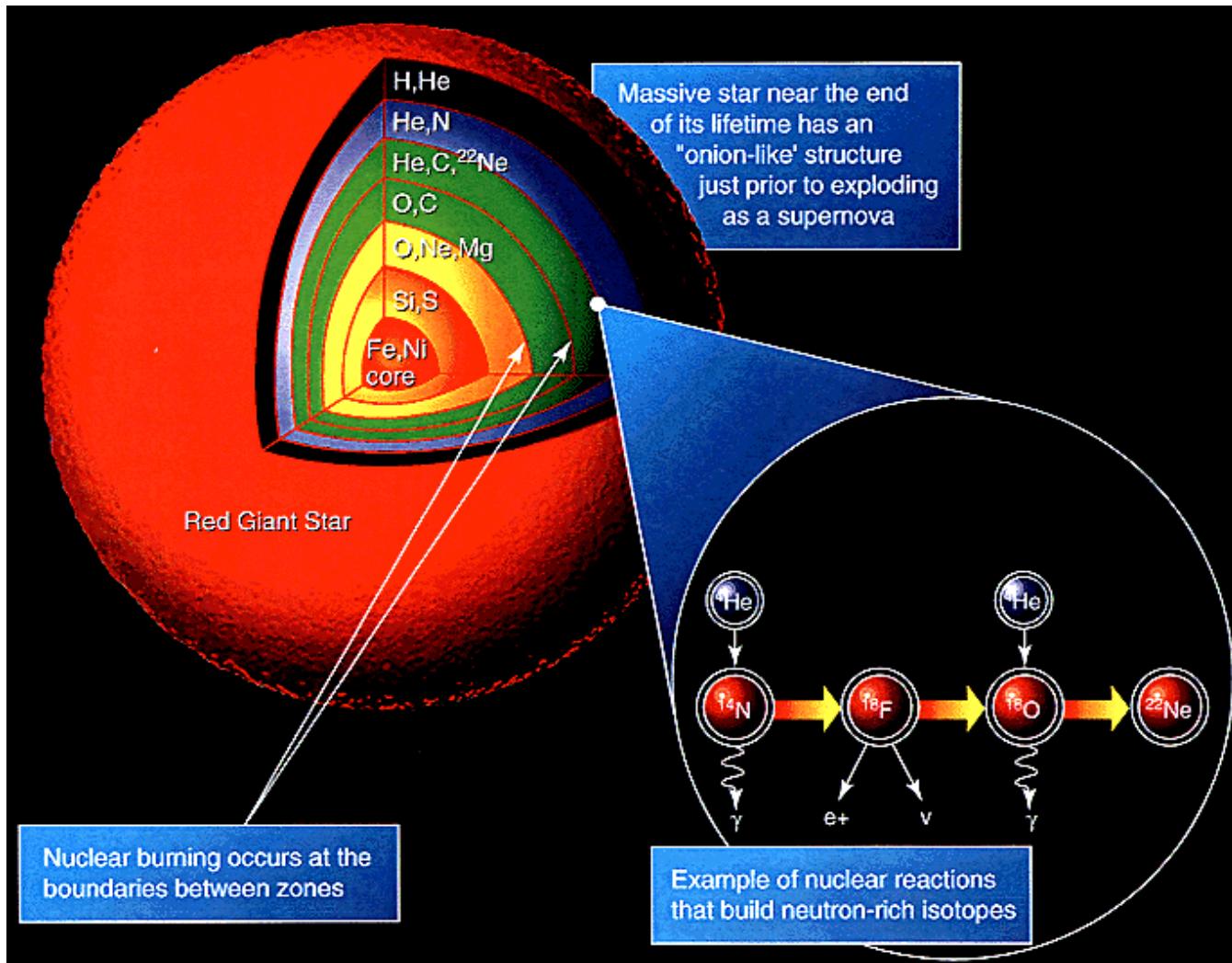


Ilustração da reação próton-próton

Visão geral do ciclo C-N-O

Hans Bethe

1935-1938: nucleossíntese estelar



George Gamow

1948: A teoria do Big Bang

- George Gamow concebeu um importante trabalho em parceria com Ralph Alpher, que foi publicado como a Teoria Alpher-Bethe-Gamow, em 1948
- Este trabalho mostrou como os níveis de hidrogênio e hélio no universo podiam ser explicados por reações que ocorreram no Big Bang



Alpher

Bethe

Gamow

Ralph Alpher e Robert Herman

1948: A radiação cósmica de fundo

- A **radiação cósmica de fundo** foi prevista em 1948 por Alpher e Herman. Eles estimaram que a temperatura da radiação cósmica de fundo seria de 5 Kelvin
- A radiação cósmica de fundo, gerada pelo Big Bang, é uma radiação térmica que preenche o universo observável quase uniformemente



Fred Hoyle

1948: O Universo em Estado Estacionário

- **Frederick Hoyle (1915 - 2001) foi um astrônomo e matemático inglês**
- Tornou-se famoso principalmente por sua contribuição para a teoria da nucleossíntese estelar
- Era conhecido pela postura controversa sobre questões cosmológicas e científicas, em especial sua rejeição pela teoria do "Big Bang", **termo criado originalmente por ele na rádio BBC**



Fred Hoyle

1948: O Universo em Estado Estacionário

- Fred Hoyle (com Thomas Gold e Hermann Bondi) propôs a teoria de um "Universo Estacionário"
- A teoria tentou explicar como o universo poderia ser eterno e essencialmente imutável ainda que as galáxias se afastassem umas das outras
- Essa teoria era a única alternativa séria ao Big Bang



Thomas Gold, Hermann Bondi e Fred Hoyle (1960)

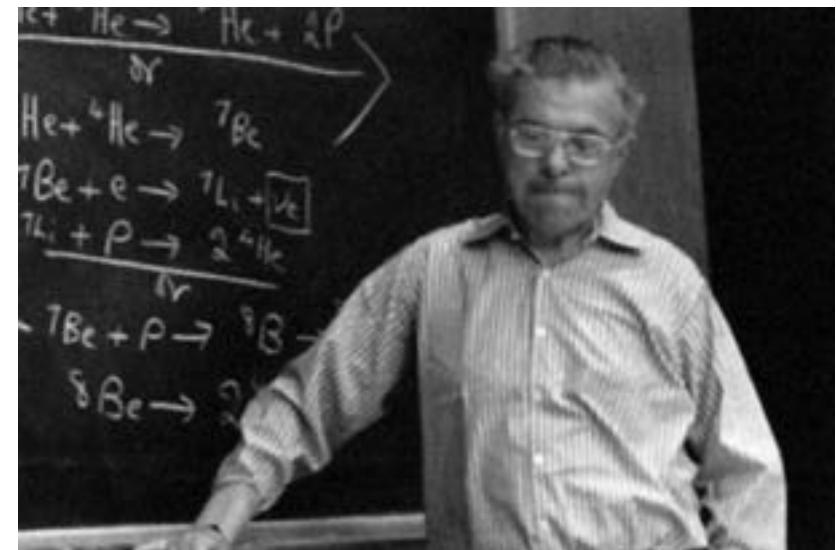
Fred Hoyle

Extremismo anti-religioso

“Hoyle foi um exemplo perfeito da desconfiança quanto a questões metafísicas prevalente entre alguns cientistas da época. Seu anticlericalismo era tão veemente quanto sua hostilidade à religião organizada.” **John Farrell (The day without yesterday)**

“Fred Hoyle: o cientista cuja grosseria custou-lhe um prêmio Nobel.”

Robin McKie



Arno Penzias e Robert Wilson

1965: Radiação cósmica de fundo



- **1965: Descoberta a radiação cósmica de fundo**
- Arno Penzias e Robert Wilson recebem o Prêmio Nobel de Física de 1978, pela descoberta da radiação cósmica de fundo
- Essa descoberta forneceu uma das principais evidências para o **Modelo Cosmológico Padrão** (o Modelo do “Big Bang”)



COBE Explorador do Fundo Cósmico



- O *Cosmic Background Explorer* (COBE ou Explorador do Fundo Cósmico) foi o primeiro satélite construído dedicado à cosmologia (lançado em 1989)
- Seu objetivo era investigar a radiação cósmica de fundo e fornecer medidas que pudessem ajudar na compreensão do universo



George Smoot e John Mather
Nobel de Física de 2006

Descobertas do Satélite COBE

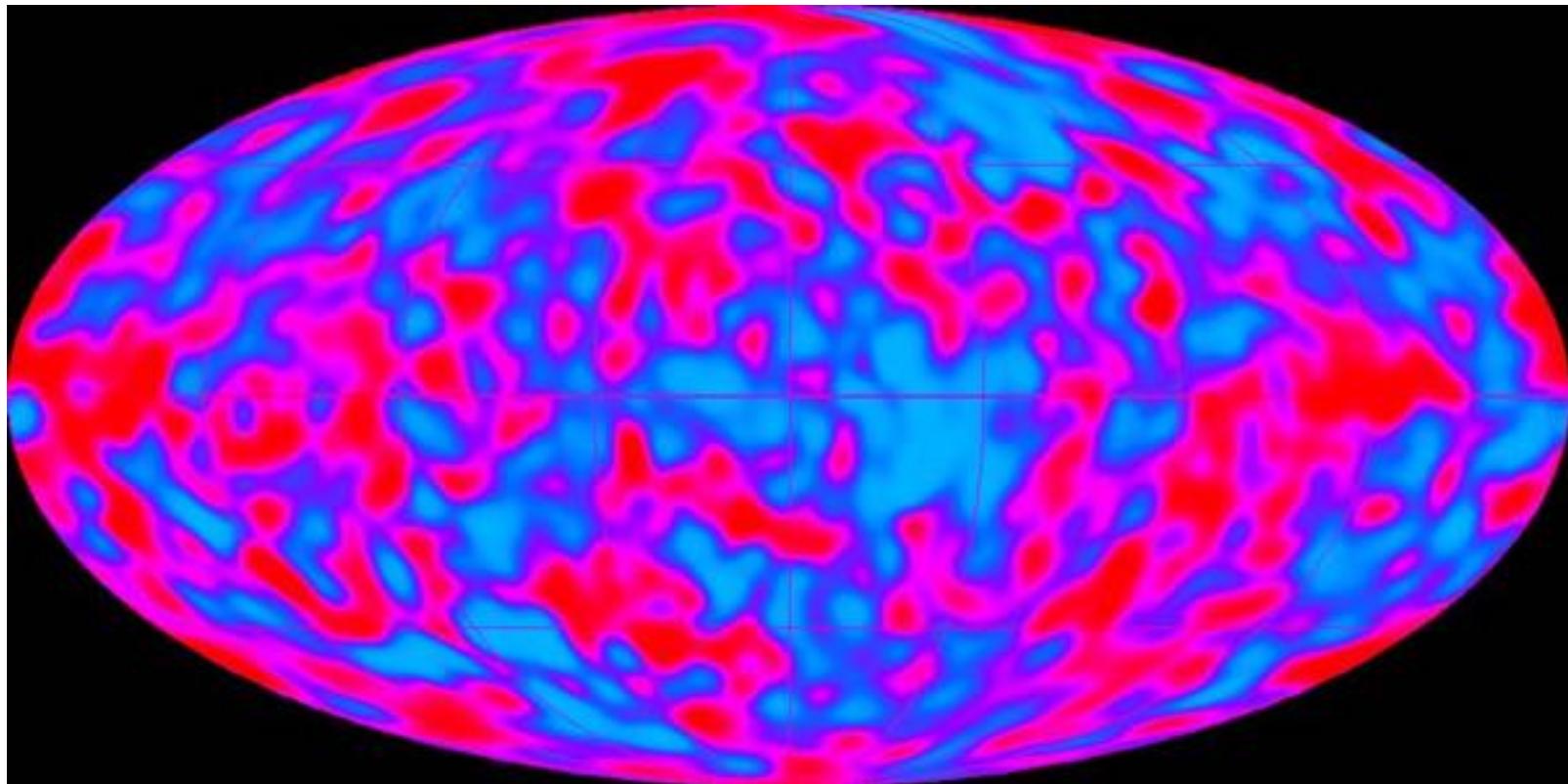


- Entre as principais descobertas do Satélite COBE se destaca a descoberta de um universo bastante isotrópico e que a matéria teve um inicio, ou seja, ela não existia desde sempre.
- Comitê do Prêmio Nobel: “O projeto COBE pode ser considerado como o ponto de partida para a cosmologia como uma ciência precisa”.



George Smoot e John Mather
Nobel de Física de 2006

Descobertas do Satélite COBE

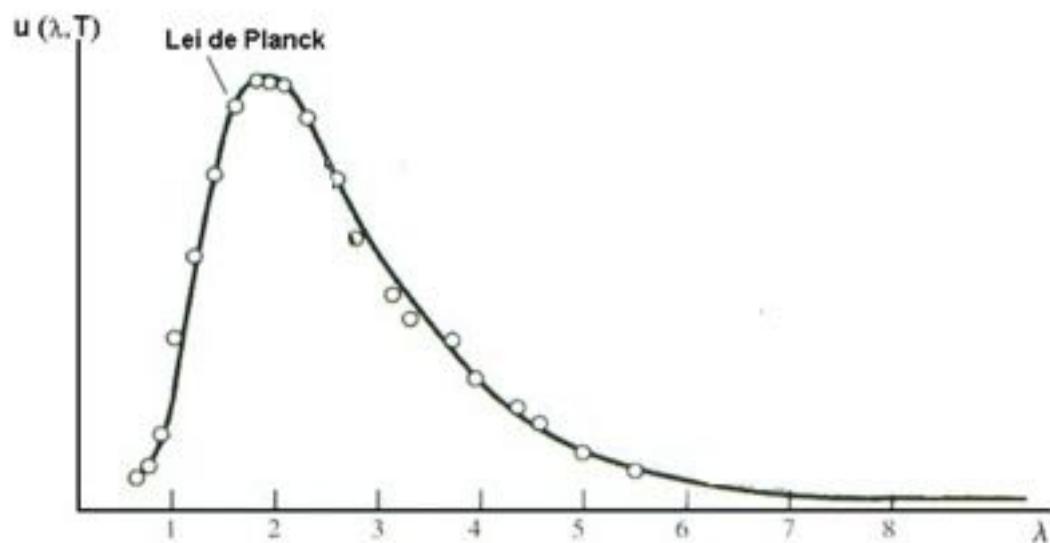
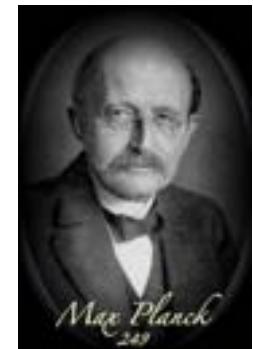


O famoso mapa da anisotropia da Radiação Cósmica de Fundo estabelecido a partir de dados obtidos pela sonda COBE

Max Planck: radiação de corpo negro

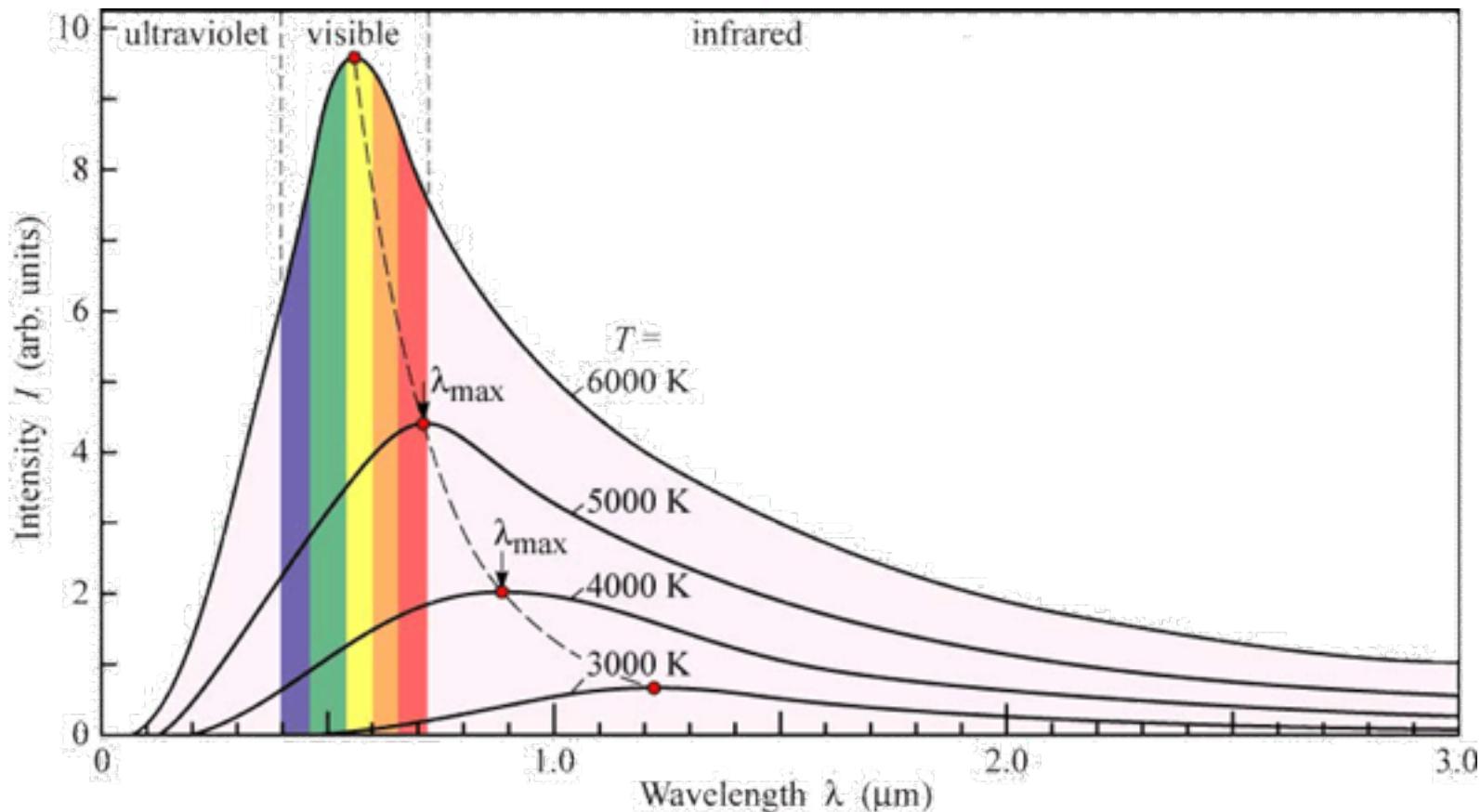
- Lei de Planck (1900) para radiação de corpo negro:

$$\mathcal{D}_T(\lambda) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5} \frac{1}{\exp^{hc/k_B T \lambda} - 1}$$



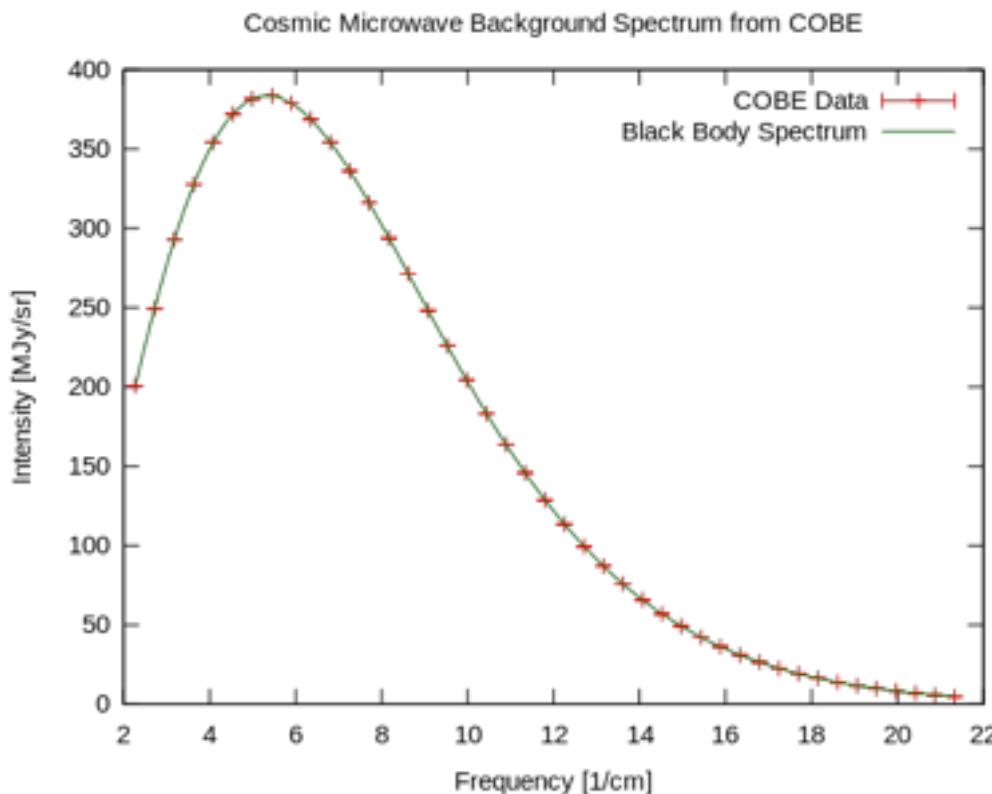
Planck usou uma ideia que considerou desesperadora: a de que a radiação só era emitida em “pacotes de energia”, que chamou de *quanta* (plural de *quantum*)

Max Planck: radiação de corpo negro



A radiação cósmica de fundo

- Espectro da radiação cósmica de fundo medido pelo COBE (COsmic Background Explorer) - 1992



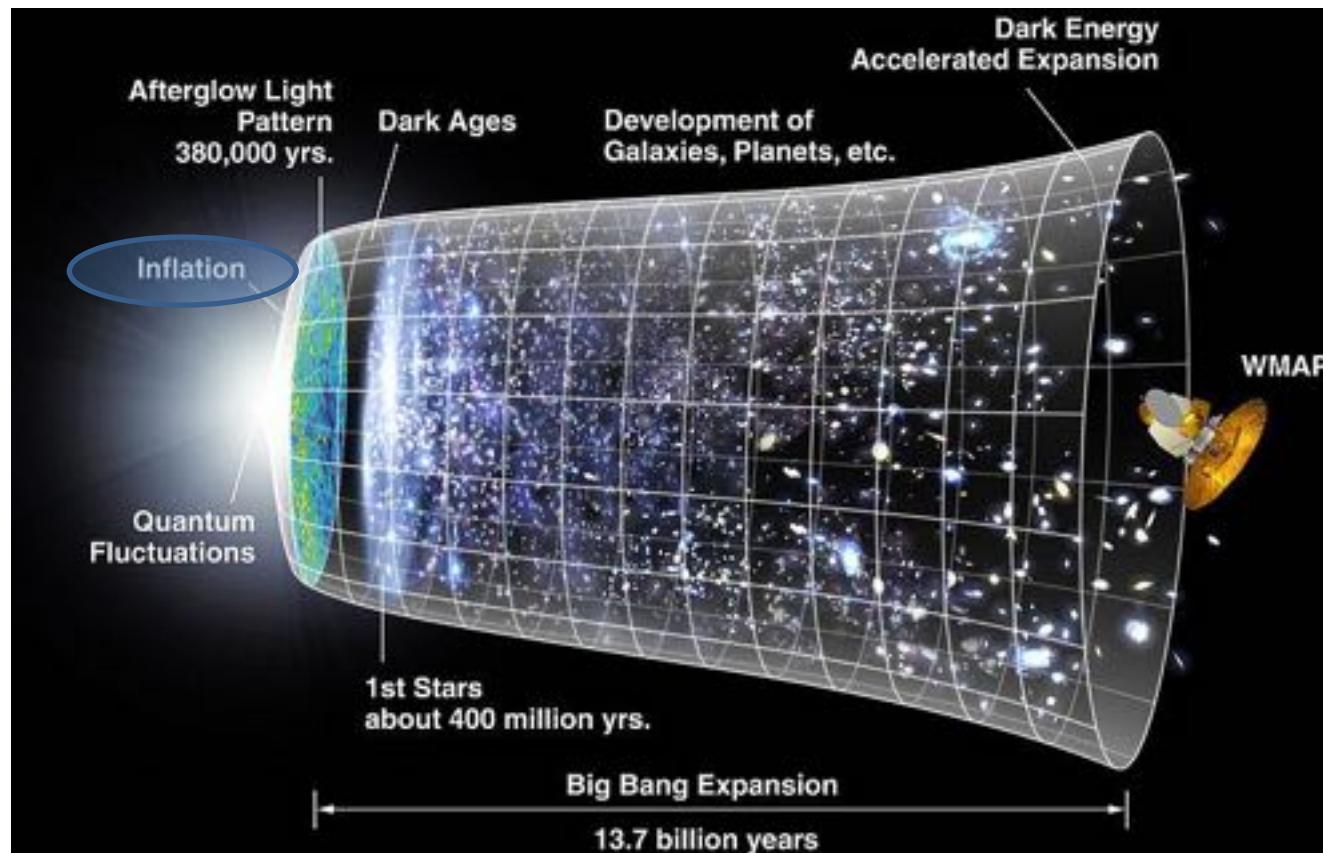
- A temperatura medida foi de $2,72548 \pm 0,00057$ K

Alan Guth: O Universo Inflacionário

- Alan Guth: pai da teoria da inflação cósmica
- Segundo essa teoria, de 1981, o universo sofreu uma expansão exponencial nos primeiros instantes após o Big Bang
- A teoria inflacionária foi desenvolvida nos anos seguintes por vários físicos, entre eles Stephen Hawking, Andrei Linde e Paul Steinhardt, e inclusive o próprio Alan Guth



O Universo Inflacionário

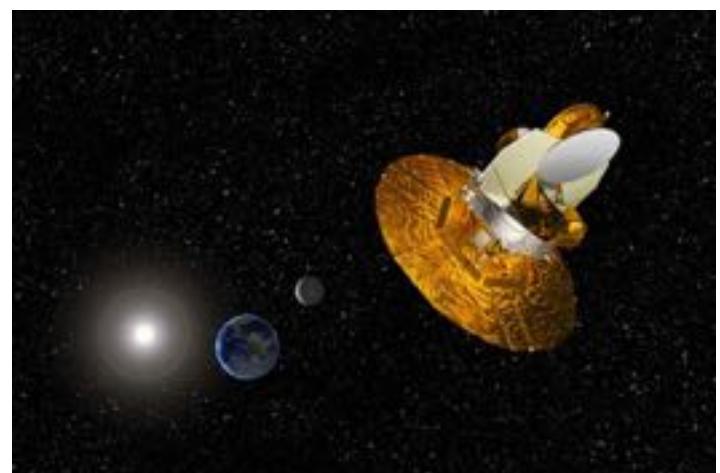


O período inflacionário é responsável pelo rápido aumento do tamanho do universo à esquerda do diagrama

WMAP (2001)

Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo

- **Wilkinson Microwave Anisotropy Probe (WMAP):** sonda da NASA que estuda o espaço profundo e mede as diferenças de temperatura da radiação cósmica de fundo, remanescente do Big Bang
- O objetivo da missão WMAP é testar as teorias sobre a origem e evolução do universo
- É sucessora do projeto COBE



WMAP (2001)

Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo

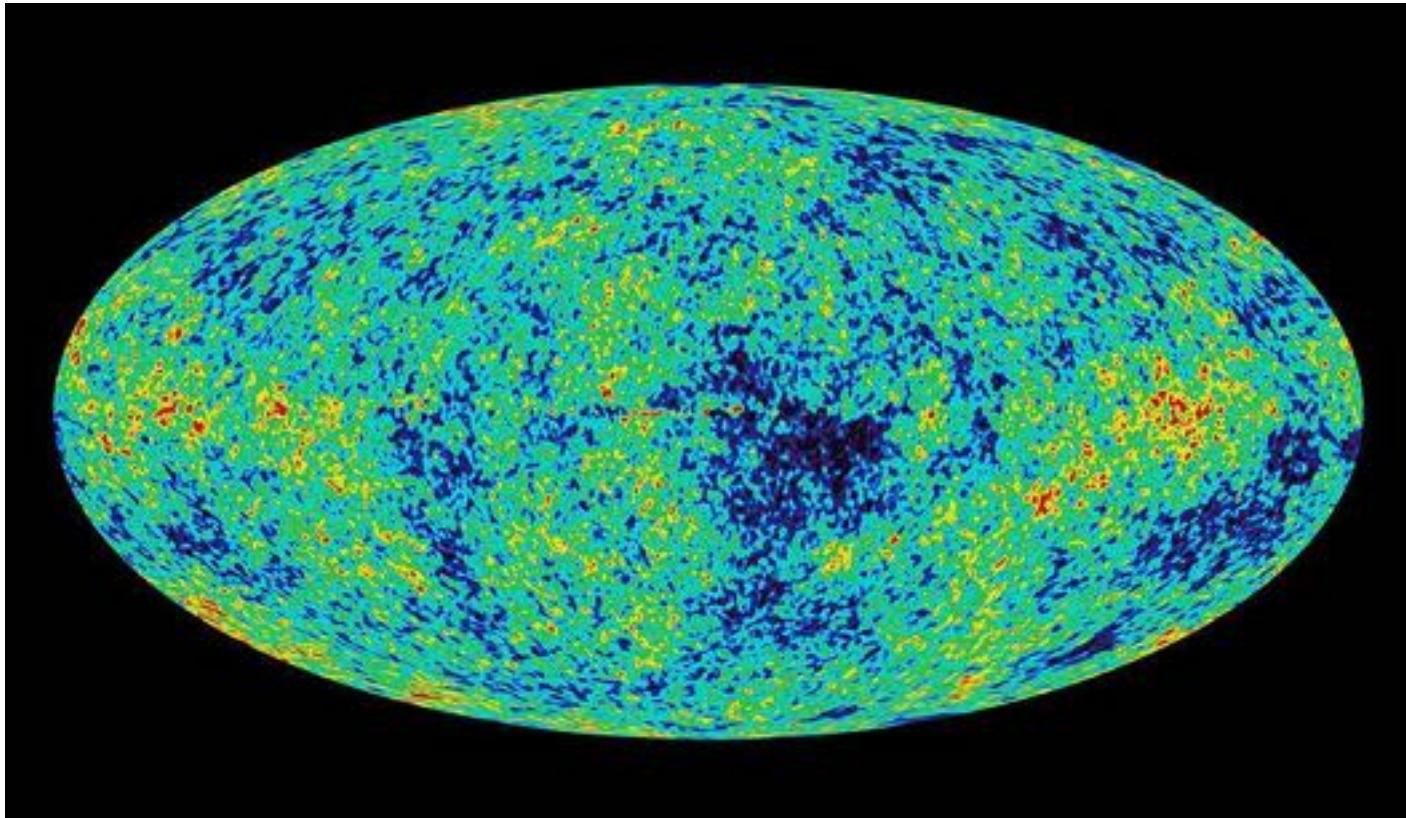
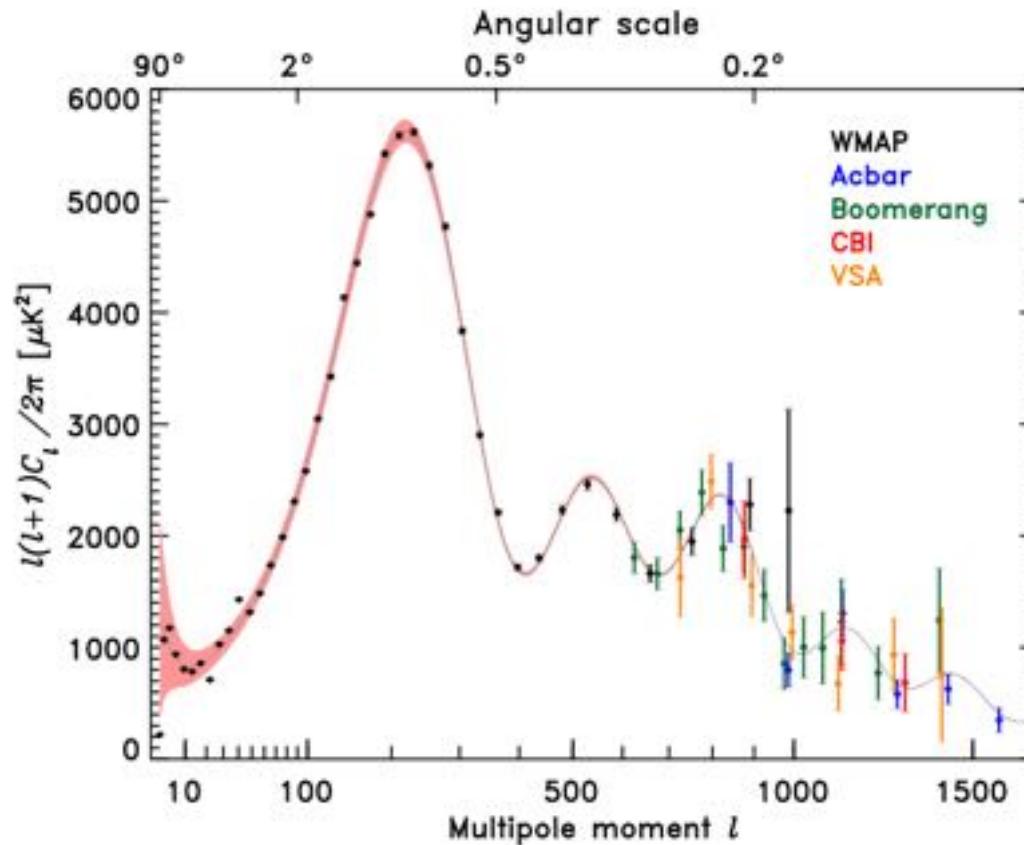


Imagen do WMAP do fundo cósmico de microondas

WMAP (2001)

Detalhes sobre a radiação cósmica de fundo



Anisotropia das microondas cósmicas de fundo
comparada com o modelo teórico inflacionário

Fundamento

- o Mistério da Criação -

O que concluir disso tudo?

Neste momento, parece que a ciência nunca será capaz de erguer a cortina acerca do mistério da criação.

Robert Jastrow (astrofísico)



Robert Jastrow: astrônomo, físico, cosmólogo, cientista chefe da NASA e agnóstico

“Agora vemos como a evidência astronômica apoia a visão bíblica da origem do mundo. Os pormenores diferem, mas os elementos essenciais no relato astronômico e nos relatos bíblicos de Gênesis são os mesmos. A cadeia de eventos que conduz ao homem começou súbita e distintamente em um momento definido no tempo, em um flash de luz e energia.”

Conclusão

No princípio Deus criou os céus e a terra.

Gênesis 1:1



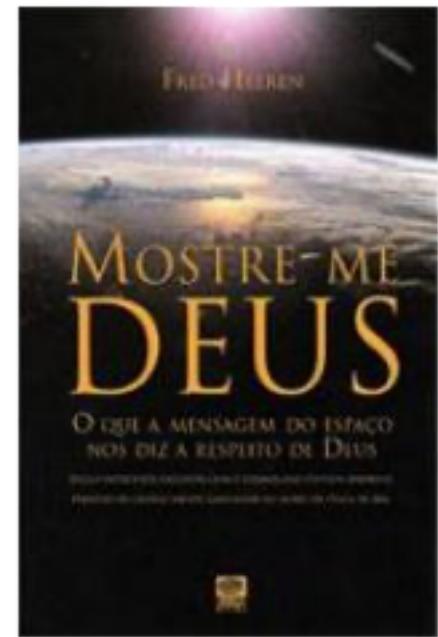
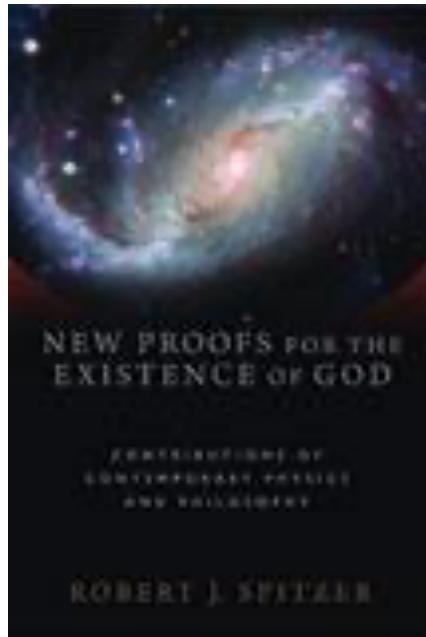
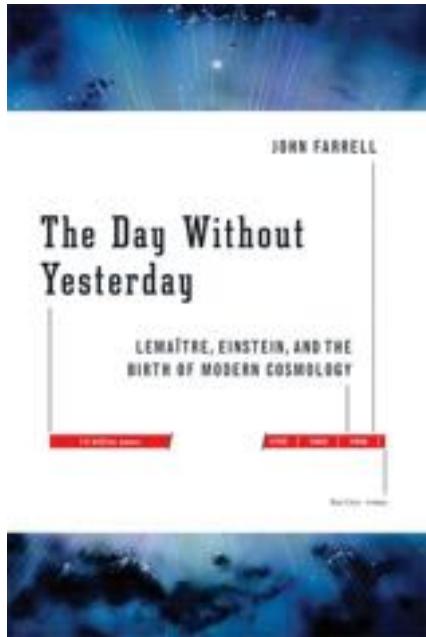
Todas as coisas foram feitas por intermédio dEle; sem Ele, nada do que existe teria sido feito.

João 1:3

Pela fé entendemos que o universo foi formado pela palavra de Deus, de modo que o que se vê não foi feito do que é visível.

Hebreus 11:3

Bibliografia



eba@ibcu.org.br