



Fundamentos de Astronomia

AGA-0215

Prof^a. Dra. Silvia Rossi sala G-301
(rossi@astro.iag.usp.br)

Monitor:

Henrique Reggiani sala F-312
(hreggiani@usp.br)

Site da disciplina

<http://www.astro.iag.usp.br/~aga0215diurno/>

- Pdf's das aulas
- Listas de exercícios/ solução
- Datas importantes
- Links interessantes
- Bibliografia
- AVISOS
- Provas /soluções

PRESENÇA OBRIGATÓRIA

Programa AGA0215

FUNDAMENTOS DE ASTRONOMIA

- **Mecânica do Sistema Solar;**
- **Radiação;**
- **Espectros;**
- **Telescópios e detectores;**
- **O Sol;**
- **Estrelas;**
- **Distâncias;**
- **Evolução Estelar;**
- **Objetos Compactos;**
- **Nossa Galáxia;**
- **Galáxias Normais e Ativas;**
- **Estrutura do Universo;**
- **Cosmologia.**

Por que tudo no Universo se move?

FORÇAS



O que é uma “FORÇA”?

- **A natureza é preguiçosa ou 1ª lei de Newton**

“Um objeto em repouso tende a ficar em repouso”

e

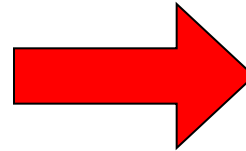
“Um objeto em movimento mantém a mesma velocidade e direção”

**A MENOS QUE UMA FORÇA
AJA SOBRE ELE !**

- **Nada aconteceria sem a existência de “forças”**

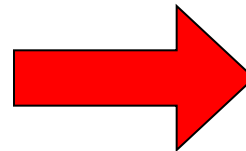
FORÇAS !

mudanças de velocidade
ou
mudanças de direção



Precisa haver uma
força agindo !

velocidade e direção
são ambas constantes



Não pode haver
forças presentes
OU as forças
estão balanceadas

2ª LEI DO MOVIMENTO DE NEWTON:

Forças fazem as coisas se movimentarem via aceleração

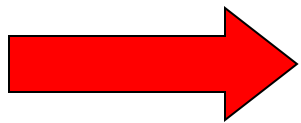
Força = massa × aceleração

ou

$$\mathbf{F = m a}$$

Portanto,

órbitas circulares implicam na existência de uma força central que impede que estrela/planeta/lua movimentem-se em linha reta.

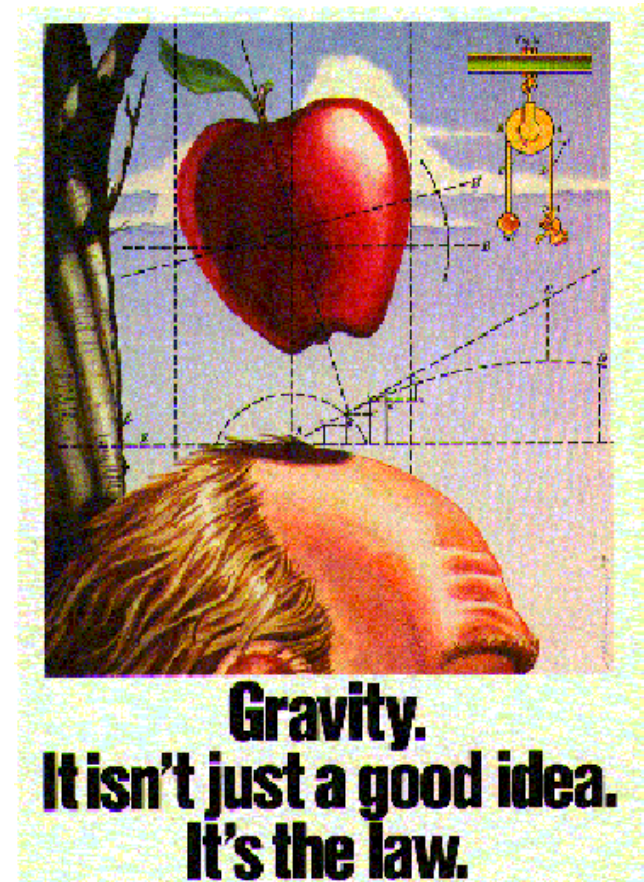


GRAVIDADE

Gravidade além de manter objetos astronômicos em órbita, também os mantém ligados entre si.

O que é Gravidade?

É uma das **quatro** forças fundamentais da natureza.

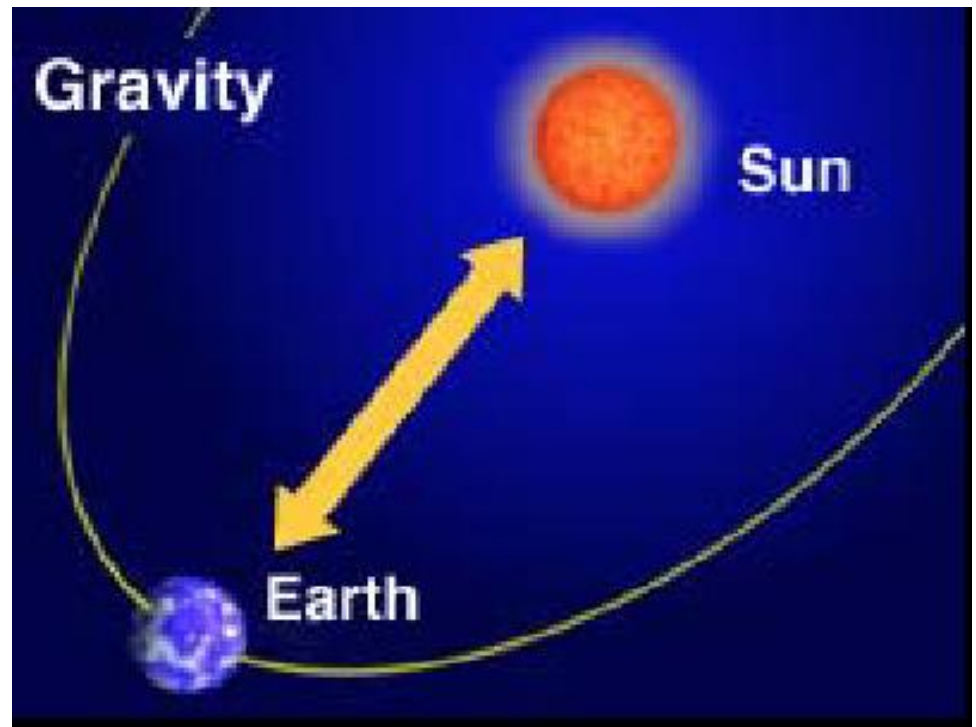


Quais forças existem?

1. Força gravitacional
2. Força eletromagnética
3. Força nuclear forte
4. Força nuclear fraca

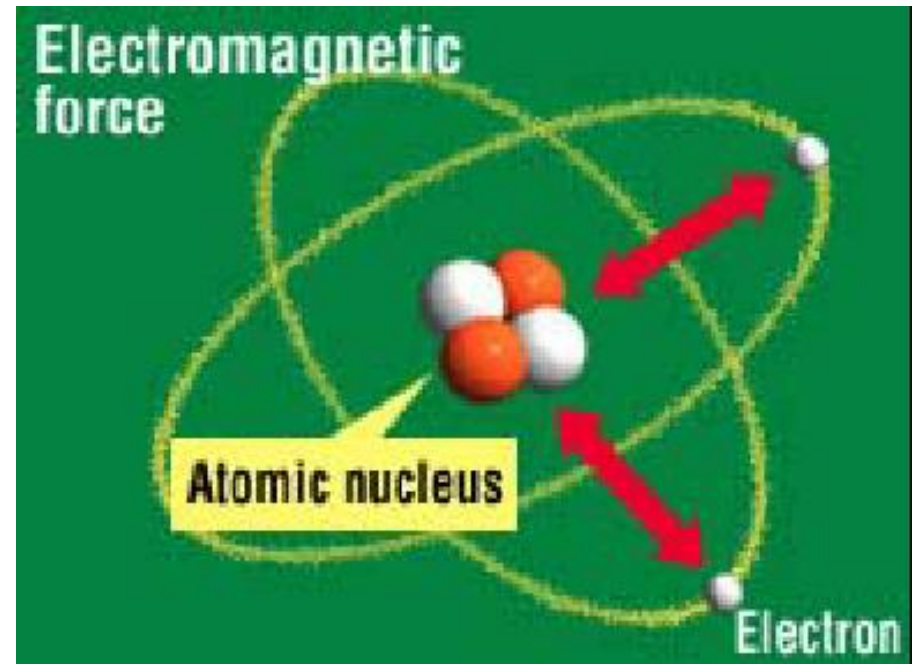
1. Força gravitacional

- Somente atrativa
- Depende somente da massa e da separação entre elas.
- Força mais fraca, mas age em qualquer distância



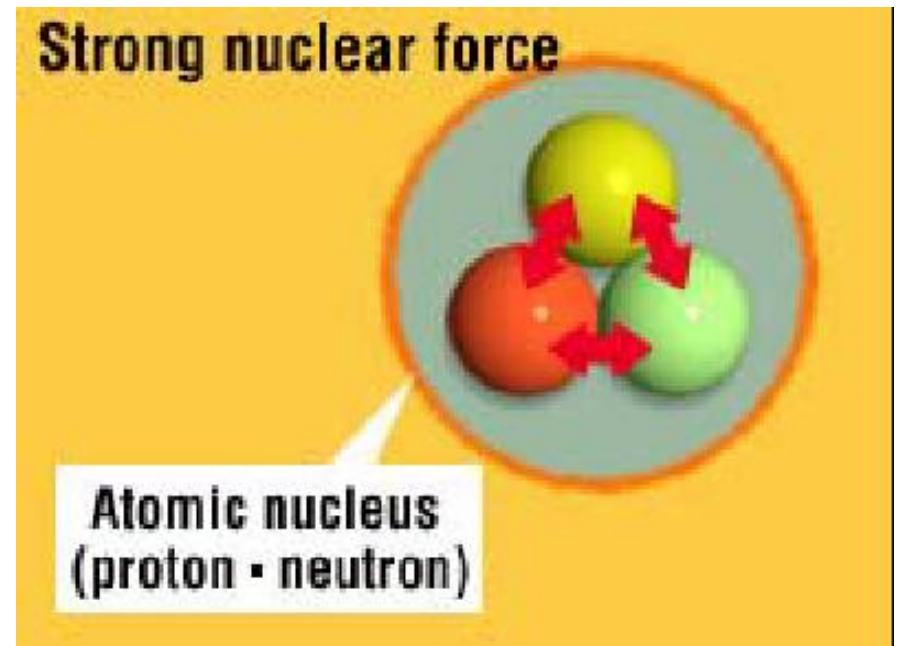
2. Força eletromagnética

- Atrativa ou repulsiva
- Funciona somente entre partículas carregadas, em proporção à quantidade de carga
- Cai com a distância, como a gravidade



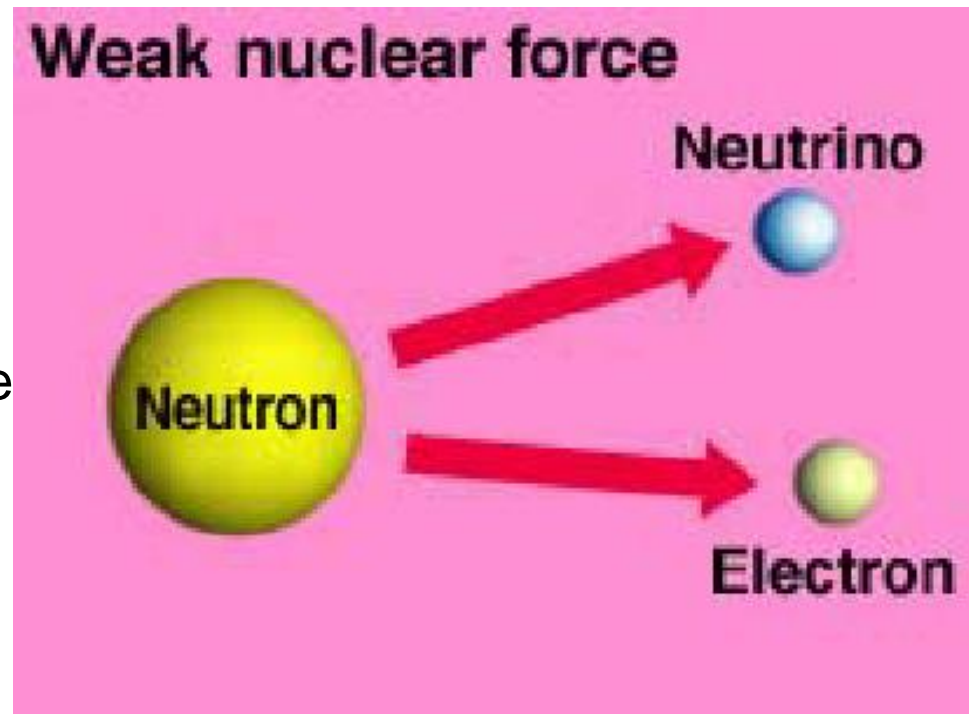
3. Força nuclear forte

- A mais forte de todas, para que possa superar a força eletromagnética repulsiva de protons
- Efetiva sobre pequenas distâncias (a escala do núcleo atômico)



4. Força nuclear fraca

- Pobremente compreendida
- Responsável pela radioatividade e decaimento de partículas



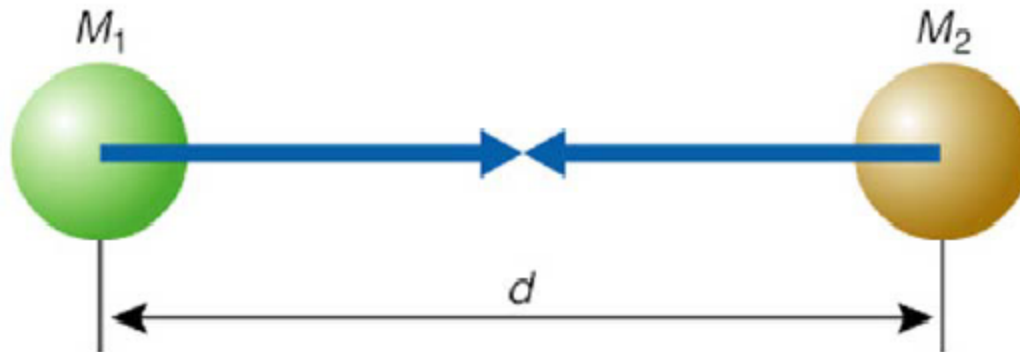
GRAVIDADE é a mais importante para astrônomos !

- Forças nucleares forte e fraca têm **alcance muito pequeno** ($< 10^{-12}\text{cm}$)
- Força eletromagnética tem um alcance maior, mas os **objetos astronômicos não são carregados.**

Mas, por outro lado,

- **Gravidade** atua em qualquer distância e afeta qualquer coisa que tenha massa.

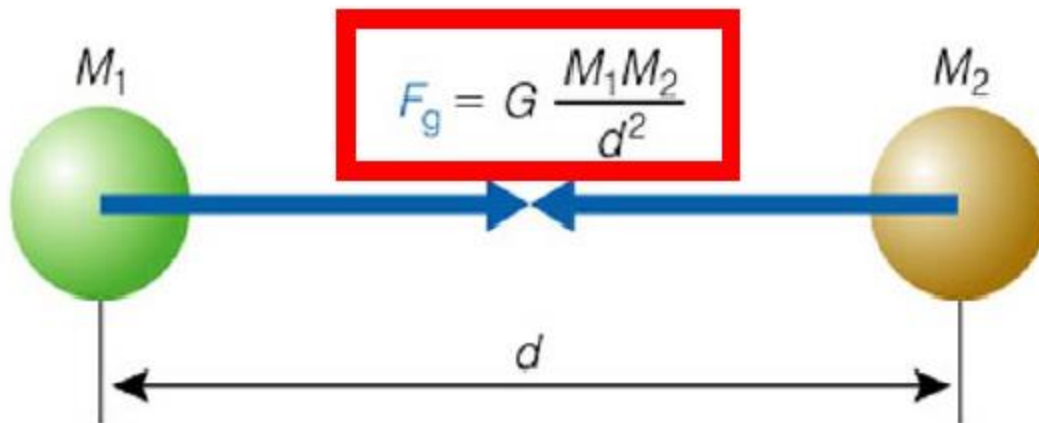
A força gravitacional F_g entre dois objetos depende da massa dos objetos e da separação entre eles.

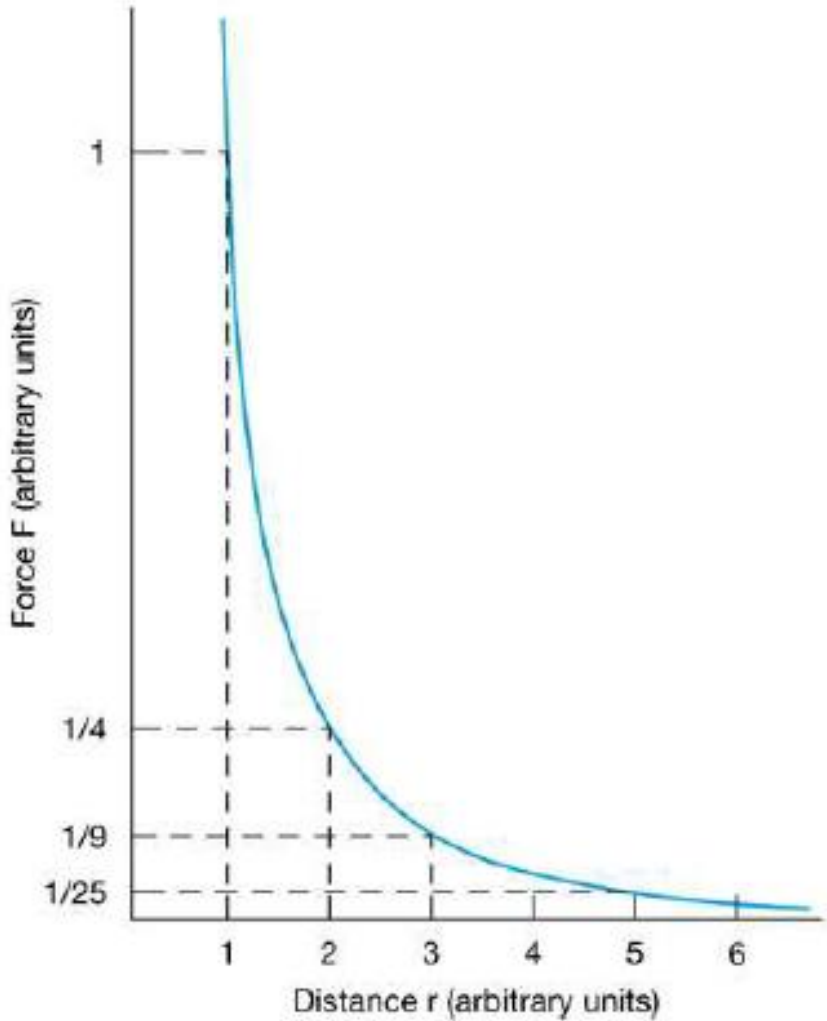


Força gravitacional
fica mais forte
quando

MASSA ↑

SEPARAÇÃO ↓





$$F_g = G \frac{M_1 M_2}{d^2}$$

Depende do inverso do quadrado da distância ($d \times d$) ! Chamamos essa dependência de **“LEI DO INVERSO DO QUADRADO”**

Fatos sobre a Gravidade

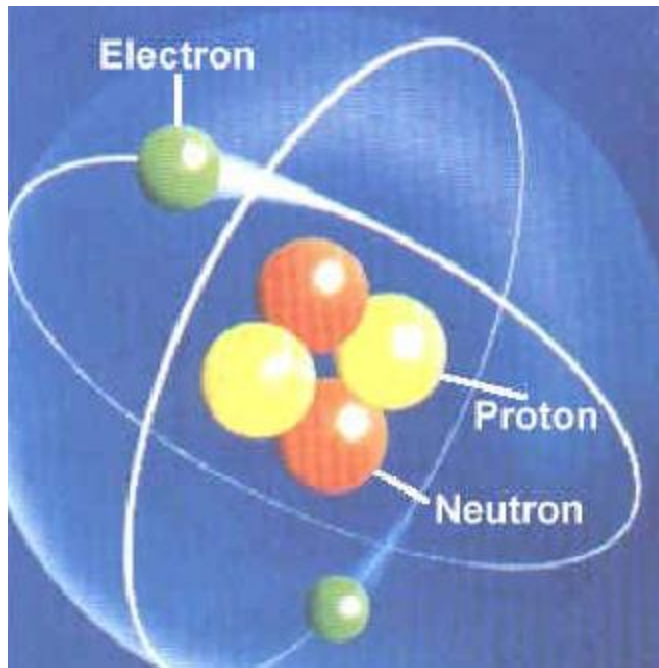
- Força gravitacional devida a planeta/estrela/galáxia é **+ forte** quanto **maior** for a massa do planeta/estrela/galáxia.
- A força gravitacional é tão **mais fraca** quanto **mais longe** estivermos da massa.
- Quando um planeta/estrela/galáxia é **esférico**, podemos imaginar que toda a massa esteja concentrada em um **único ponto** no centro da esfera.

Questão:

- Enquanto a gravidade responde à MASSA, força eletromagnética responde à CARGA.
- Mas, de onde vem a MASSA e CARGA?

Partículas Atômicas :
o recheio de todas as coisas

Átomo: bloco básico de construção da matéria



- **Protons**
têm massa
carga positiva
- **Neutrons**
tem massa
não têm carga
- **Eletrons**
massa desprezível
($m_e = m_p / 1830$)
carga negativa

As regras básicas dos átomos

- Átomos querem # protons = # eletrons (sem carga)
- # de protons definem como o átomo se comporta quimicamente

# de protons	↔	ELEMENTO
1		Hidrogênio
2		Hélio
6		Carbono
8		Oxigênio
26		Ferro

↓

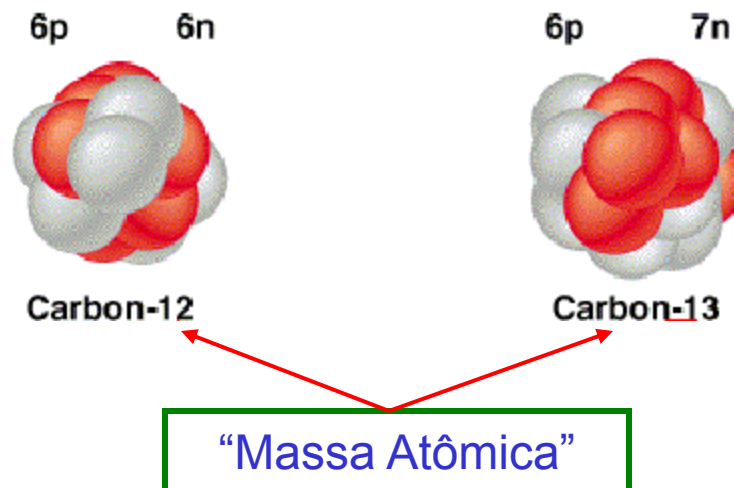
“Número Atômico”

As regras básicas dos átomos

- Átomos querem # protons = # eletrons (sem carga)
- # de protons \longrightarrow Elemento
- Neutrons adicionam massa, mas não mudam muito o comportamento dos átomos

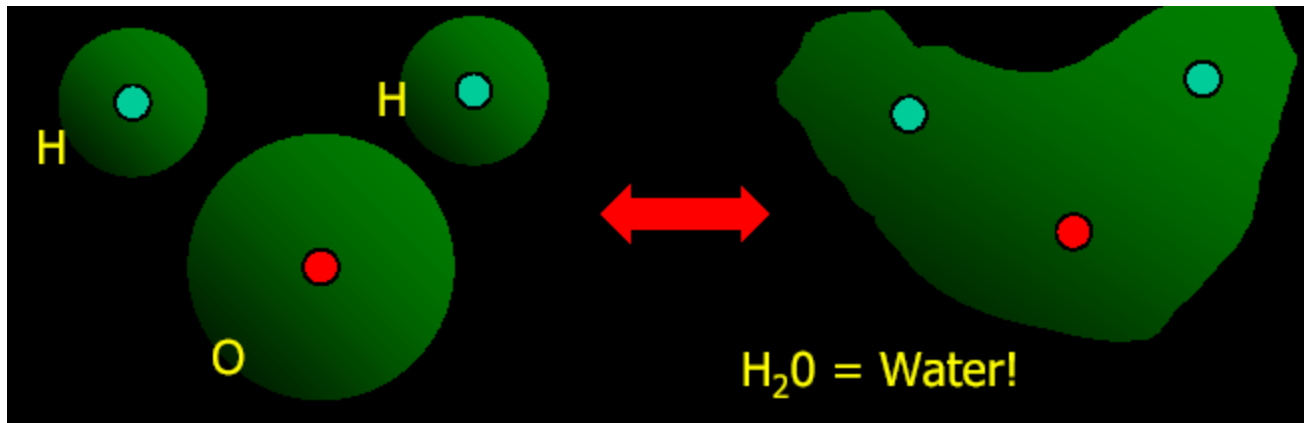
de neutrons \longleftrightarrow ISÓTOPO

Mesmo elemento,
mas isótopos
diferentes !



As regras básicas dos átomos

- Átomos querem # protons = # eletrons (sem carga)
- # de protons \longrightarrow Elemento
- # de neutrons \longrightarrow Isótopo, massa \neq , química =
- Átomos se combinam para formar moléculas através do compartilhamento de eletrons, mas geralmente o núcleo não interage.



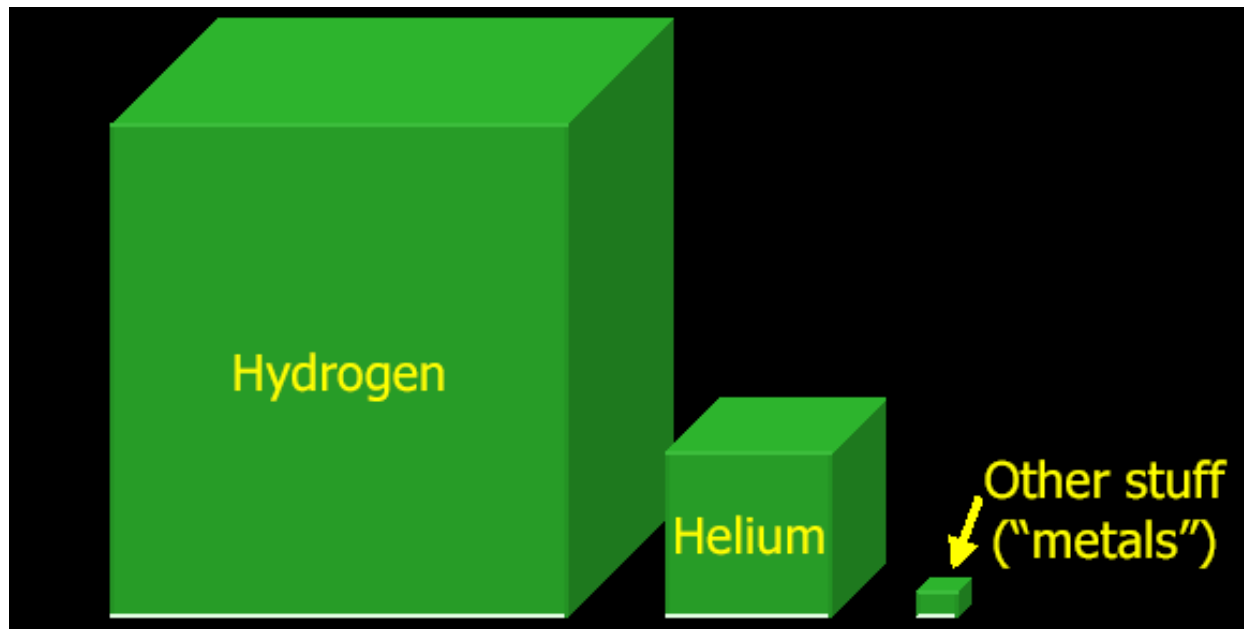
Elementos, Átomos e Moléculas:

Qual é o grande acordo?

- **Universo é feito de elementos**, átomos, e/ou moléculas → material bruto para planetas, estrelas e galáxias.
- Quase toda a **luz** no universo é gerada através de processos relacionados aos elementos, átomos e moléculas.
- **Espaço é rico em QUÍMICA!** Existem nuvens de gás frio gigantes em nossa Galáxia que formam moléculas complexas (água, ácido sulfúrico, álcool, talvez aminoácidos?)

De todos os elementos possíveis, o universo é feito quase que totalmente de H e He

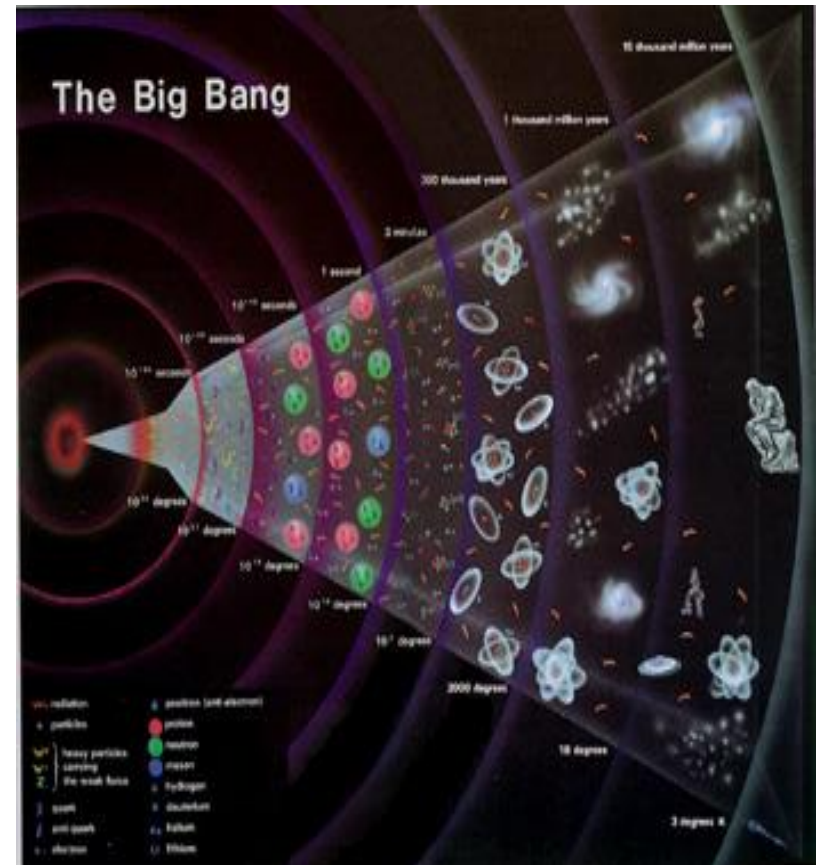
- O resto é “poluição”



Uma viagem pelo tempo!

1-BACKGROUND: Do Big-Bang à galáxias e estrelas

- Acredita-se que o Universo tenha sido criado no BIG-BANG, quando espaço e tempo foram criados em um simples estado energético quente, há ~ 13.4 bilhões de anos.



Cinco passos do Big-Bang às Estrelas

1) Durante os primeiros 10^{-43} segundos

- 4 forças fundamentais são unificadas: ELETROMAGNÉTICA, GRAVITACIONAL, FORTE e FRACA (embora uma descrição completa dessa era não exista ainda);
- Temperatura 10^{32} K;
- 10^{-43} segundos definem o tempo quando a gravidade se separa das outras forças (fraca, forte e eletromagnética);

2) Entre 10^{-42} e 10^{-12} segundos

- Até 10^{-35} seg, quarks e anti-quarks dominam o Universo. A força forte se separa das forças eletromagnética e fraca;
- Temperatura cai para 10^{27} K;
- Em 10^{-12} seg, as 4 forças tornam-se distintas.

3) Entre 0,01 seg e 1 seg

- Em 0,01 s, elétrons e pósitrons se formam à medida que a temperatura cai para 10^{11} K;
- Após 1 s, o Universo torna-se transparente aos neutrinos, os quais a partir de então interagem duramente com a matéria.

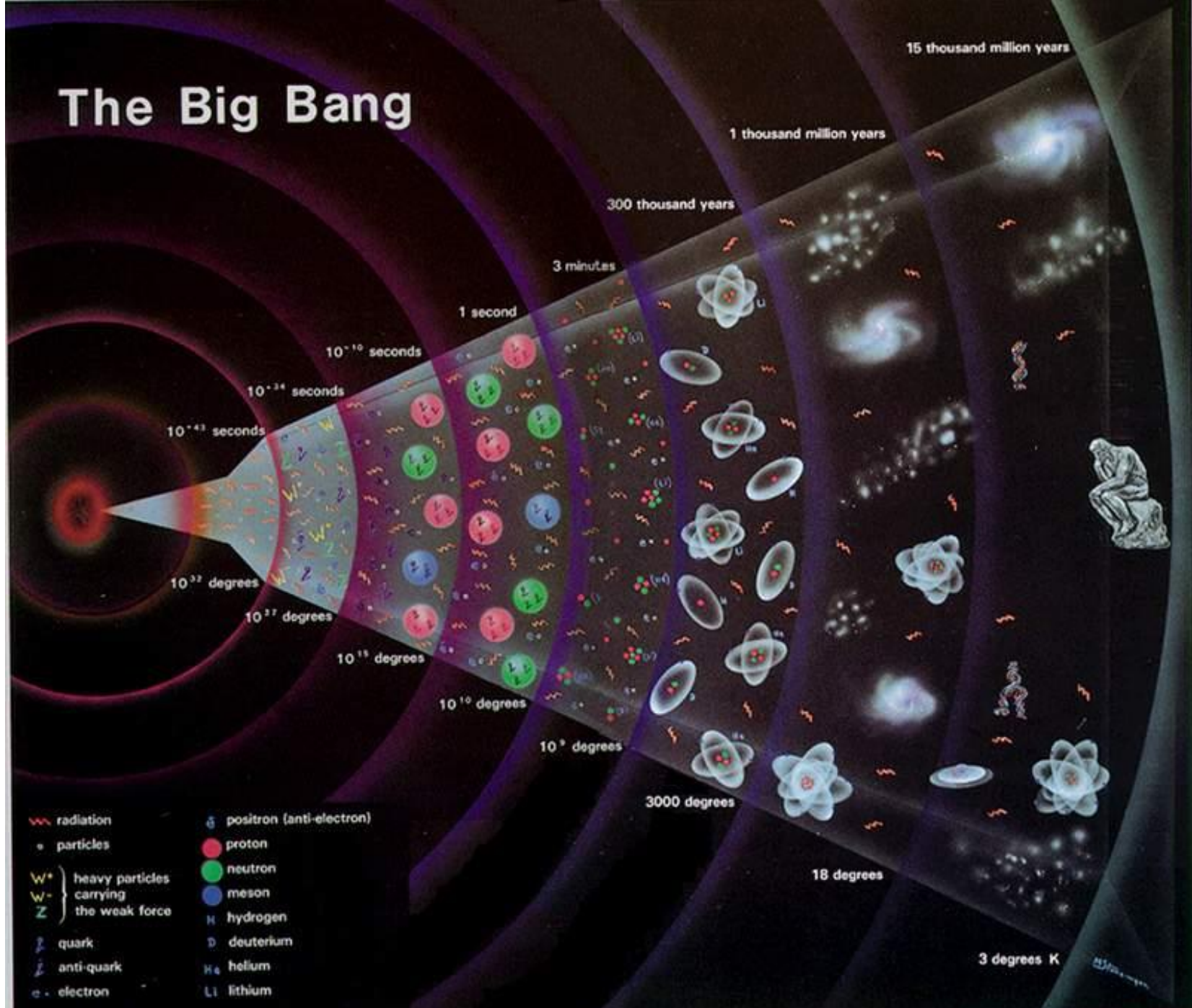
4) 3 minutos após o Big-Bang

- Temperatura $\sim 10^9$ K, protons e neutrons se combinam para formar o que será o núcleo dos elementos (basicamente H e He).
- Após 300.000 anos, a temperatura cai para 3000 K e os eletrons são capturados pelos núcleos para formar átomos neutros.
- O Universo torna-se transparente à luz (fotons param de interagir com eletrons livres), resultando na formação da **Radiação Cósmica de Fundo**.

5) Após 1 bilhão de anos

- Temperatura ~ 20 K
- Galáxias e estrelas começam a se formar através de contração gravitacional de altas densidades encontradas no Universo inicial (quem nasceu primeiro: ovo ou galinha?)
- Passados alguns bilhões de anos da formação da nossa Galáxia, em ~ 10 bilhões de anos após o Big-Bang, Sol e Terra se formam.
- Após 12 - 15 bilhões de anos, alcançamos o presente e uma temperatura de fundo de ~ 3 K

The Big Bang

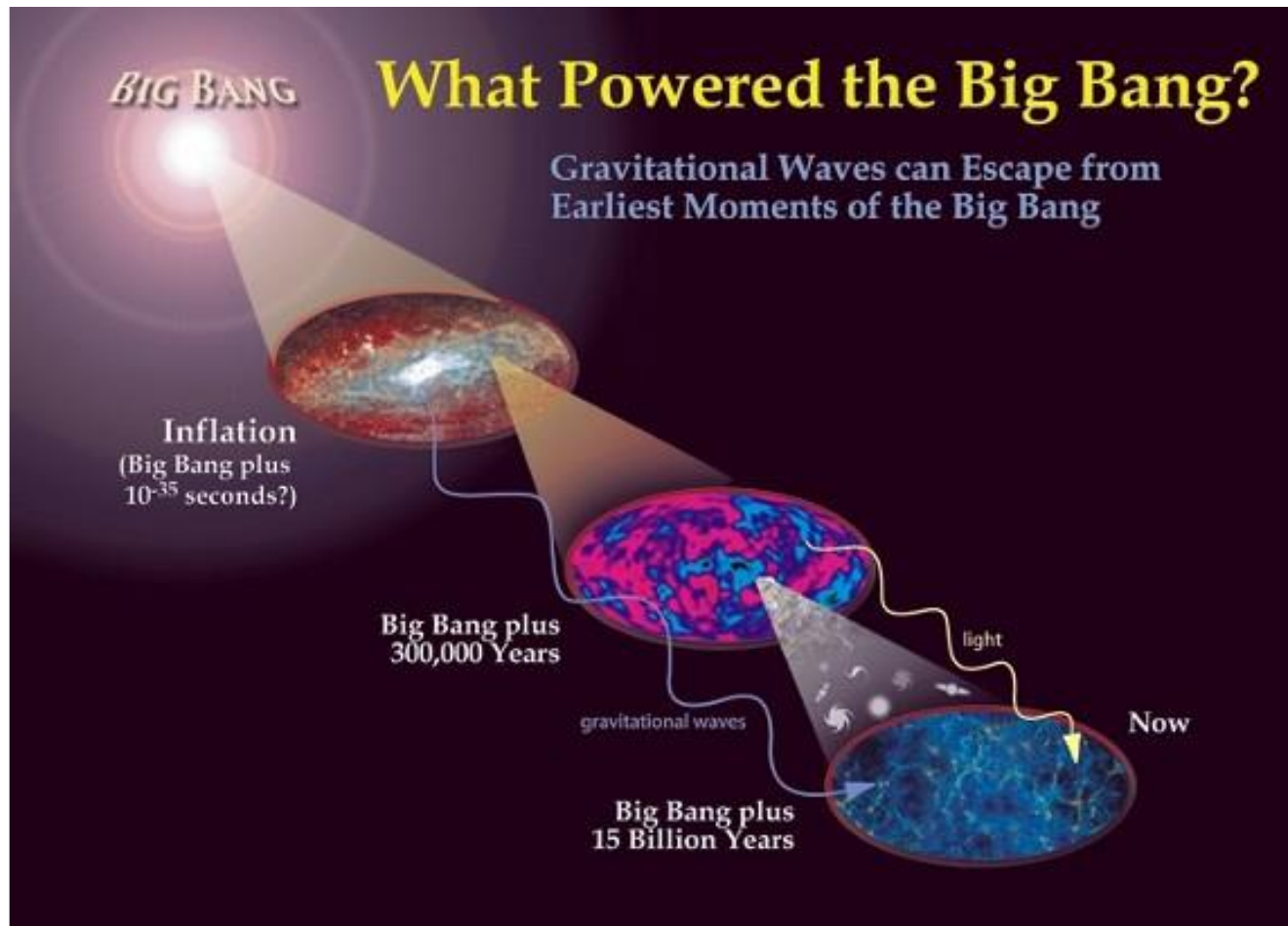


Evidências para o Big-Bang

- Expansão do Universo
- “Suavidade” da radiação de fundo cósmica
- Abundâncias de H, He
 - Se o Big-Bang produziu somente H e He, de onde a gente vem????

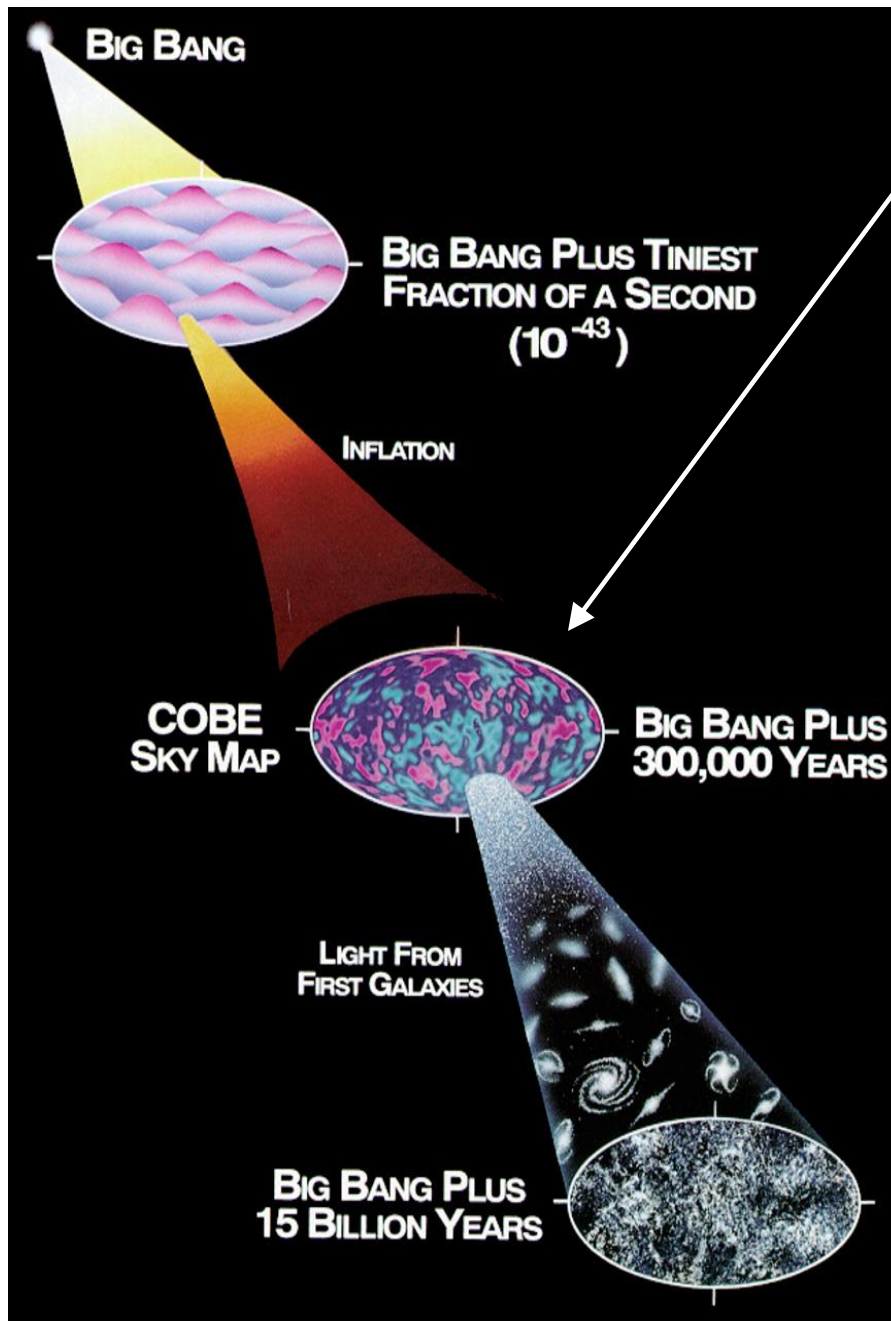
O que acionou o Big Bang?

Flutuações quânticas durante o Big Bang estão impressas em ondas gravitacionais, a radiação cósmica de fundo, e na estrutura do Universo de hoje. Estudar o Big Bang significa detectar essas marcas.



Ondas Gravitacionais

- Onda gravitacional é a **onda** que transmite **energia** por meio de deformações no **espaço-tempo**, ou seja, por meio do **campo gravitacional**. A teoria geral da relatividade prediz que massas aceleradas podem causar este fenômeno, que se propaga com a velocidade da luz. Até 2011 nenhuma **radiação gravitacional** foi satisfatoriamente observada. Bons candidatos para geradores destas ondas são corpos com grande massa acelerados: por exemplo, um sistema binário. O pacote de onda da gravidade seria o gráviton, também não observado.



- ~300.000 anos após o Big-Bang : era da **recombinação** → protons e eletrons se combinam para formar H neutro.
- Nesse ponto, matéria bariônica no Universo consiste de ~75% de H e 25% de He (em massa), com pequena quantidade de **elementos pesados** (elementos começando a partir do Li).
- A distribuição desse material está bem próxima de ser uniforme.
- Essa pequenas variações de densidade foram observadas pelo satélite COBE -- **Cosmic Background Explorer** (lançado em 1989) e são da ordem de algumas partes em 100.000 a partir do valor médio de 2.7K

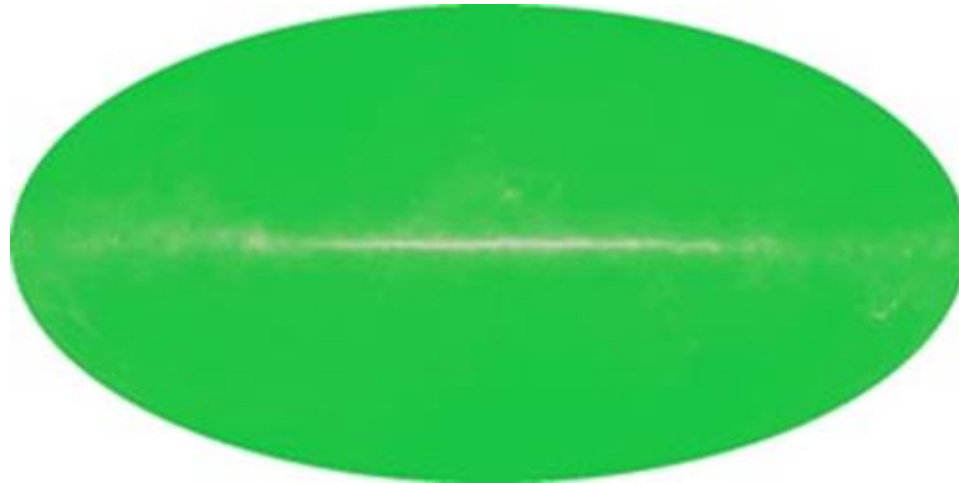




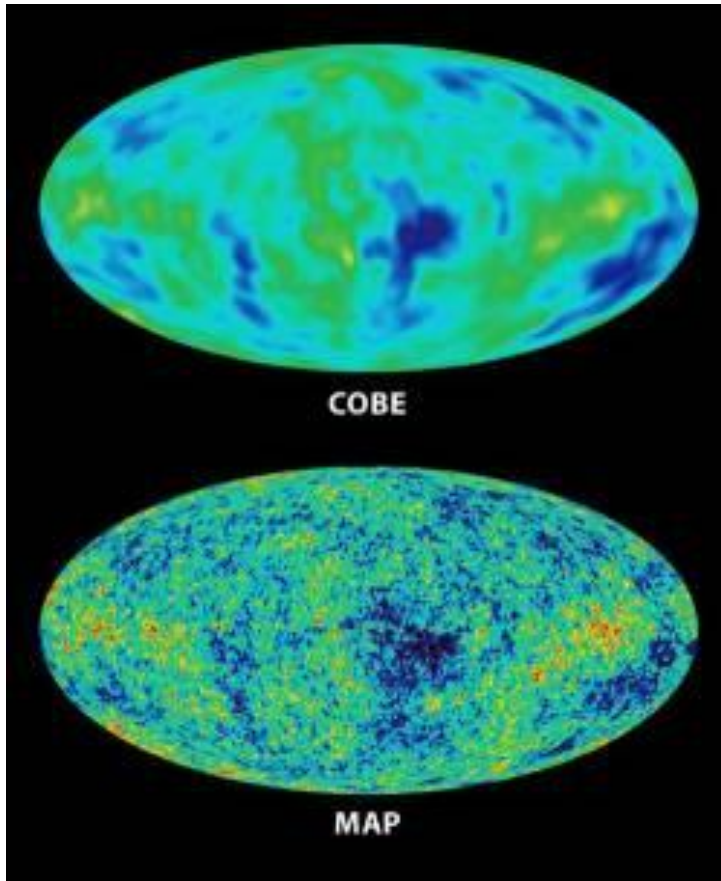
- O satélite COBE foi desenvolvido pelo Goddard Space Flight Center da NASA para medir a radiação infravermelha difusa e microondas desde os primórdios do universo até os limites estabelecidos por nosso ambiente astrofísico.

O céu em microondas em 1965

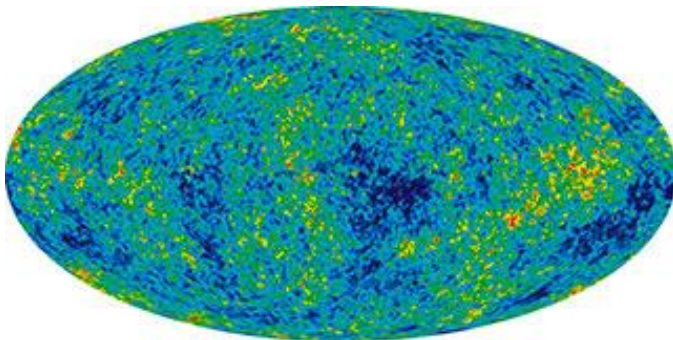
- Penzias e Wilson foram os descobridores da radiação cósmica de fundo. Abaixo, uma visão do céu como visto em um receptor de microondas, se eles tivessem escaneado o céu.



(Esta é uma imagem simulada!)



- Fig. MAP: disponível para a comunidade em 11/02/2003
- Com uma resolução muito melhor que do COBE, o WMAP (Wilkinson Microwave Anisotropy Probe) fornece uma nova visão da história do Universo, após 12 meses de observações.
- Os padrões observados na figura de baixo representam as sementes do desenvolvimento das estruturas de galáxias que vemos agora, bilhões de anos após o Big-Bang

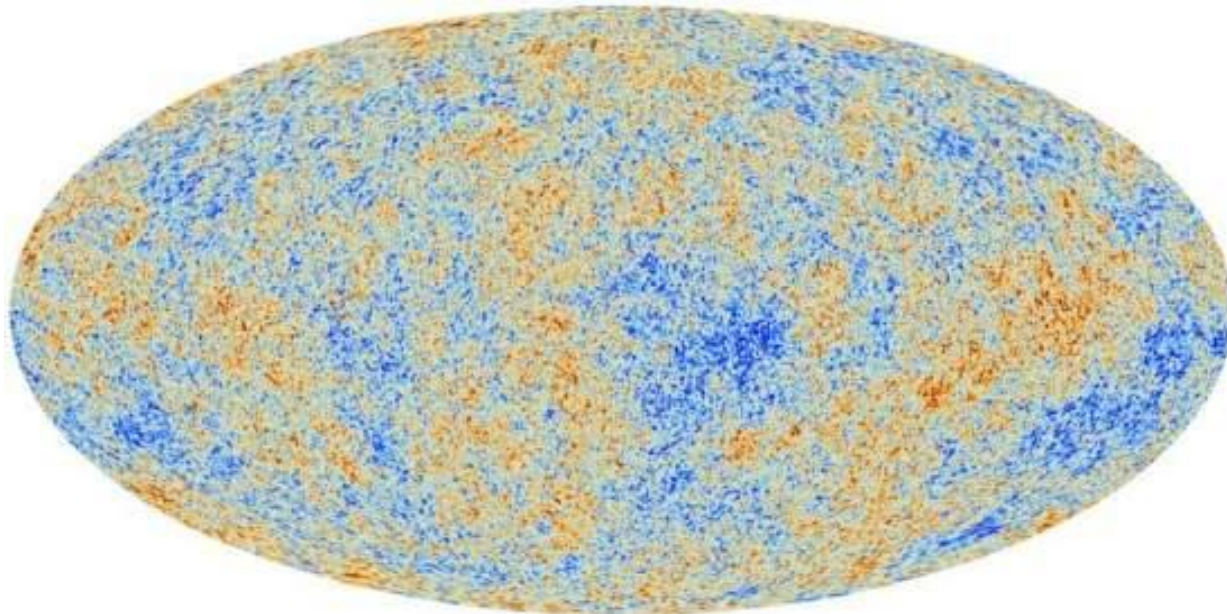


- **WMAP: 9 anos de observação**

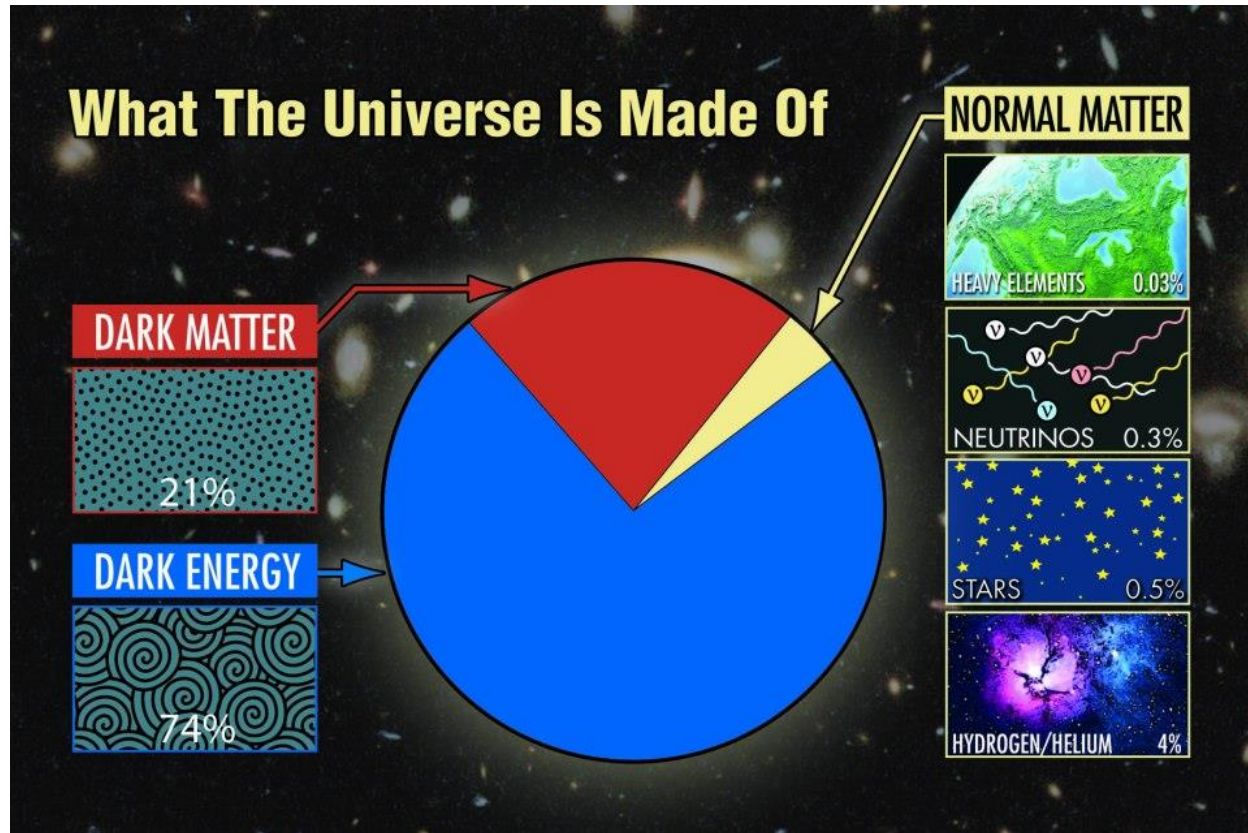
<http://map.gsfc.nasa.gov/media/121238/index.html>

2013: Telescópio Planck

- As manchas azuis mostram regiões mais frias, e as marrons, mais quentes. Os pontos frios mostram onde a matéria do Universo está mais concentrada. [Imagem: ESA/Planck Collaboration]



A composição do Universo



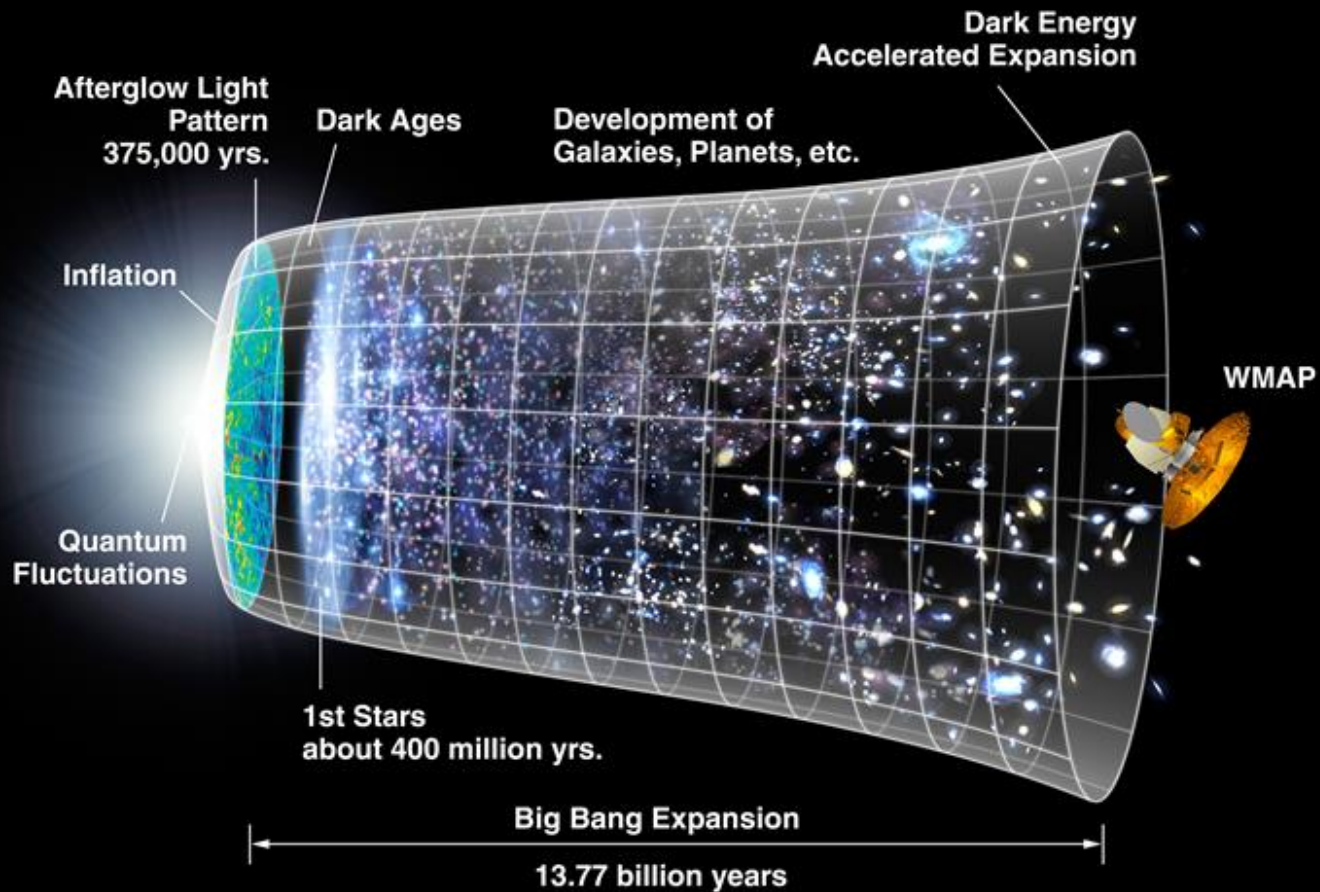
Nosso Universo é estranho: somente 4% do Universo é matéria bariônica

Matéria escura: partículas “pesadas” que raramente interagem com matéria normal, exceto através da gravitação.

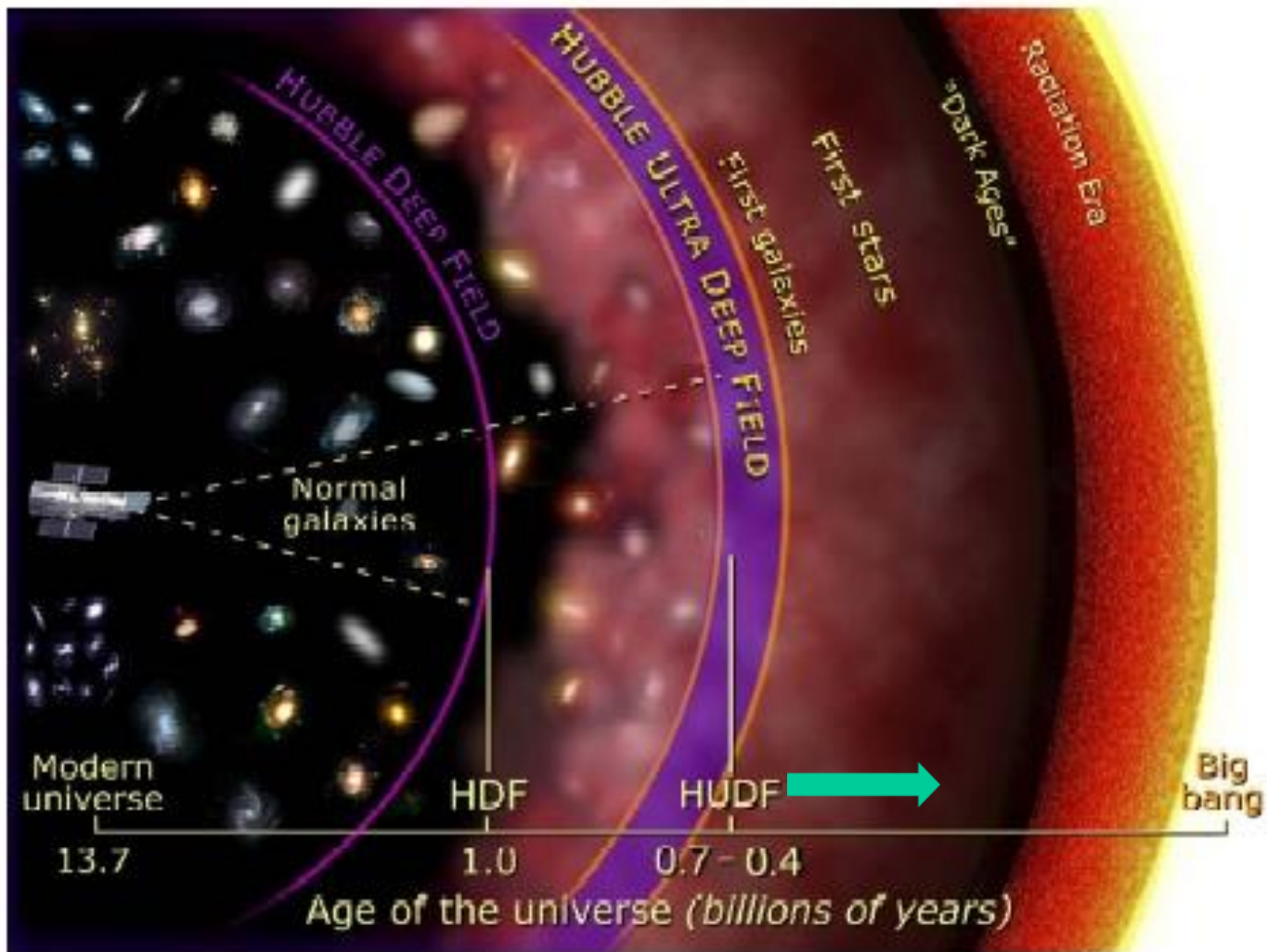
Energia escura: estranha, não sei o que é. Causa a expansão do Universo.

A linha do tempo do Universo

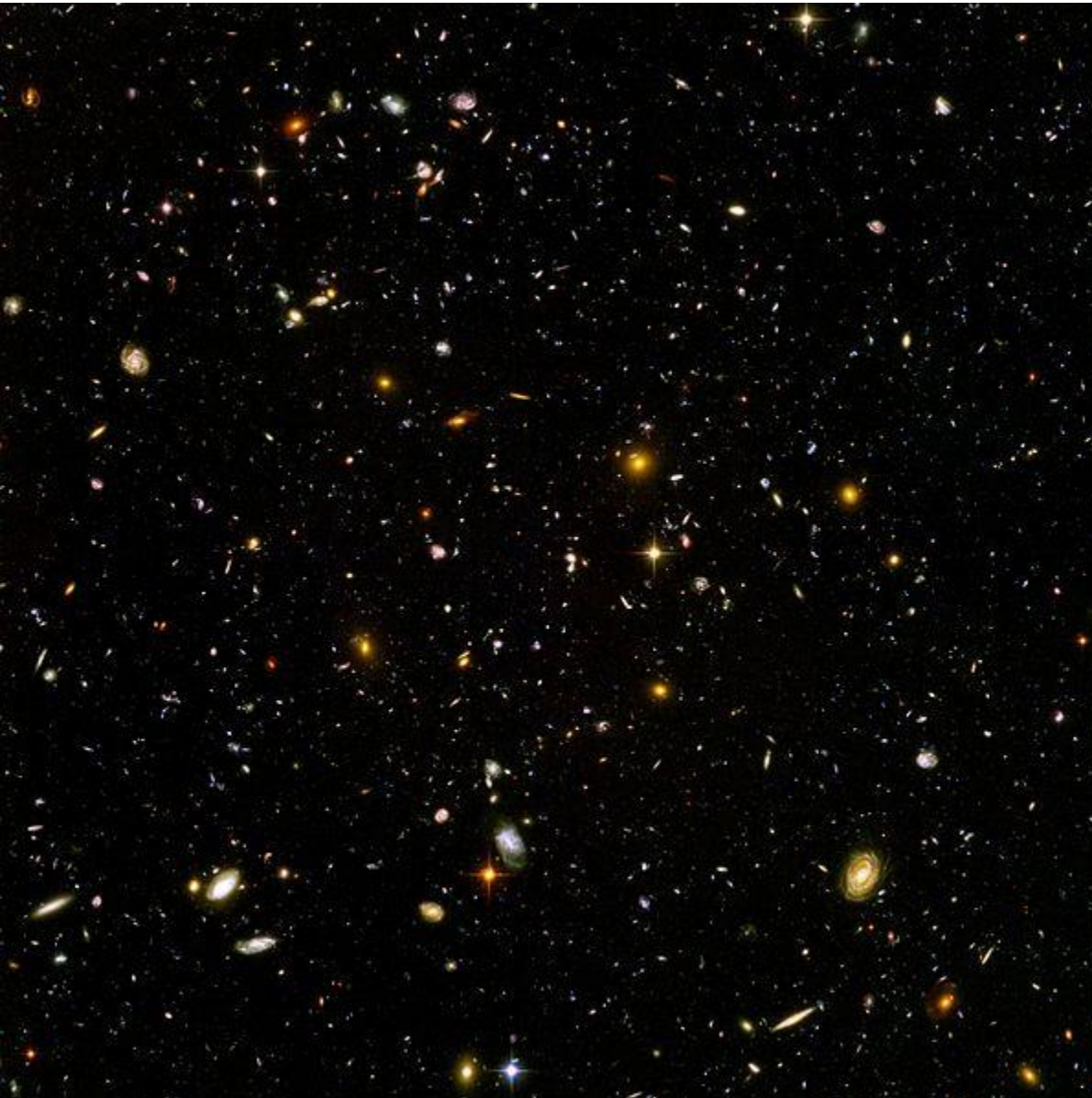
Idade: 13.77 bilhões de anos



Olhar fundo no céu significa olhar de volta no tempo



← Hubble Ultra Deep Field (HUDF)



Essa imagem de alta resolução do HUDF inclui galáxias de várias idades, tamanhos, tipos e cores. As pequenas galáxias avermelhadas, dentre as quase 10.000 da imagem, são umas das mais distantes galáxias vistas por um telescópio óptico, provavelmente existindo pouco depois do Big Bang.

Questões que constituem uma grande área de pesquisa:

1. como estrelas e galáxias se formaram;
2. como o processo começou;
3. quanto tempo levou?

• Uma idéia seria:

- 1 bilhão de anos após o Big-Bang → aglomerados de $\sim 10^6$ - 10^9 massas solares começam a se desenvolver.
- Nos próximos bilhões de anos → grande parte deles se mistura para formar unidades maiores ou são parcialmente destruídos por supernovas energéticas, as quais se desenvolvem como uma parte natural da formação estelar.
- Alguns bilhões de anos mais → aglomerados se desenvolvem em configurações estáveis de estrelas e gás e são reconhecidos como “galáxias”.

Como o Hubble começou?

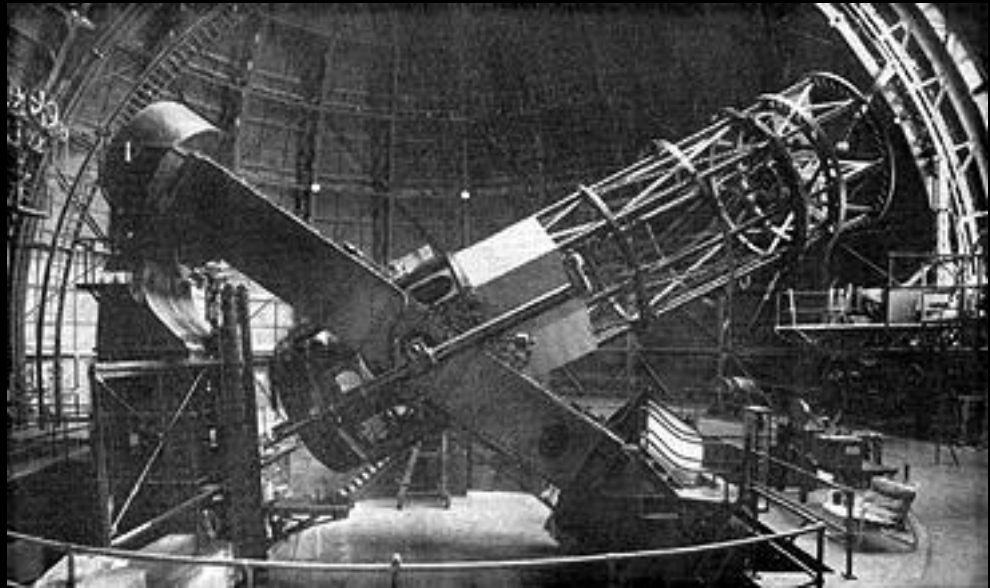
- De volta aos anos 20.....

Edwin Hubble em Mt. Wilson



Hubble guiando o telescópio Hooker de 100 polegadas em 1923.

As observações de Hubble no 100 polegadas durante os anos 20, levaram-no à conclusão de que o universo está se expandindo e que a velocidade de recessão do objeto é proporcional à distância ao observador.



O telescópio Hooker de 100" no topo de Mt. Wilson próximo a Pasadena, CA. Ele era o maior telescópio do mundo entre 1917-1947.

A figura do primeiro trabalho de Hubble

- Em 1929 já tinham dados sobre 46 galáxias. Cautelosamente, Hubble considerou apenas os dados em que tinha total confiança e obteve o célebre gráfico, conhecido pela lei de Hubble, que aparece no artigo "A relation between distance and radial velocity among extra-galactic nebulae" (*Uma relação entre distância e velocidade radial de várias nebulosas extra-galácticas*), publicado na revista **Pub. Nat. Acad. Science 15 (1929) 168-173**.

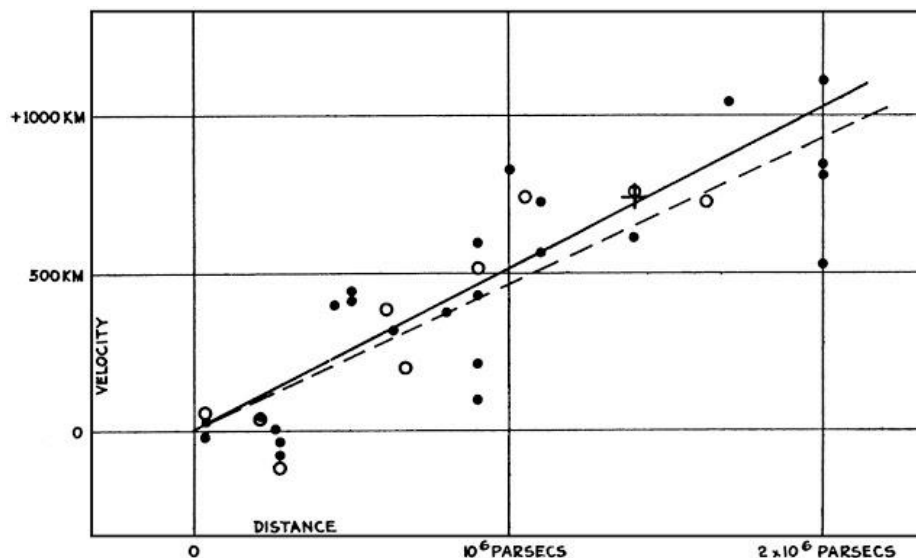
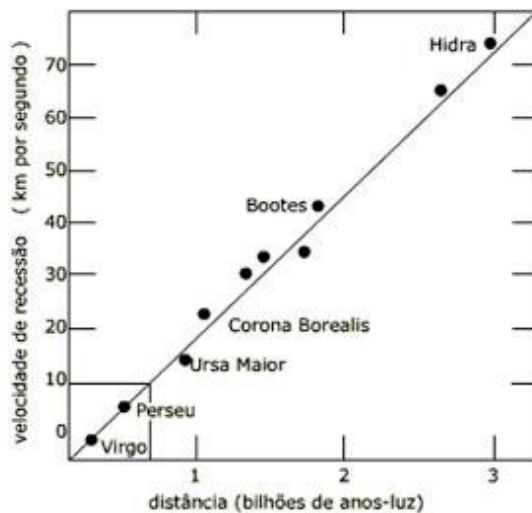
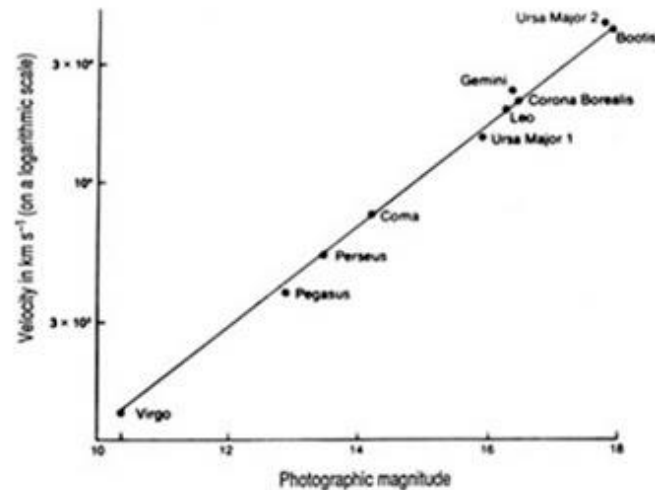


Figura mais “precisa” do trabalho de Hubble

- Hubble tinha que apresentar provas mais convincentes e para isso, durante alguns anos, foi o que ele fez. Levando a tecnologia aos limites, conseguiu medir galáxias cada vez mais longínquas e foi publicando novos gráficos cada vez mais convincentes:



Até 3 mil milhões de anos-luz



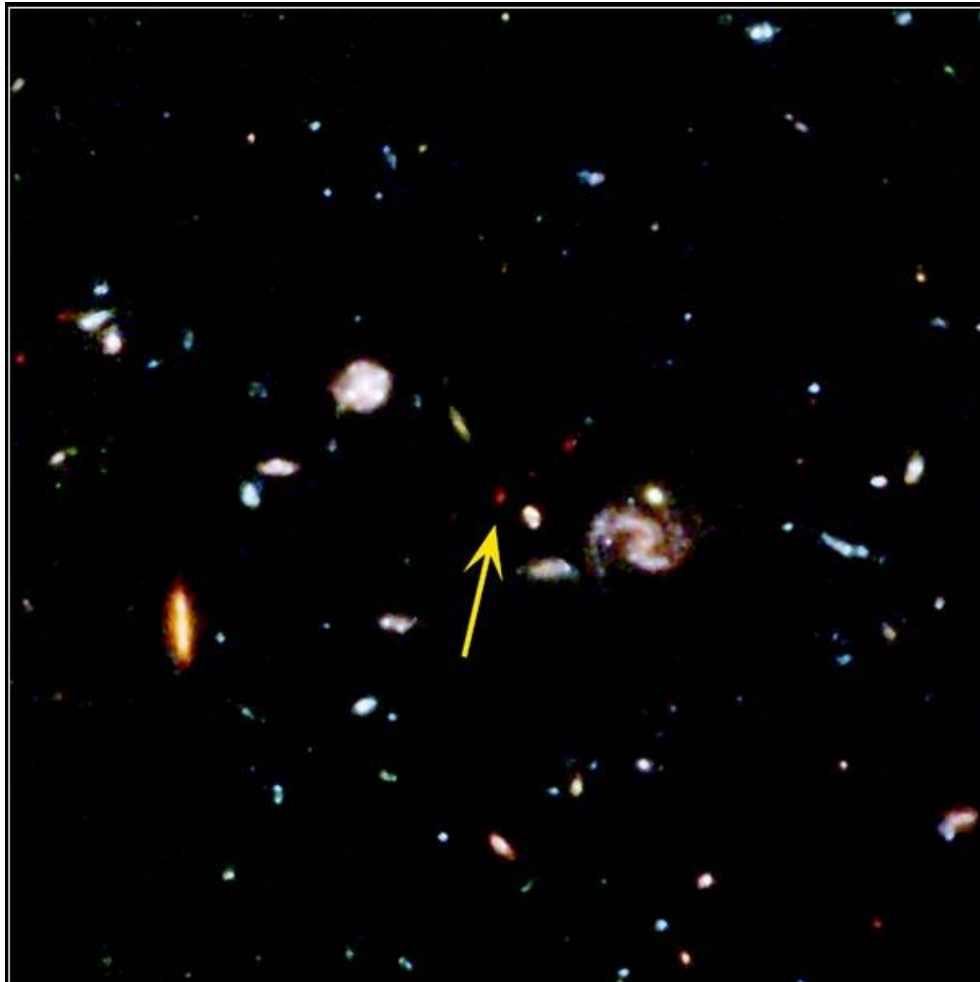
Outro gráfico em unidades diferentes (1936)

O quadrado no canto esquerdo corresponde ao gráfico de 1929.

Imagem do Deep Hubble Space Telescope (1995)



Uma imagem profunda de uma região “vazia” do céu com o HST revela que o universo é preenchido com galáxias. A luz que se vê das galáxias mais distantes atravessaram ~ 10 bilhões de anos para nos alcançar.

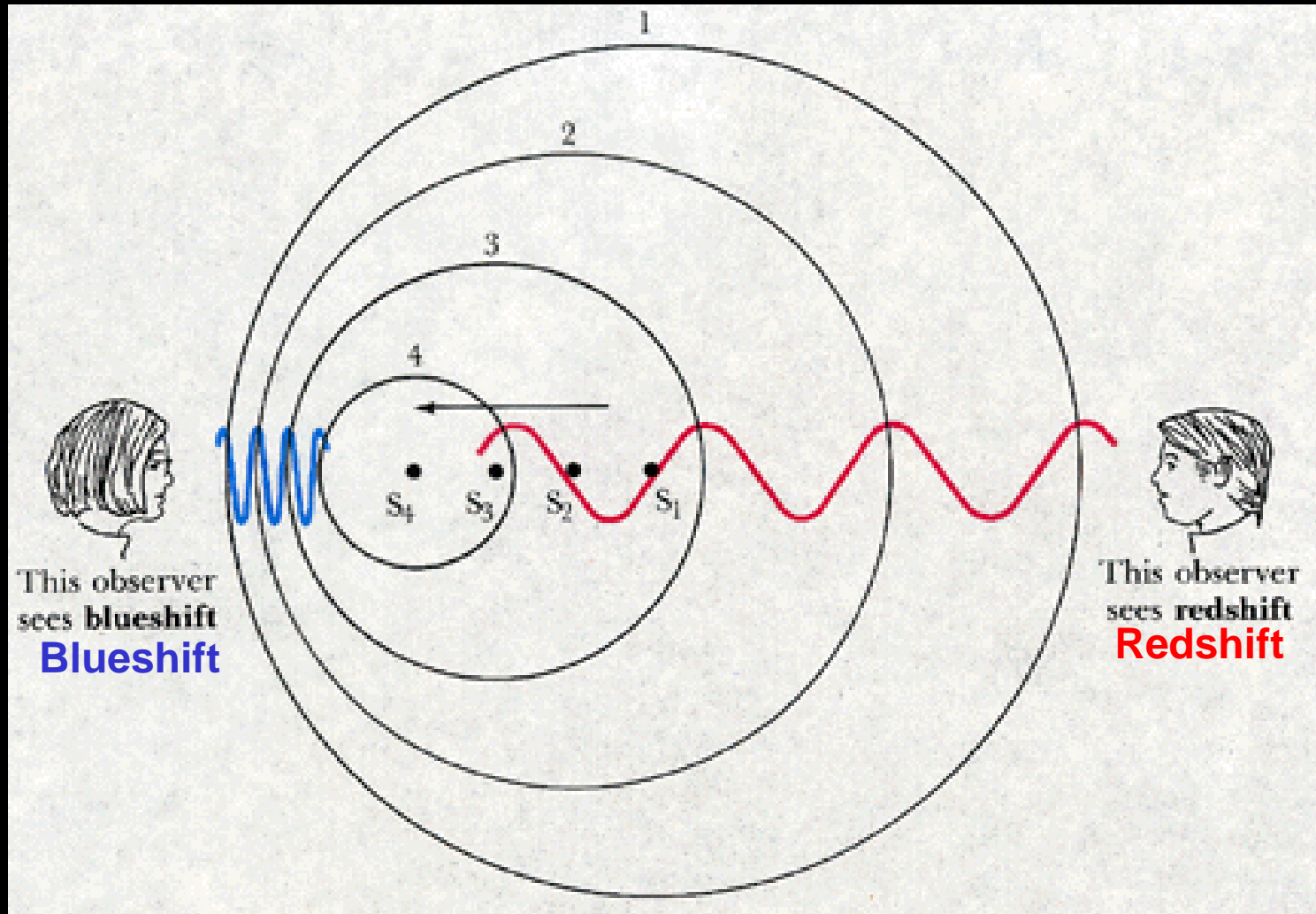


- Uma dessas galáxias é mostrada ao lado --- ela deve estar entre as primeiras galáxias (e estrelas dentro dela) a ser formada.

Distant Galaxy in the Hubble Deep Field HST • WFPC2
PRC96-24b • ST ScI OPO • June 26, 1996 • K. Lanzetta (SUNY Stony Brook) and NASA

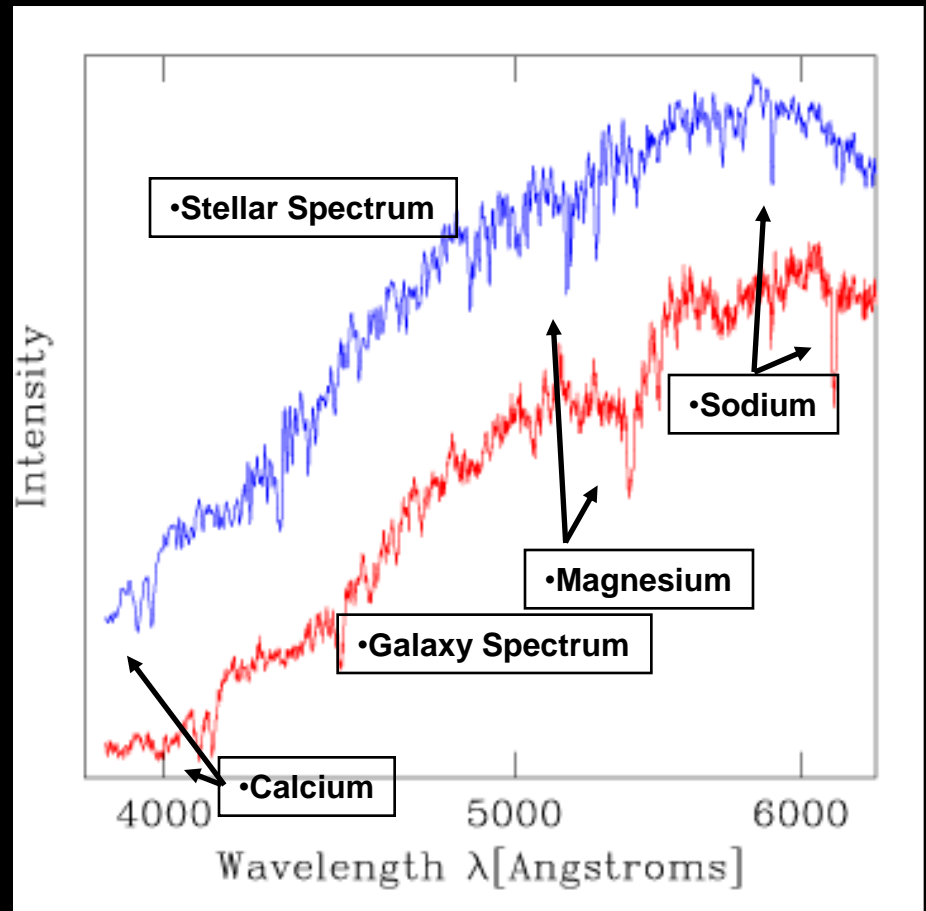
- Como Hubble sabia que as galáxias estavam se afastando?

Usando o Efeito Doppler para medir velocidade

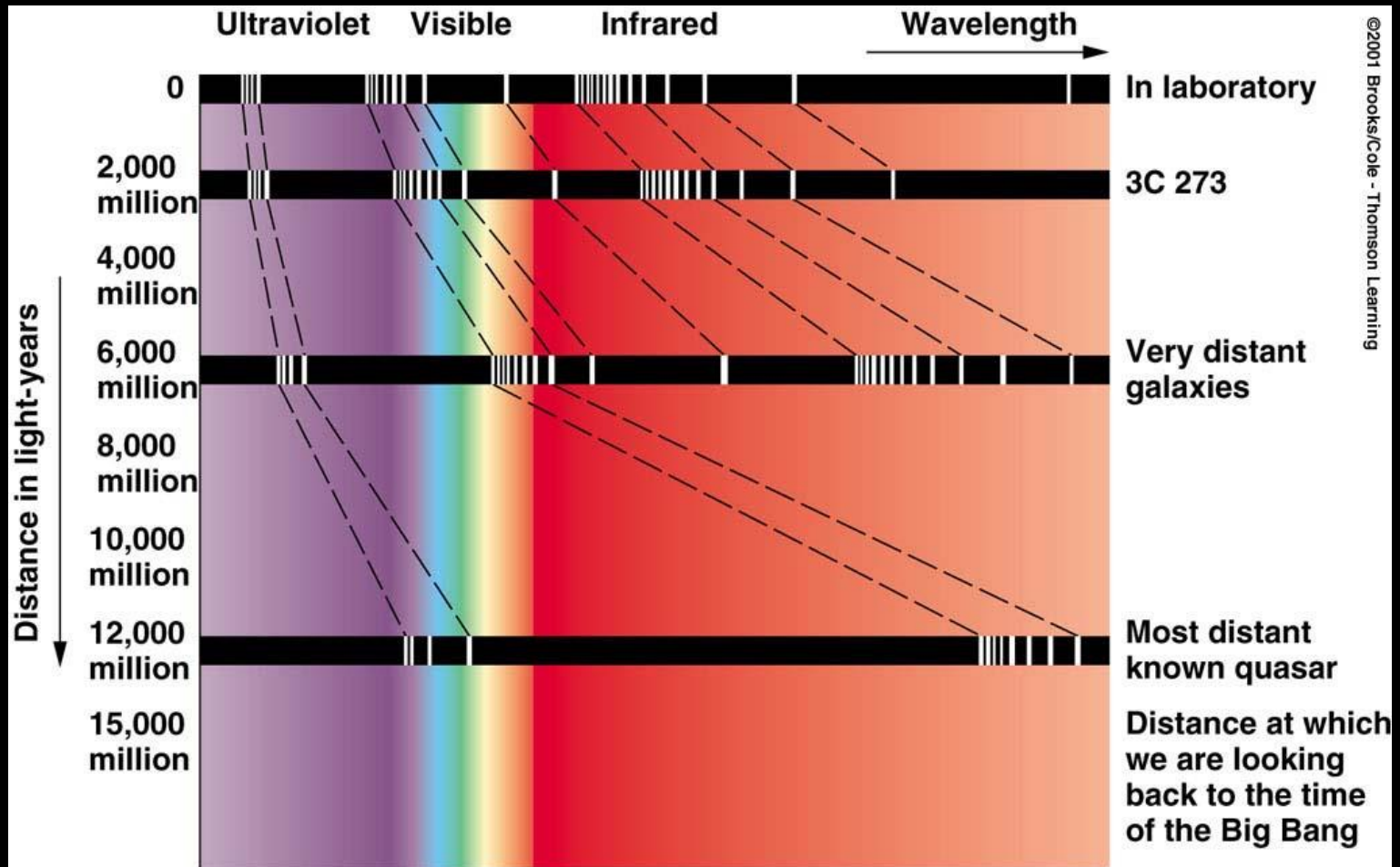


Espectroscopia de Galáxia

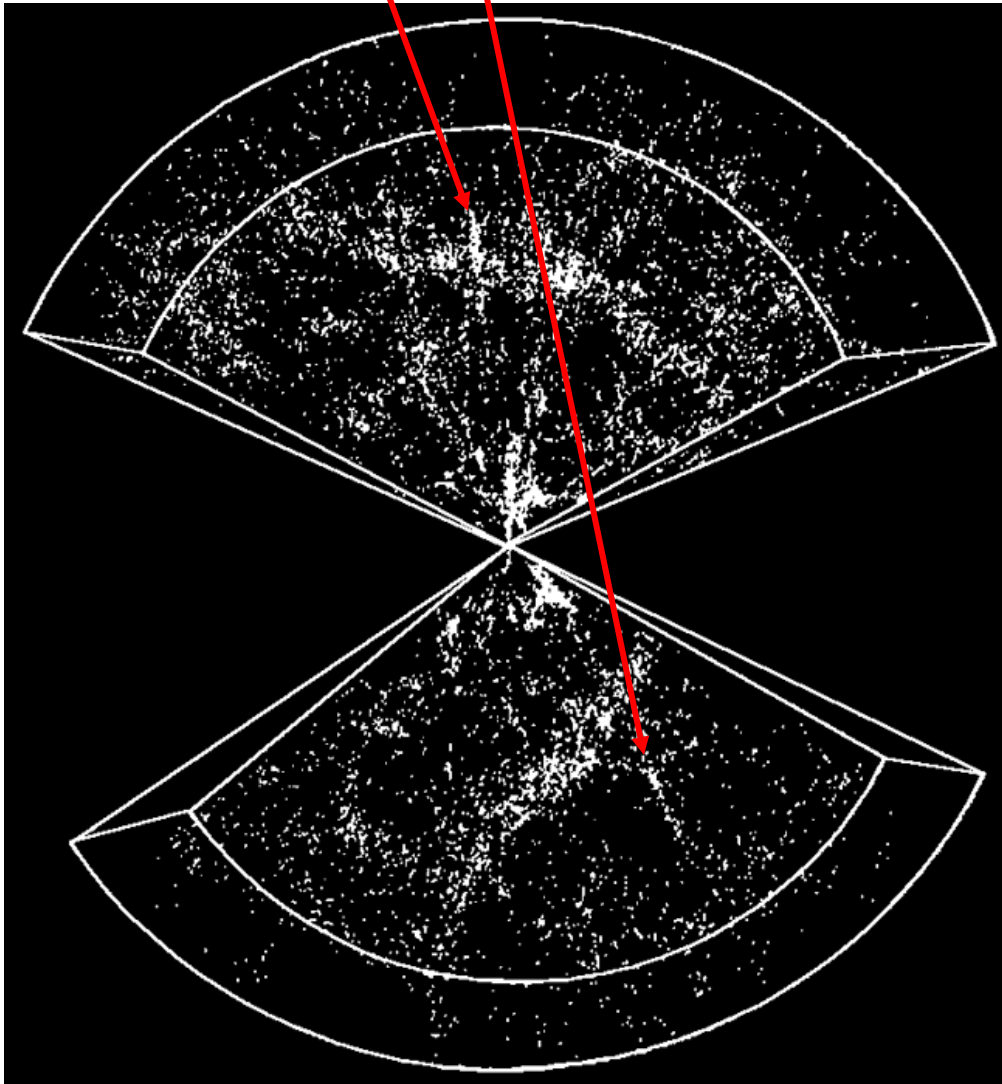
- Espectros de uma estrela próxima e de uma galáxia distante.
- Estrela próxima, aproximadamente em repouso
- Galáxia está distante, se afastando de nós a uma velocidade de 12.000 km/s



Origem do Universo - Ele começou com um Big Bang?

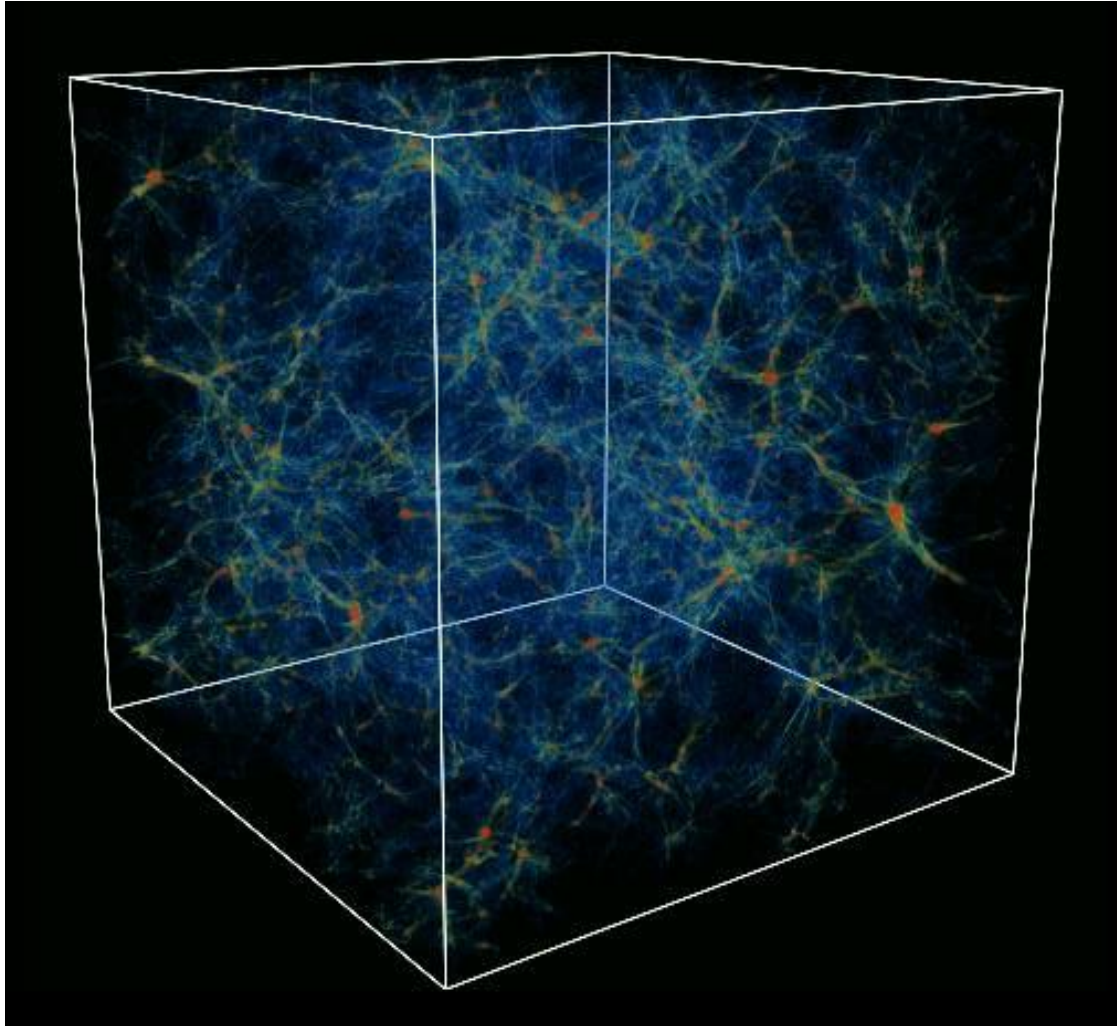


OBS.: Movimento próprio das galáxias nos aglomerados cria um efeito EXAGERADO dos filamentos na linha de visada.



- A distribuição de galáxias no espaço, obtida através de vários surveys, tem revelado uma estrutura que lembra “espuma”, na qual as galáxias são encontradas nas paredes rodeadas por grandes vazios (“voids”), os quais por sua vez são praticamente desprovidos de galáxias.
- A forma precisa dessa distribuição coloca restrições no tipo de Universo que habitamos --- sua massa total, sua taxa de expansão e seu destino final.
- No mapa ao lado, cada uma das ~9300 galáxias é representada por um pontinho. O survey mostra 2 fatias do céu em função da distância (redshift)

$$1 \text{ pc} = 3.0857 \times 10^{18} \text{ cm}$$
$$= 3.2616 \text{ al}$$



- Survey como o apresentado ao lado, mapeia o Universo local medindo a posição 3-D de galáxias distantes até algumas centenas de Mpc.
- O Universo observável tem um diâmetro ~ 10 Gpc.
- Encontrar e observar galáxias a essas distâncias (e portanto, nos primórdios do Universo) requer telescópios muito grandes.
- Na figura ao lado, as galáxias foram formadas por simulação computacional de colapso gravitacional a partir de perturbações iniciais vindas do Big-Bang

MORFOLOGIA DE GALÁXIAS

- Muitos esquemas foram desenvolvidos para classificar galáxias através de suas formas (ou morfologia).
- Esse esquemas são somente descritivos e tornam-se cada vez menos úteis à medida que o Hubble Space Telescope tem revelado que a maior parte das galáxias distantes são lugares caóticos de formação estelar que desafiam qualquer classificação descritiva simplista (quando observadas na banda V).
- Galáxias próximas podem ser utilmente classificadas em:

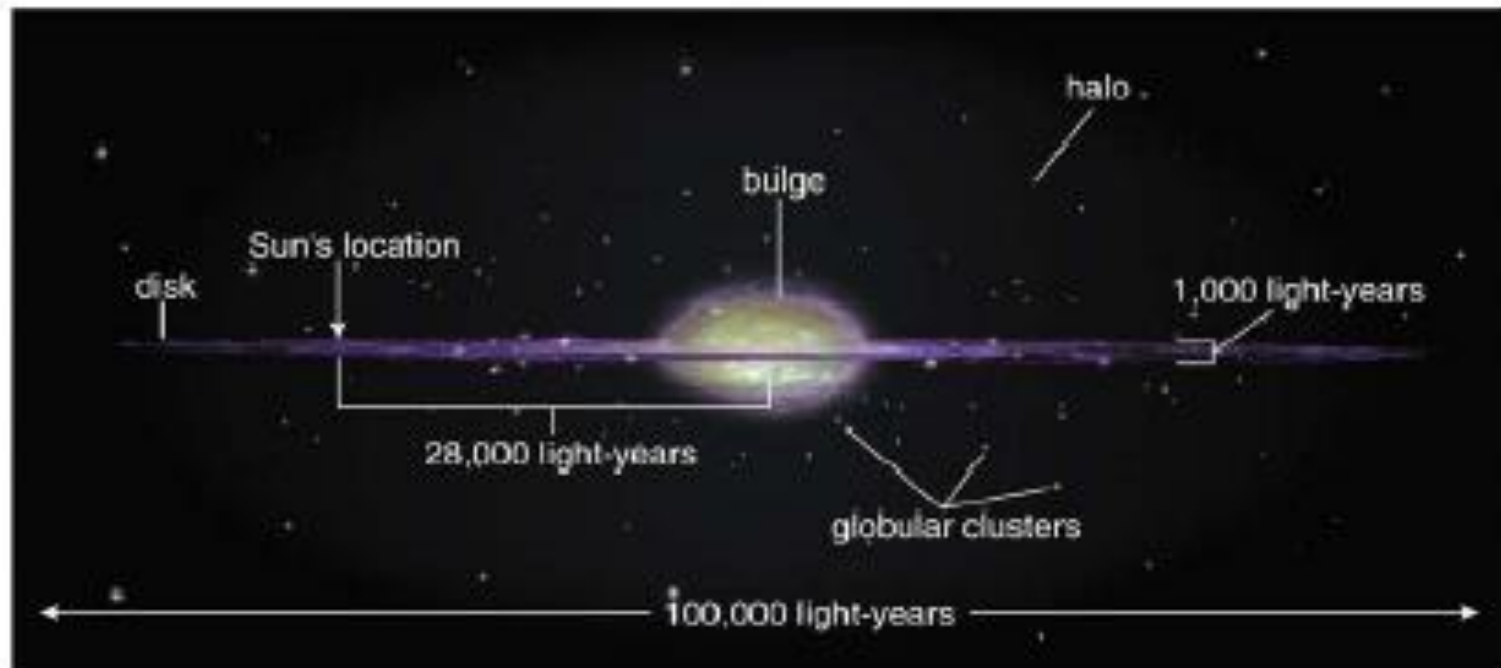
Galáxias Espirais

- GALÁXIAS ESPIRAIS têm disco achatados com rápida rotação, com quantidades moderadas gás e poeira e formação estelar nos braços. Nossa Galáxia é espiral, assim como Andrômeda (M31)



Nossa Galáxia: a Via Láctea

- Tamanho moderado (10 bilhões de estrelas)
- Buraco negro no centro
- Estrutura espiral



- A galáxia Rodamoinho (M51) também é uma espiral.



- Galáxias barradas são uma subclasse das espirais, onde os braços espirais saem de uma barra central alongada ao invés de um bojo central esférico.

M83: SBc



NGC 3351: SBb



Galáxias Elípticas

- São elipsóides com rotação lenta, contém pouco gás e poeira e, conseqüentemente, não há formação estelar. As estrelas nessas galáxias são velhas (População II).
- É o tipo mais comum de galáxia: ~60%

M87

(diâmetro = 200 Kpc)



galáxia elíptica anã Leo I

(diâmetro = 1Kpc)

(<http://www.astro.uu.se/~ns/review.html>)



Galáxias Irregulares

- Estes tipos são irregulares na forma e na dinâmica.
- Contém muito gás e poeira, apresentando, portanto, formação estelar intensa.

UKS14 - Large Magellanic Cloud (LMC)



UKS17 - Small Magellanic Cloud (SMC)

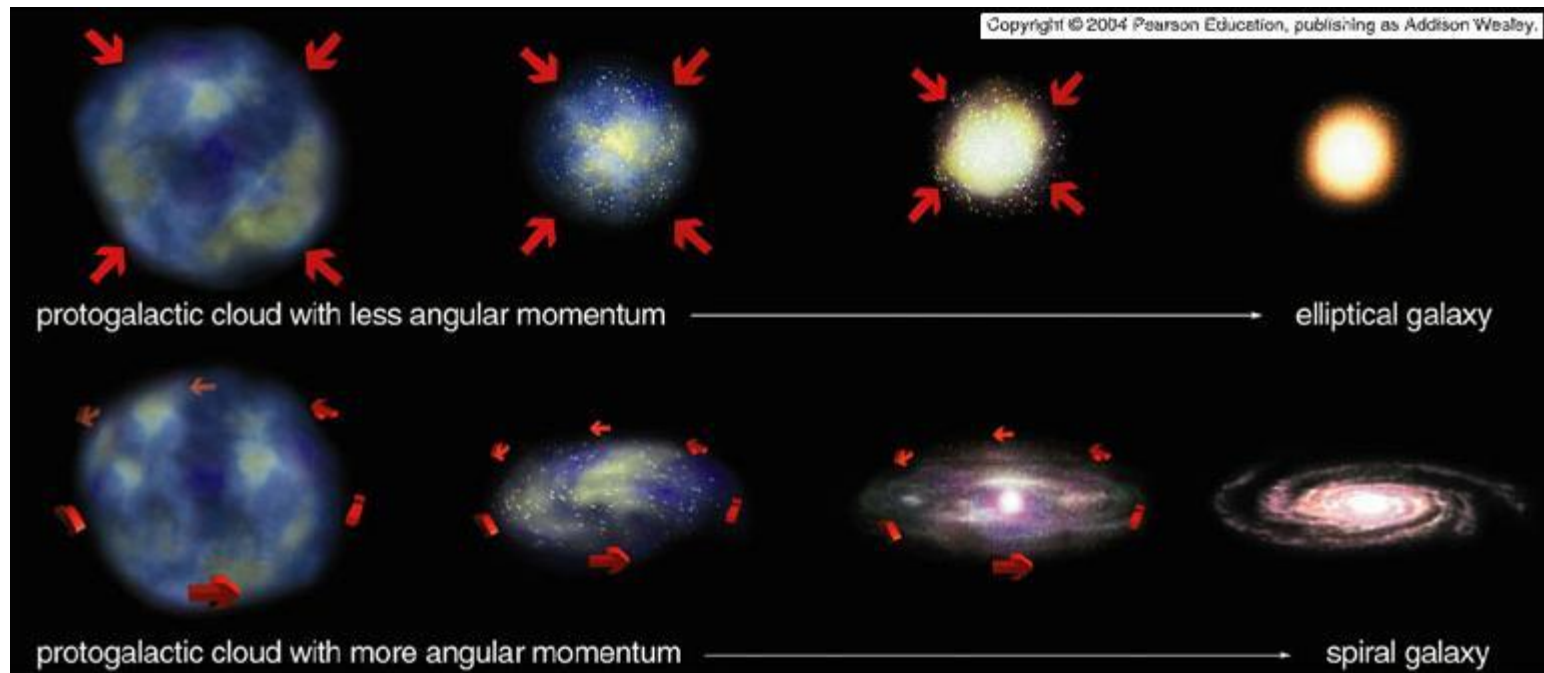




Aglomerado de galáxias: grupo de várias galáxias ligadas gravitacionalmente

Colapso gravitacional desde a nuvem até a galáxia:
análogo ao colapso gravitacional durante formação estelar

Momentum angular: determina forma espiral vs elíptica



Galáxias em colisão

- Mistura o gás, causando formação estelar
 - Galáxias Starbursts: galáxias com uma grande quantidade de formação estelar ocorrendo, tipicamente resultado de colisão recente





FORMAÇÃO ESTELAR

- Nas unidades proto-galáticas o processo dominante é a própria **formação estelar**



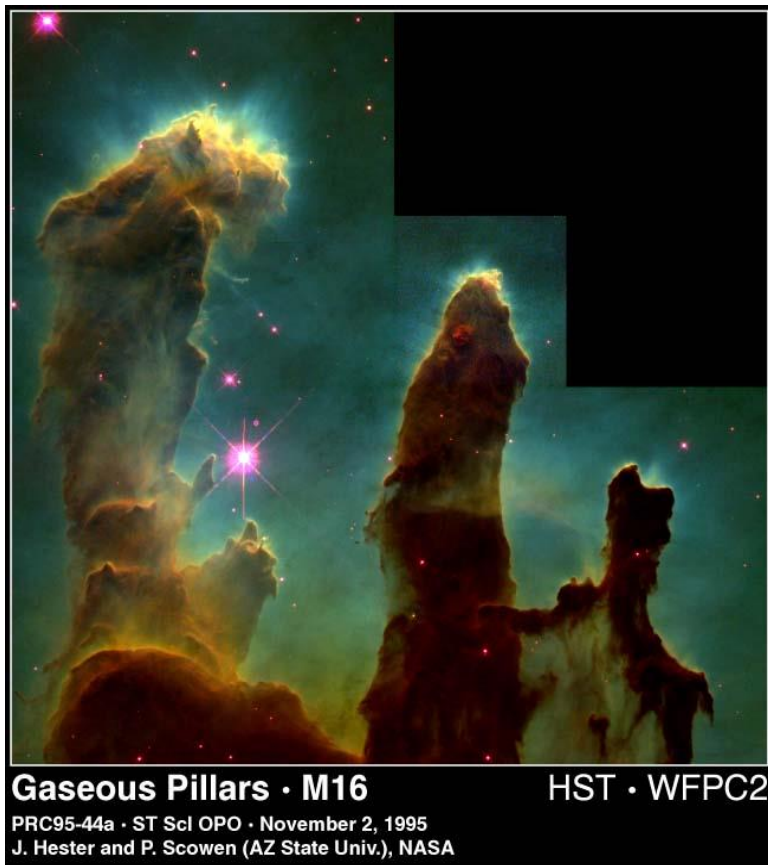
ocorre em nuvens colapsantes gigantes de gás,
e pode ocorrer em diferentes circunstâncias que
resultam em estrelas sendo formadas a diferentes taxas:

taxa lenta - como a maior parte das regiões de formação estelar na nossa Galáxia;

taxa muito mais rápida - como em nuvens comprimidas de gás resultantes de galáxias sendo perturbadas ou colidindo.

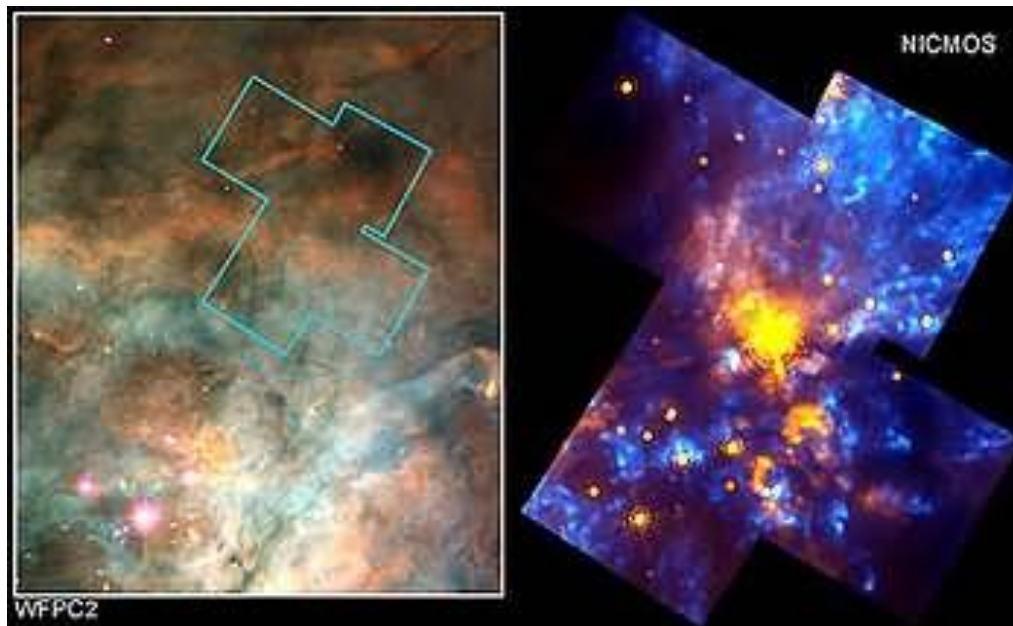
- O processo pelo qual as nuvens se fragmentam e colapsam em estrelas individuais é uma área pobremente conhecida.

- HST revelou com imagens em alta resolução, regiões de formação estelar que mostram a complexidade dos processos físicos envolvidos.
- As fotos mostram colunas de poeira e gás de H interestelar frio que também são incubadoras para novas estrelas.
- Os pilares se projetam da parede interior de uma nuvem molecular como estalagmites saindo de uma caverna. Eles são parte da nebulosa Eagle (M16).

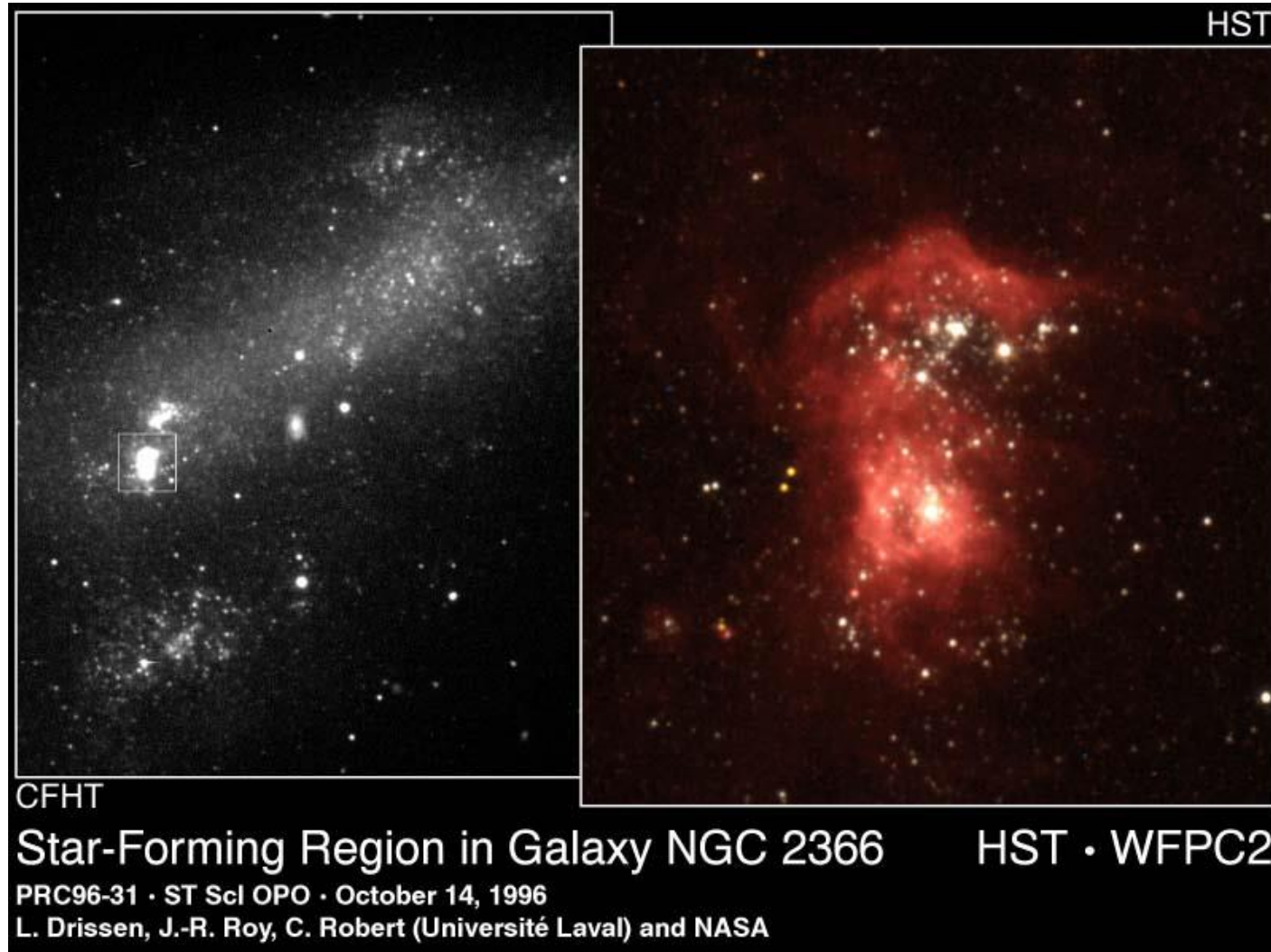




- Os pilares são gás denso que sobreviveu à destruição pela luz quente UV de estrelas próximas.
- As pequenas gotas são regiões ainda mais densas onde muito provavelmente as estrelas estão se formando. Elas emergirão dos “cocoons” nos quais ficaram encubadas por milhões de anos e, no momento, estão blindadas por poeira que não podemos ver no óptico.
- A luz IV (calor) que escapa dessas regiões é a principal indicação da ocorrência de processos energéticos nesse local. A imagem abaixo mostra quão diferentes podem ser imagens obtidas da mesma região da Nebulosa de Orion, mas uma no **óptico (esquerda)** e outra no **IV (direita)**. A radiação IV pode penetrar as nuvens de poeira que envolvem as estrelas jovens que estão se formando em Orion.



- As regiões de formação estelar podem ser muito grandes, algumas vezes ocupando uma grande parte de uma galáxia, como visto na imagem abaixo.



- Obs.: CFHT = Canada-France-Hawaii Telescope 3.6m

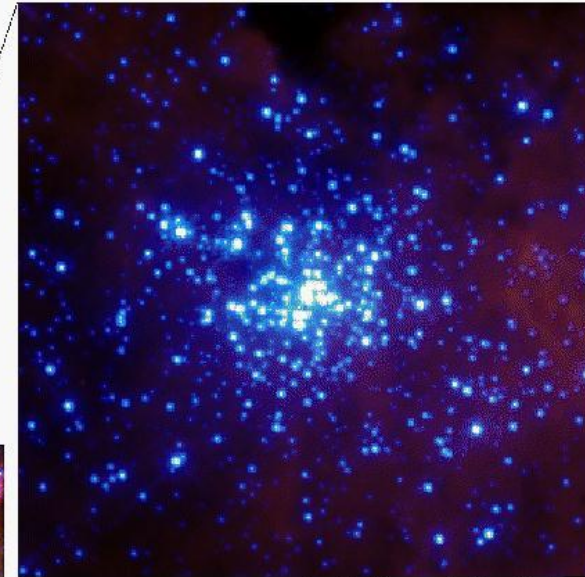
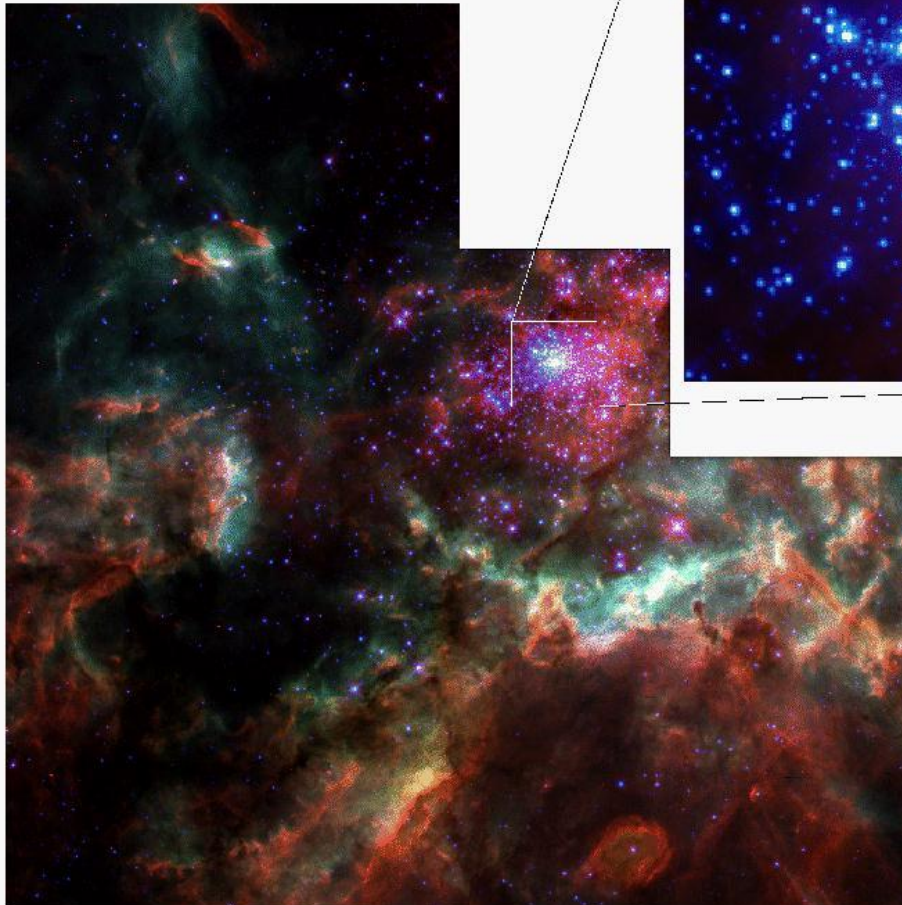
- Fora desses locais de formação, eventualmente regiões de formação estelar aparecem — geralmente em aglomerados gigantes com até milhões de estrelas de uma só vez.

30 Doradus

A Giant H II Region around a Dense Star Cluster in the Large Magellanic Cloud

Hubble Space Telescope

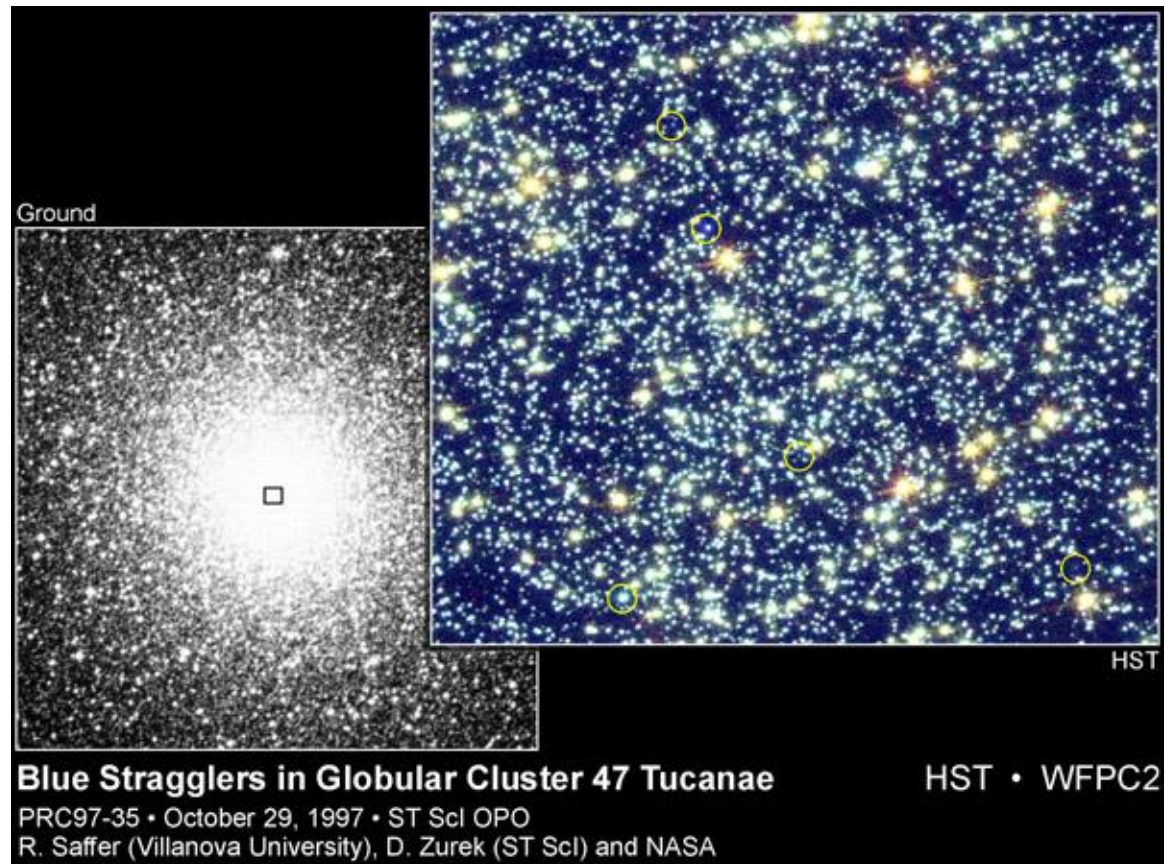
Wide Field and Planetary Camera 2



The image above shows R136, a dense cluster of young hot stars at the center of 30 Doradus. The cluster is imaged in the Planetary Camera at full resolution.

The image at left shows a mosaic of the giant HII region lit up by ultraviolet light from the cluster.

- Aglomerados de estrelas assim formados podem acabar como o que chamamos de **aglomerados globulares** de nossa própria Galáxia — milhões de estrelas firmemente ligadas via suas próprias gravidades, que sobreviveram desde o início, quando a Galáxia estava se formando.
- A imagem abaixo mostra o AG 47 Tuc, um objeto visto a olho nú no hemisfério Sul e uma imagem ampliada feita com HST da região central.

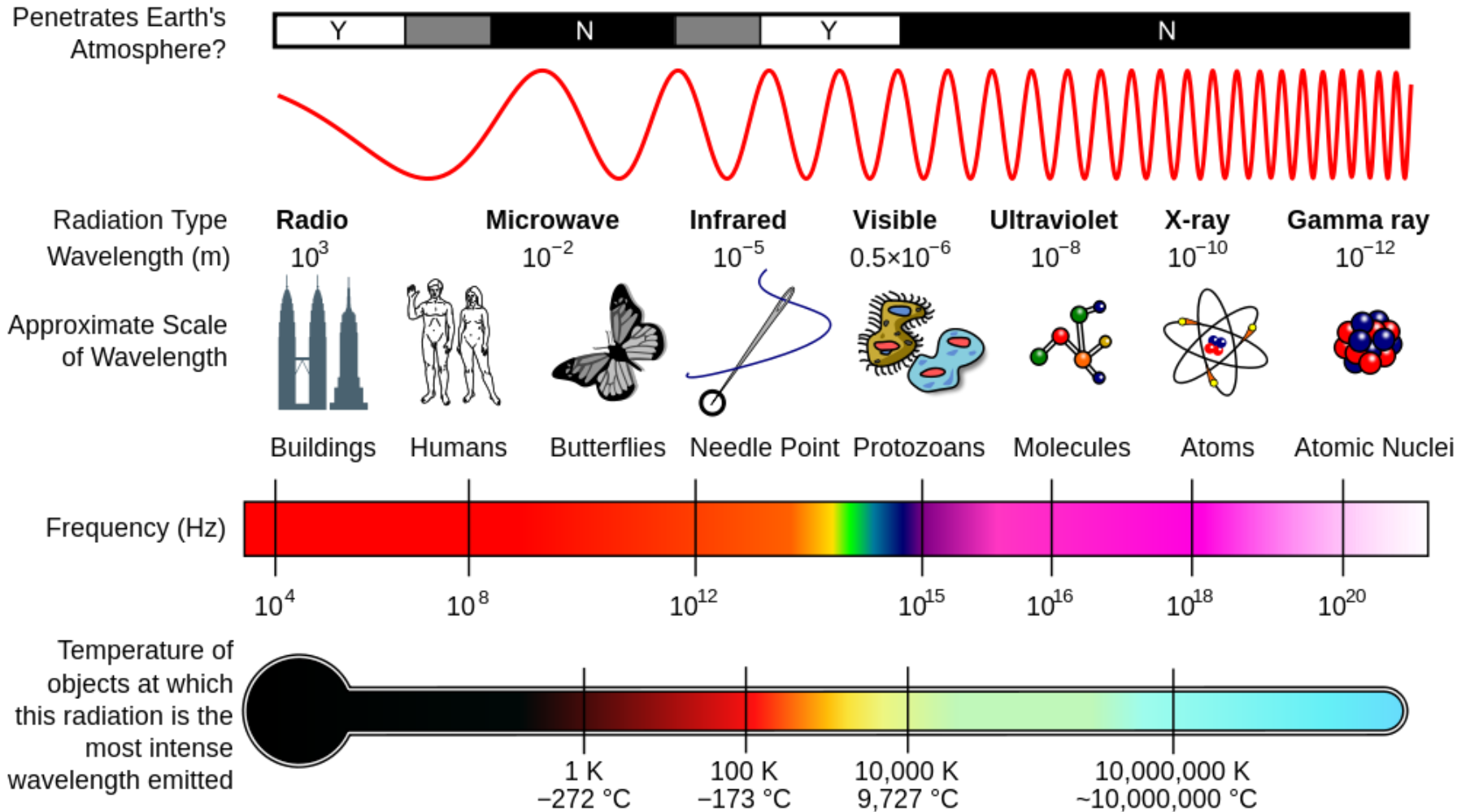


VIA LACTEA EM DIFERENTES COMPRIMENTOS DE ONDA

Nossa visão mudou radicalmente de direção nos anos 50, em relação ao

- **comprimento de onda de observação**

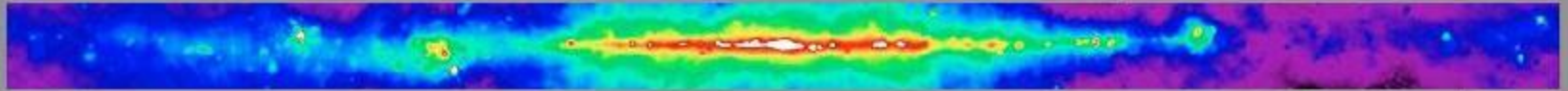
Espectro Eletromagnético



- As imagens abaixo mostram vistas da nossa Galáxia, ao longo do plano galáctico, em **diferentes comprimentos de onda**: de **Radio** a **Raios Gama**

Radio Continuum

408 MHz Bonn, Jodrell Bank, & Parkes



Atomic Hydrogen

21 cm Dickey-Lockman



Molecular Hydrogen

115 GHz Columbia-GISS



Infrared

12, 60, 100 μm IRAS



Near Infrared

1.25, 2.2, 3.5 μm COBE/DIRBE



Optical

Laustsen et al. Photomosaic



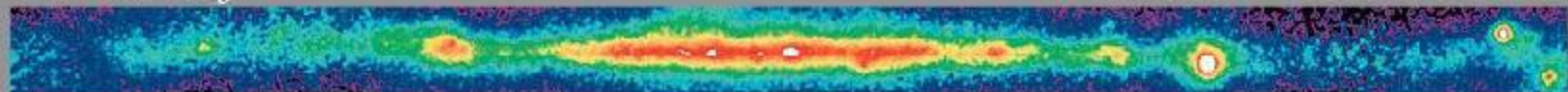
X-Ray

0.25, 0.75, 1.5 keV ROSAT/PSPC



Gamma Ray

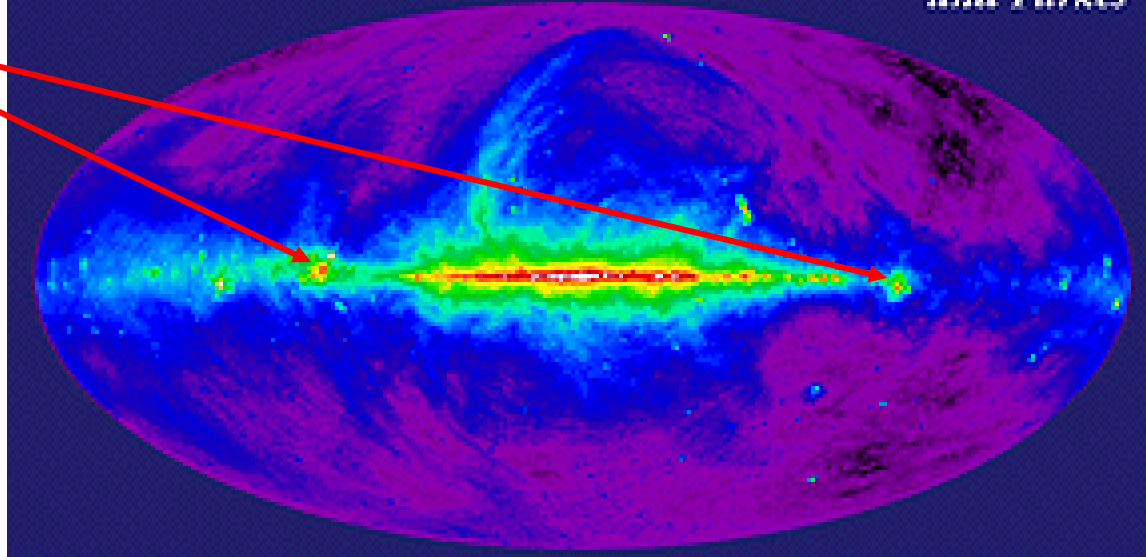
>100 MeV CGRO/EGRET



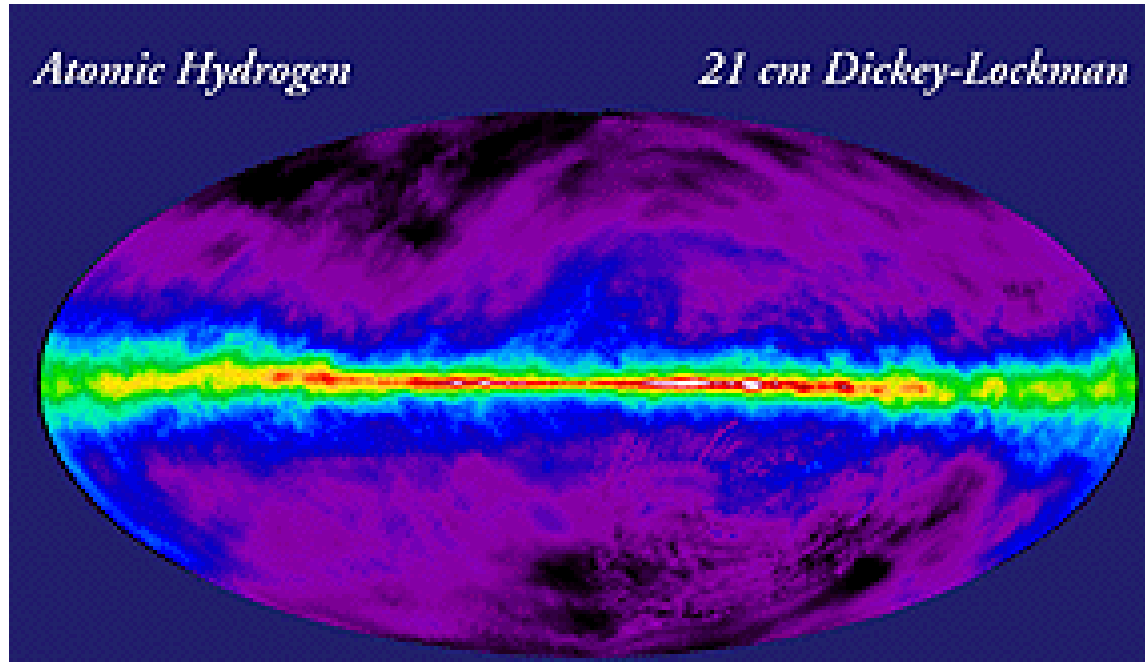
Radio Continuum (408 MHz)

*Bonn, Jodrell Bank,
and Parkes*

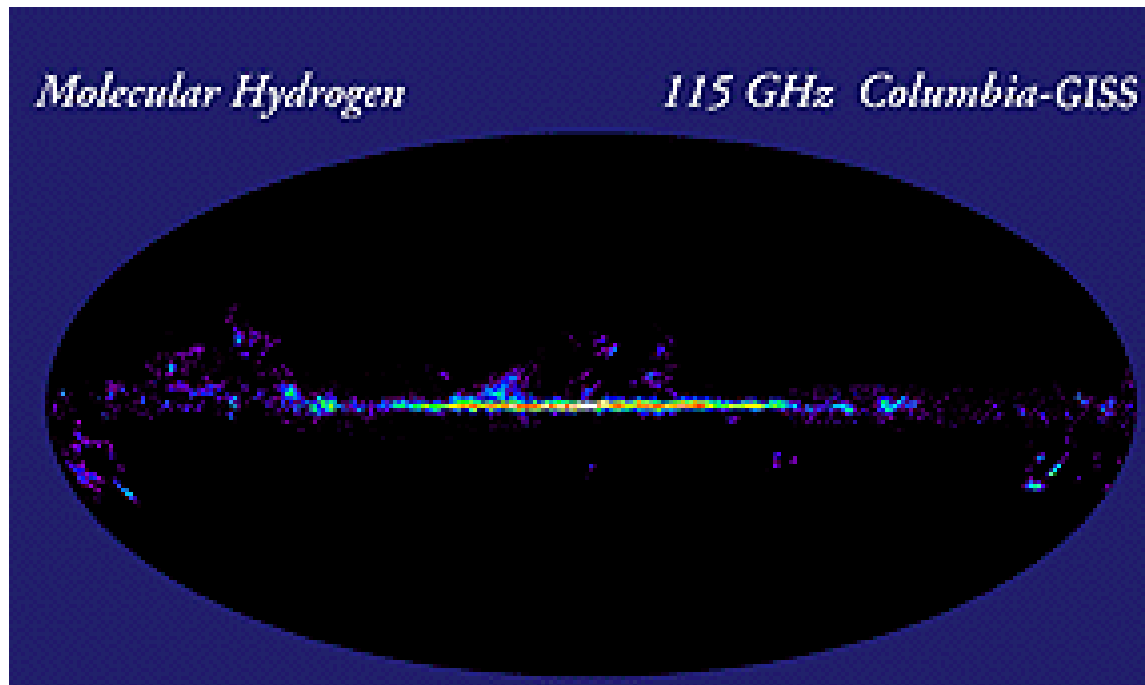
Visão
tangencial
dos braços
espirais



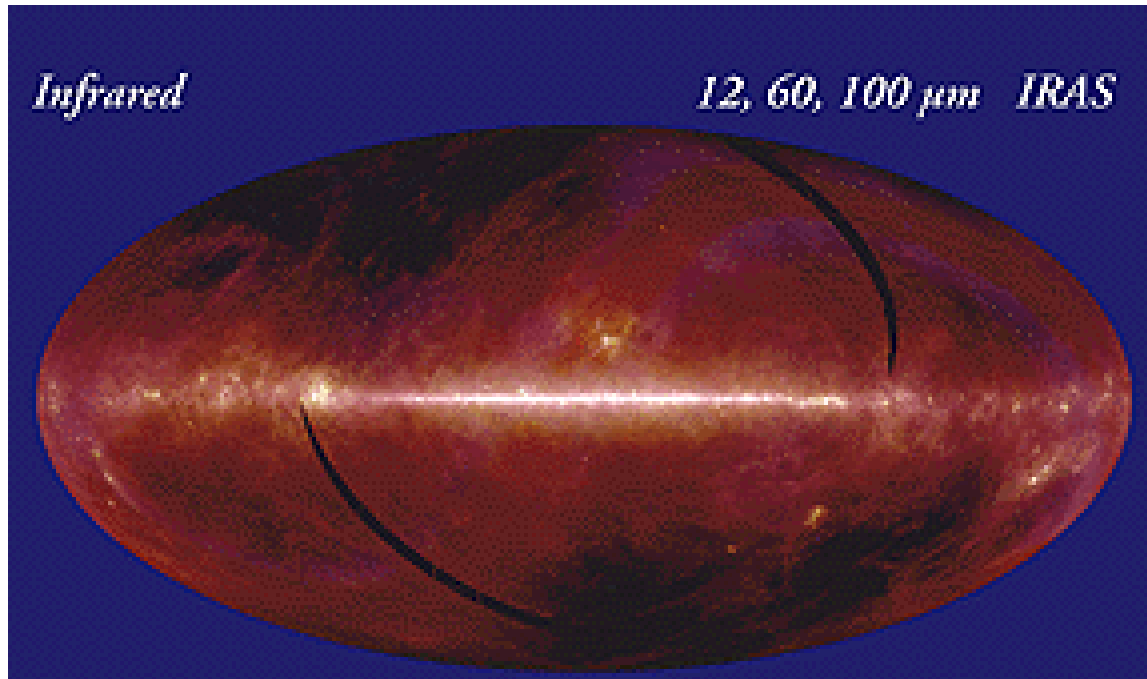
Mapa Radio em 408 Mhz, mostrando principalmente emissão devida ao espalhamento de electrons livres no plasma interestelar (isto é, gás quente). O grande arco é devido aos restos de uma supernova próxima.



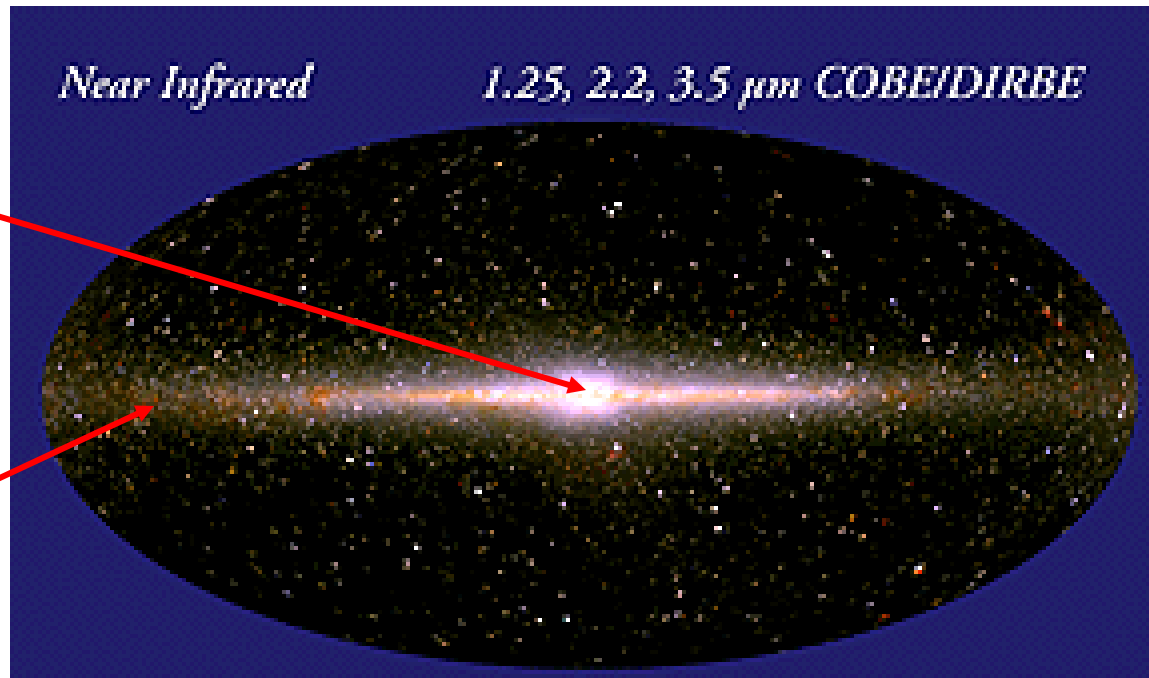
Mapa de radiação em 21 cm, mostrando a distribuição de H neutro no disco galáctico e alguns arcos formados a partir de supernovas recentes. Note a ausência de bojo e braços espirais.



Distribuição de H₂, ou hidrogênio molecular. Ele mapeia o “gás” frio na Galáxia, a partir do qual estrelas eventualmente se formarão. A molécula observada de fato é CO ao invés de H₂, o qual é muito difícil de ser detectado. A camada de formação estelar é marcadamente fina.



- Mapas infravermelhos nos comprimentos de onda 12, 60 and 100 microns.
- Emissão IV vem predominantemente da poeira interestelar, a qual é aquecida a algumas dezenas de Kelvin pelo campo de radiação ambiente das estrelas da Galáxia.



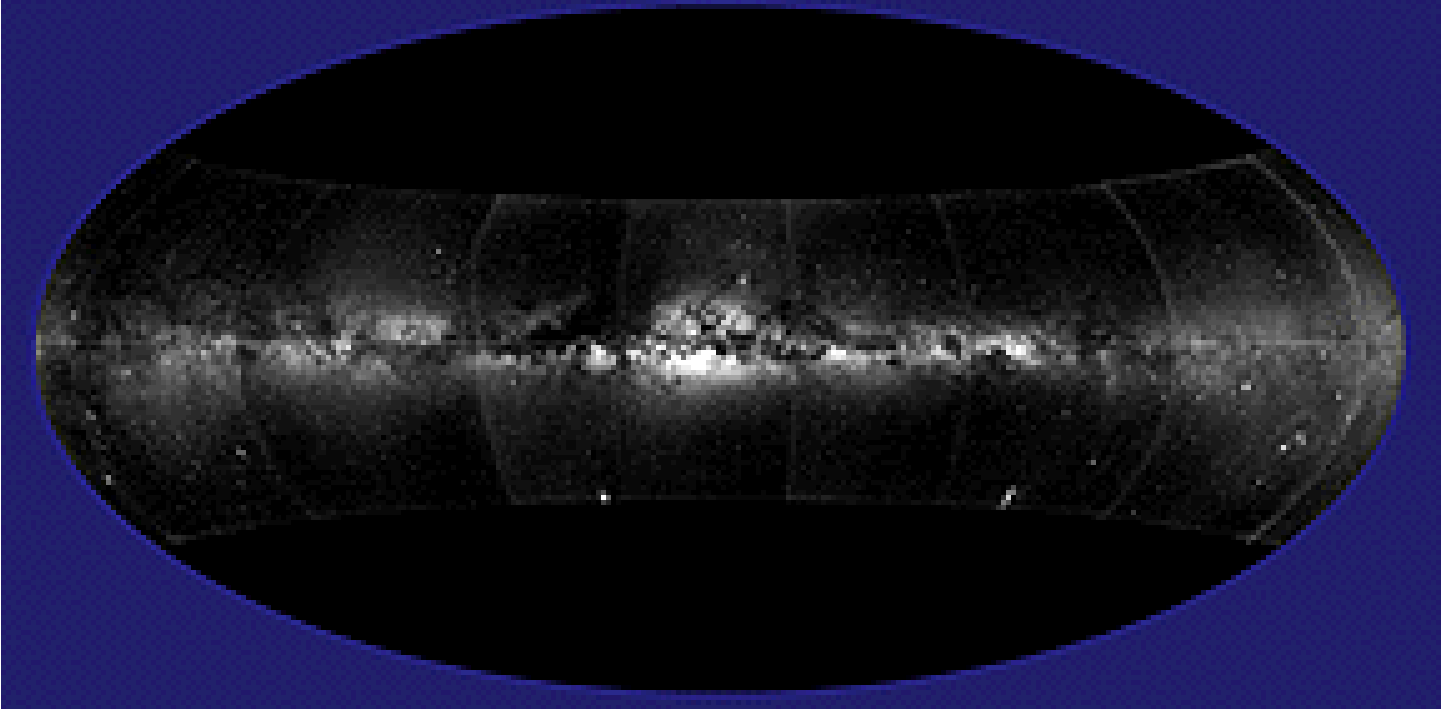
Presença
de objetos
antigos no
bojo.

Deficiência
de estrelas
velhas no
anticentro

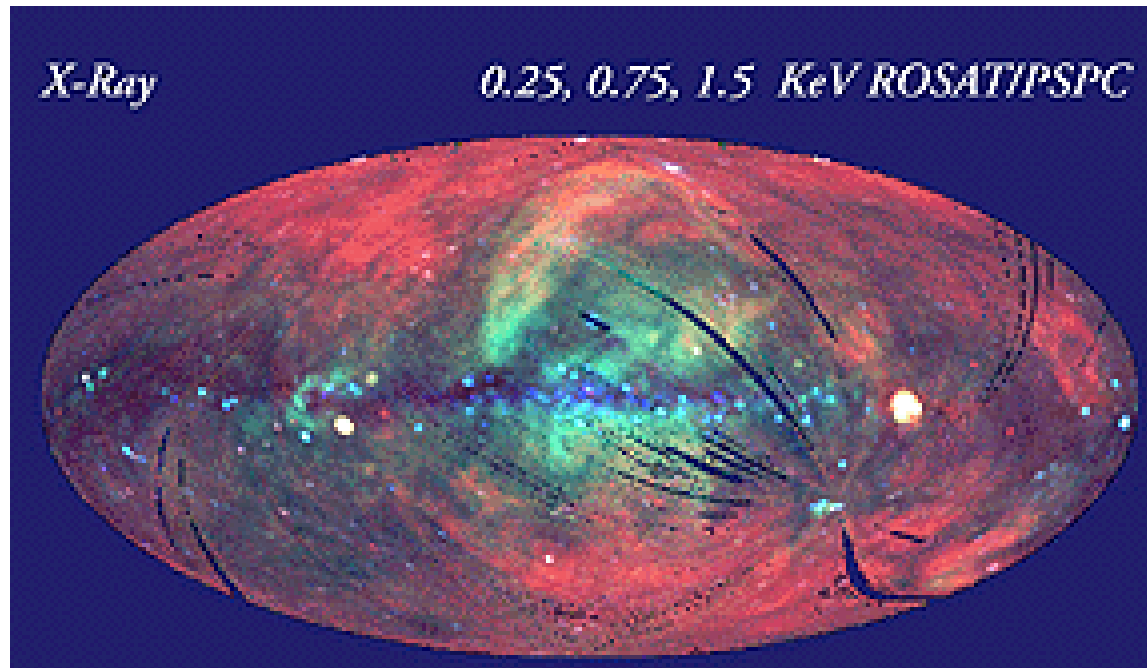
- Emissão IV próxima é dominada por estrelas frias. Como essas estrelas são tipicamente ou velhas ou estrelas de longa vida, esta é nossa melhor visão da Galáxia sem estrelas jovens, brilhantes e quentes.
- A absorção por poeira nesse comprimentos de onda é muito baixa e podemos ter uma clara visão do disco e do bojo da Galáxia.

Optical

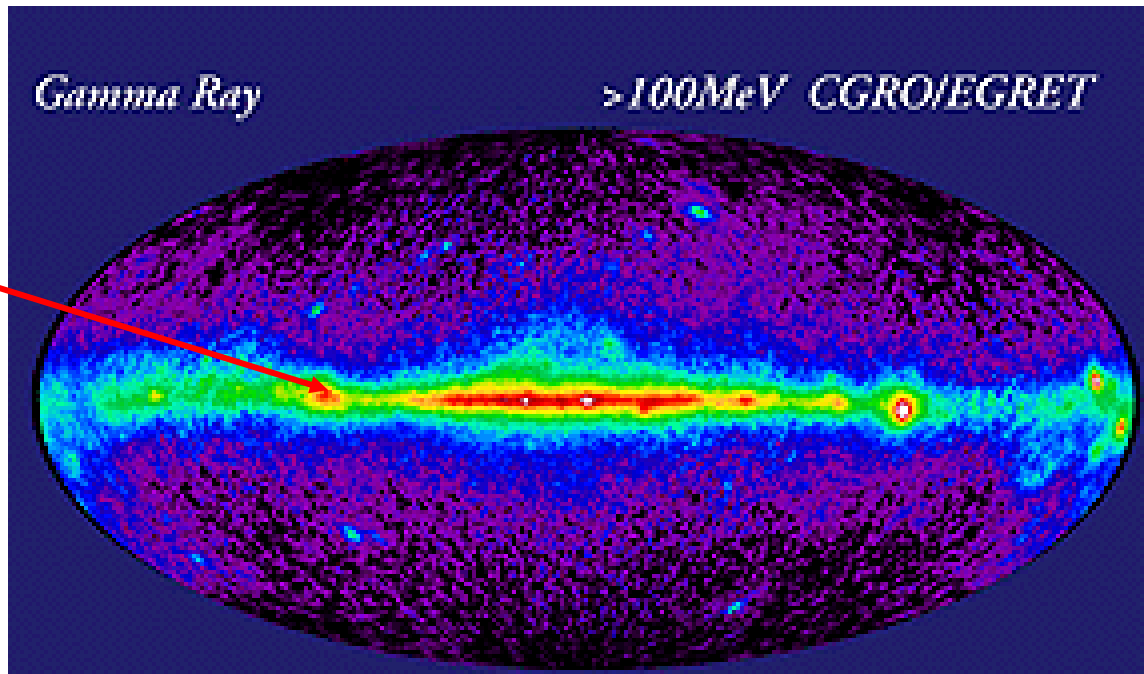
Laustsen et al. Photomosaic



- Imagem no óptico da Galáxia mostrando os fortes efeitos que a absorção pela poeira tem quando olhamos nas regiões centrais.
- A emissão é dominada por estrelas jovens e velhas e pelos efeitos da poeira.



- Imagem em raio-X obtida pelo satélite Rosat.
- Esse tipo de visão, menos clara que as outras, é dominada por restos de supernovas (algumas das características em arco) e fontes individuais de radiação X vinda de estrelas binárias próximas ou de candidatos a buracos negros.



Braços
espirais

- A visão em raios gama da Galáxia obtida pelo Egret é dominada por emissão de raios cósmicos (partículas de alta energia) desacelerando no meio interestelar.

Quão grande é o Universo

- O tamanho do Universo observável é de ~ 14 bilhões de anos-luz
 - Um *ano-luz* é a **distância** que a luz viaja em um ano no vácuo. **Não é uma unidade de tempo**
 - Um ano-luz = 9.5×10^{12} km ~ 10 trilhões km
- Ao dizermos que o tamanho do Universo é de ~14 bilhões de anos-luz, utilizamos dois resultados observacionais:
 - ***A idade do Universo é ~14 bilhões de anos!***
 - ***A velocidade da luz é constante!***

$$c = 2.997924 \times 10^5 \text{ km/sec}$$

~ 300,000 km/sec (no vácuo)

Quão longe estão eles?

- O outro lado da Terra — 20,000 km — 0.07 segundos-luz
- Lua — 384,000 km — 1.3 segundos-luz
- Marte — 180×10^6 km (menor distância) — 4.3 min.-luz
- Sol — 1.5×10^8 km — 8.3 min.-luz
- Plutão — 6×10^9 km — 5.5 horas-luz
- Alpha Centauri (2a. estrela mais próxima) — 4.4 anos-luz
- Galáxia de Andromeda — 2.500.000 anos-luz
- Borda do Universo — 14 bilhões (14.000.000.000) anos-luz

O Universo “Observável”

- Como a luz viaja a uma velocidade finita, e o universo tem uma idade finita, só podemos ver uma região limitada do universo – o chamado *universo observável*
- A maior distância que podemos ver hoje = velocidade da luz X idade do universo = 14 bilhões de anos-luz.