

© Anglo-Australian Observatory

A Galáxia



A Via-Láctea

- Conhecida desde a antigüidade
- Só com o telescópio (século XVII) revelou-se como um numeroso conjunto de estrelas tênues.
- galáxia = objeto leitoso; referência à Via-Láctea.

Mas quando a Via-Láctea virou a Galáxia?

- 1610: Galileu (luneta) resolve a Via-Láctea em estrelas.
- 1758-1782: Charles Messier cataloga 110 objetos difusos (nebulae)
- 1738-1822: William Herschel descobre inúmeras outras nebulae e faz uma descrição da distribuição de estrelas no espaço

Mas somente no século XX...

- ...1920-1929: Ficou claro que muitas nebulas eram objetos estelares muito distantes, universos-ilha! (Shapley, Curtis, Hubble 1920)



Qual o tamanho da Galáxia?

- Estrela mais próxima do Sistema Solar: 4,3 anos-luz
- Distância do Sol ao centro da Galáxia: 26.000 anos-luz.
- Diâmetro da nossa Galáxia: 100.000 AL



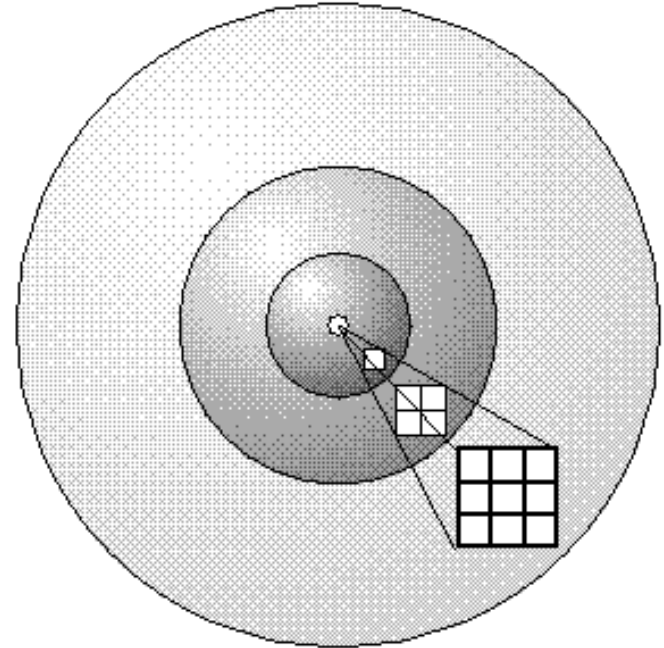
Como medimos distâncias dentro da Galáxia?

- Paralaxe (triangulação): só serve para estrelas até 500pc ~ 1600 anos-luz.
- Resposta: variáveis Cefeidas e RR Lyrae

Como medir distâncias dentro da Galáxia?

- Se medimos o fluxo F (brilho) de uma lâmpada e sabemos sua luminosidade L (potência), temos sua distância:

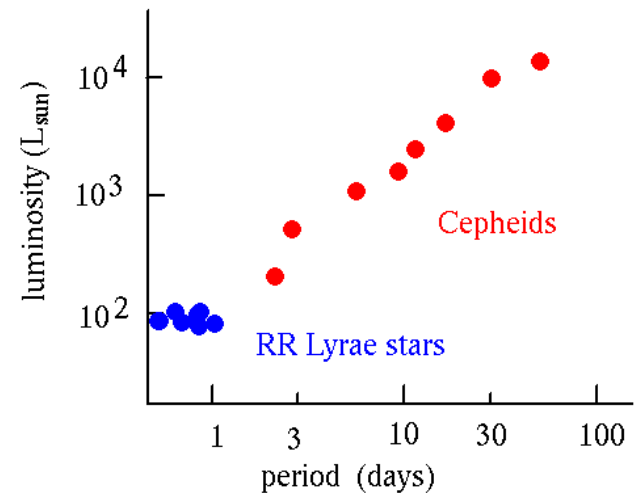
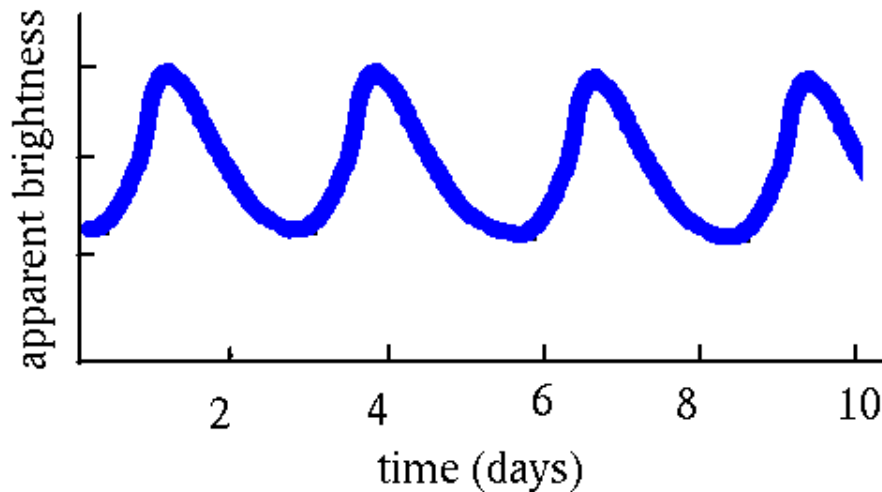
- $F = L / (4 \pi d^2)$



Light spreads out with the **square** of the distance. Through a sphere twice as large, the energy covers an area **four** times larger. Through a sphere three times as large, the energy covers an area **nine** times larger.

Cefeidas e RR Lyrae

- Oscilações periódicas no fluxo: curva de luz
- Relação entre o período da curva e a luminosidade média emitida



E qual a forma da Via-Láctea? (Morfologia)

- Mais fácil estudar a morfologia de outras galáxias, assim como é mais fácil conhecer a forma de um prédio distante do que deste em cujo interior nos encontramos.

Tipos morfológicos

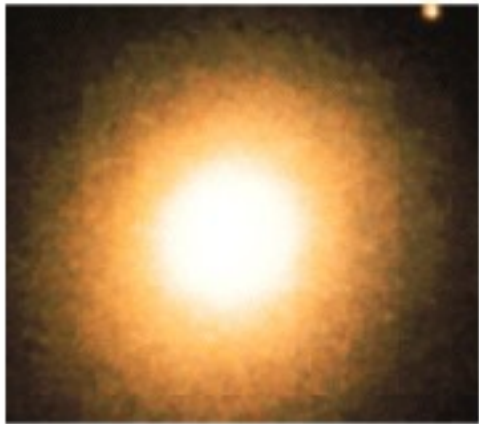
3 tipos básicos: elípticas, espirais e irregulares:

Elípticas: formato de elipse (sério?!)

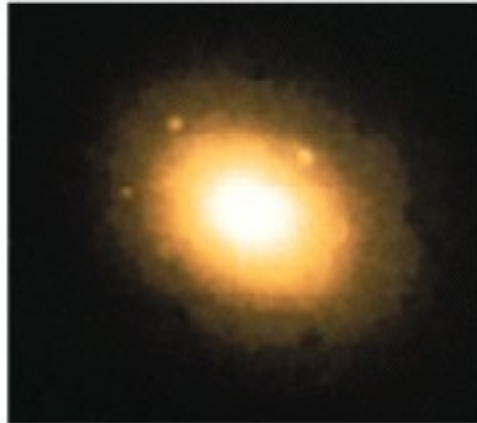
Espirais ou disco: forma planar (disco), contendo braços em espiral (não diga?!)

Irregular: não têm forma bem definida (que surpresa!)

Elípticas (E)



E0

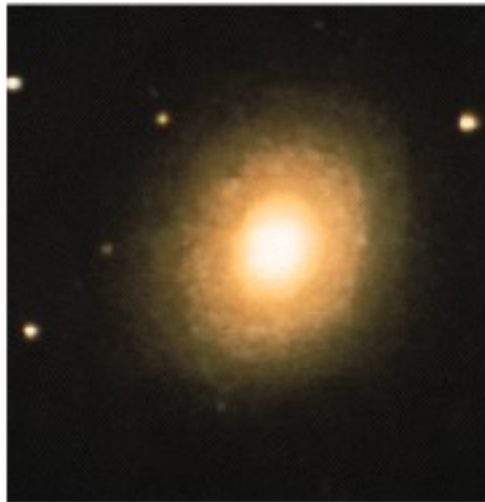


E3



E6

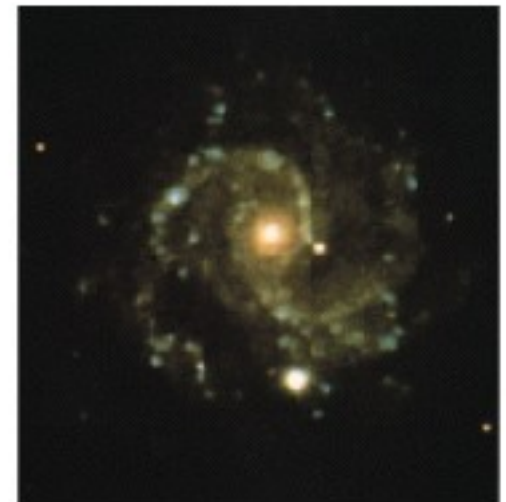
Espirais (S)



Sa



Sb



Sc

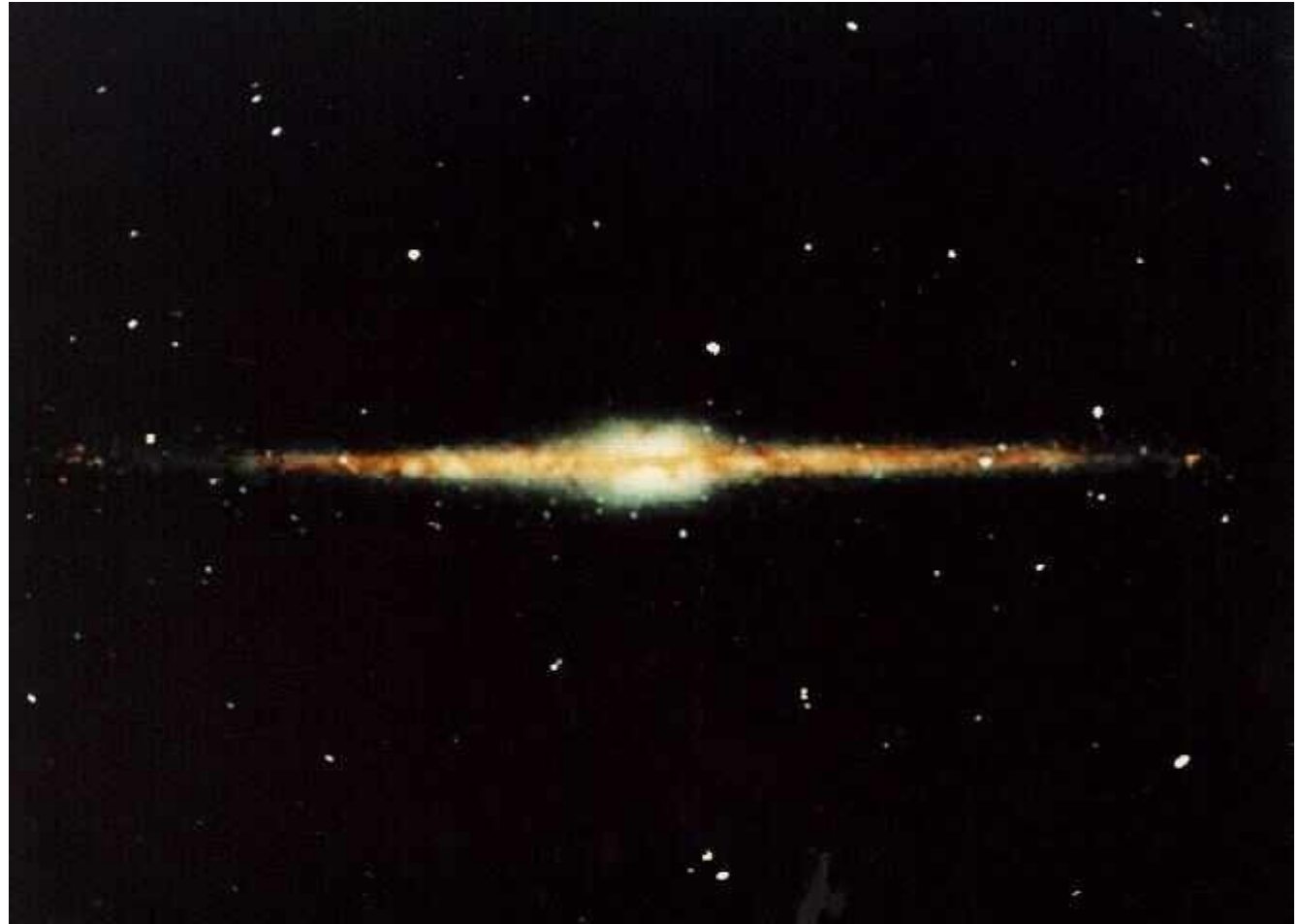
Irregulares (I)



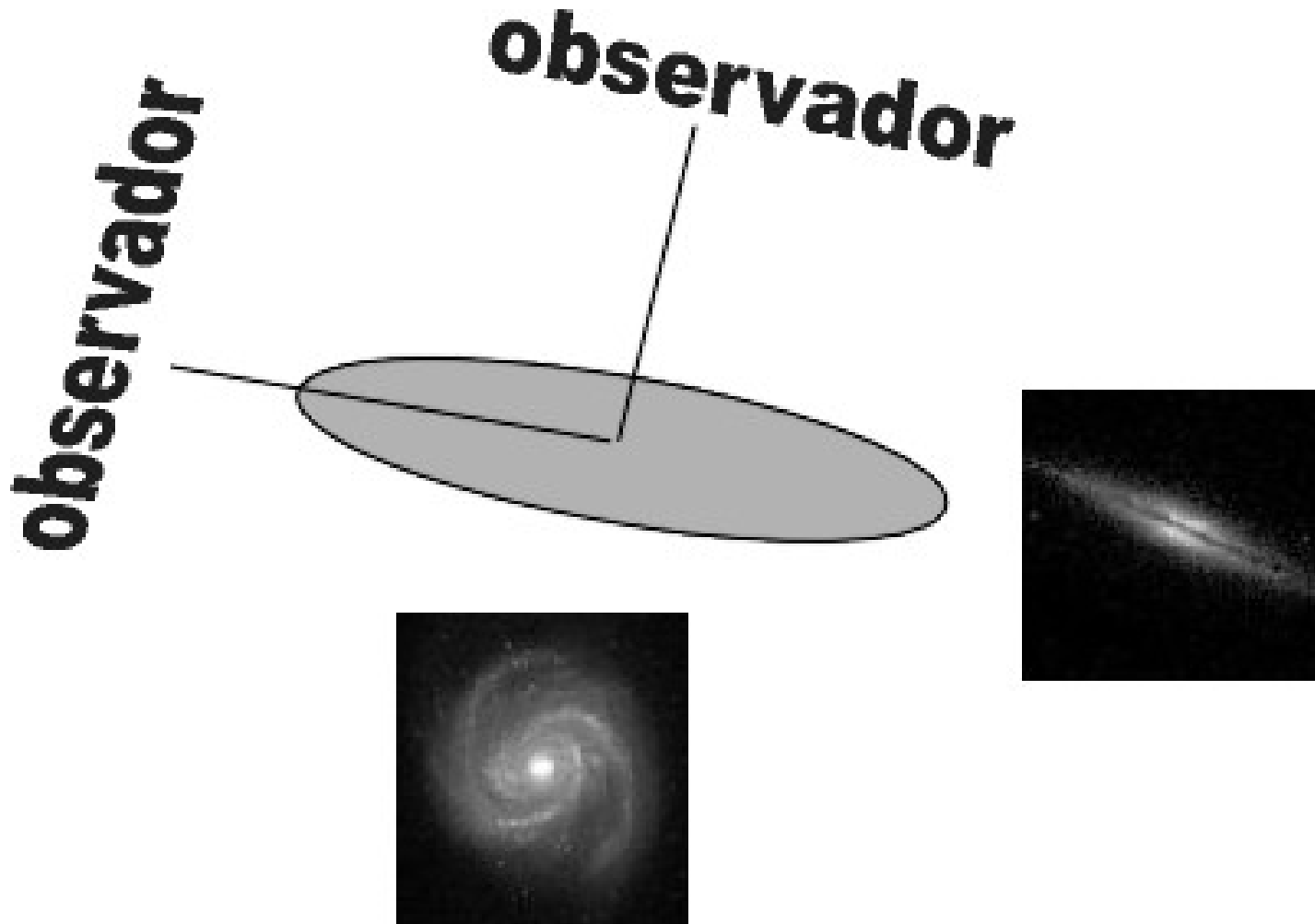
Qual o tipo da nossa Galáxia?

Telescópio COBE
(micro-ondas)

Mosaico



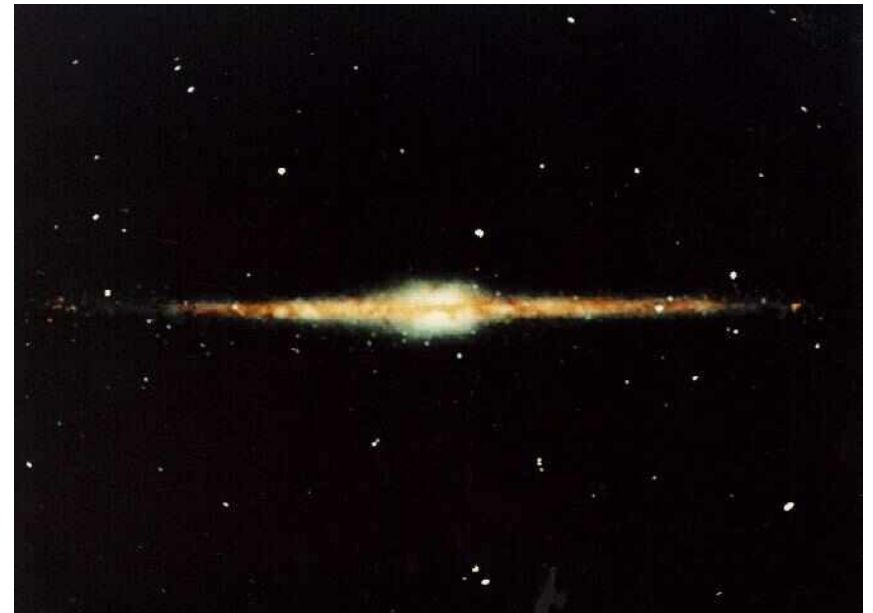
Resposta: uma espiral, com o Sol no plano do disco



Exemplo de espiral de perfil



NGC 891



Mosaico da
Galáxia
(COBE)

Mas cuidado: a aparência de uma galáxia muda com a forma como a observamos.



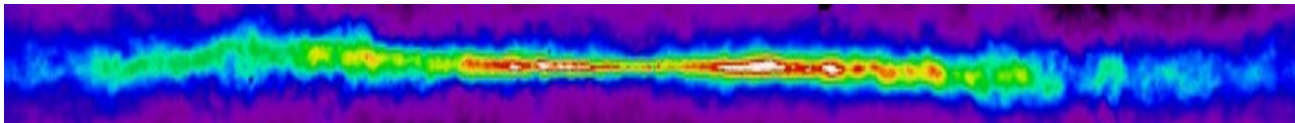
Raios X



Óptico



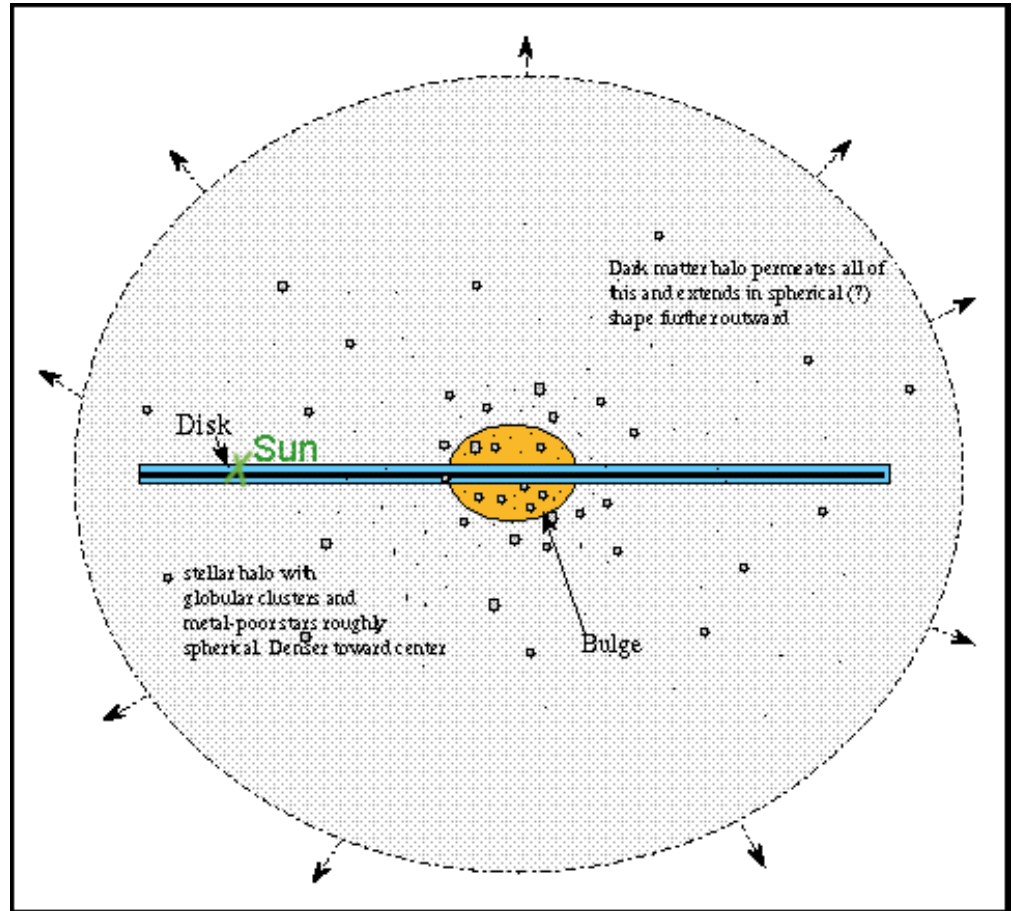
Infra-vermelho



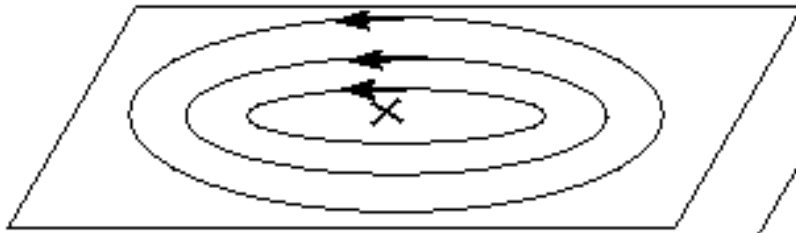
Rádio

Estrutura da Galáxia

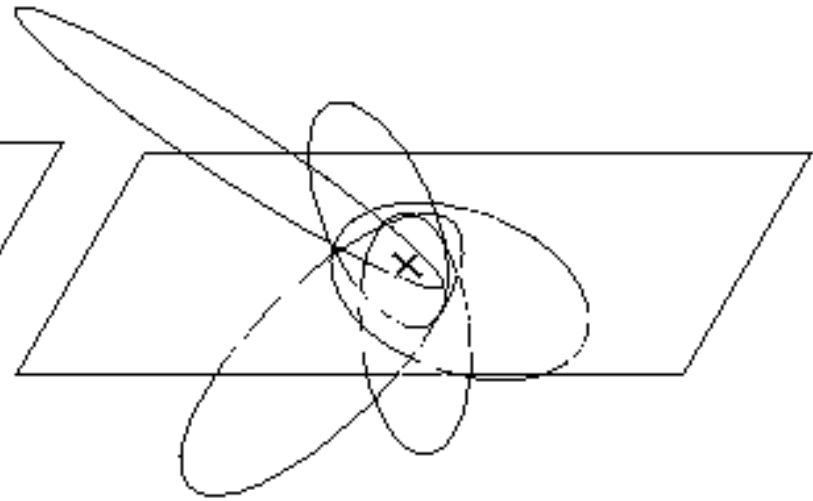
- Bojo esferoidal
- Disco
- Halo esferoidal (muito rarefeito)



Cinemática (movimentos)



Population I stars: ordered motion.
Circular orbits in the disk plane;
younger, more metal-rich.



Population II stars: random motion.
Eccentric orbits passing through disk
plane; older, more metal-poor.

Populações Estelares

Bojo: predominam estrelas amarelas e vermelhas → frias

Disco: predominam estrelas azuis → quentes

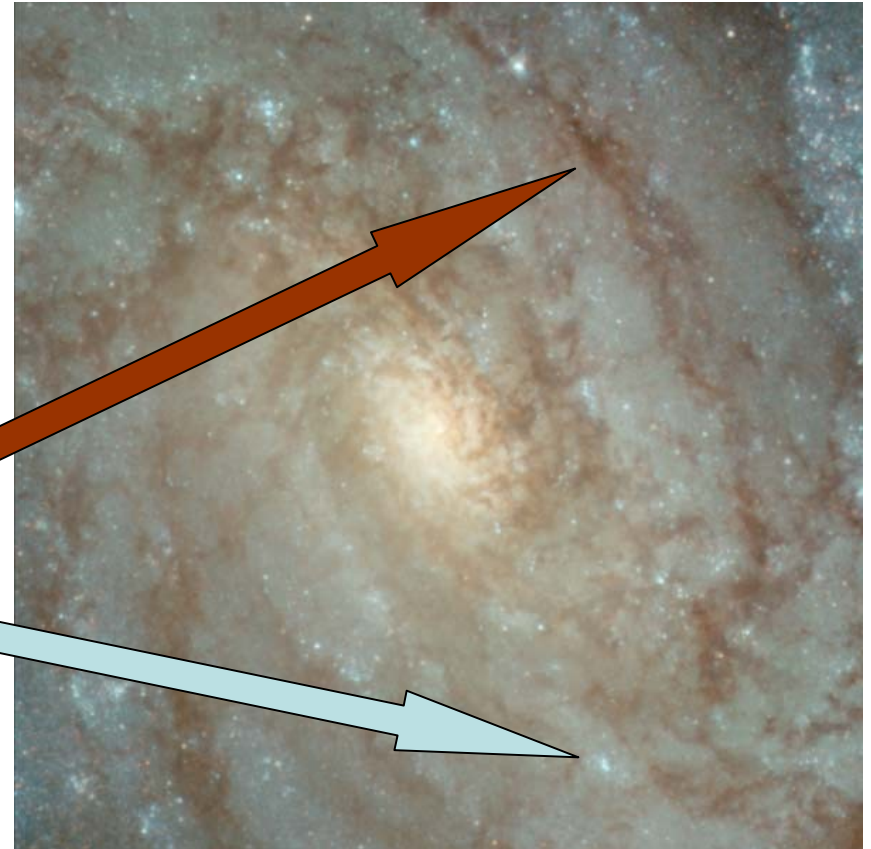
Estrelas de baixa massa: duram muito e são frias

Estrelas de alta massa: duram pouco e são quentes.



Conclusão do slide anterior

- No bojo predominam estrelas velhas
- No disco predominam estrelas jovens.
- Além disso, no disco há o meio interestelar: **gás** e **poeira**



Meio interestelar

Novas estrelas surgem do gás e da poeira.

Gás: predominantemente H e He

Poeira: partículas compostas por carbono, silício, água, entre outras compostos

Poeira: absorve luz óptica e emite no infravermelho



Onde se situa o gás e a poeira?

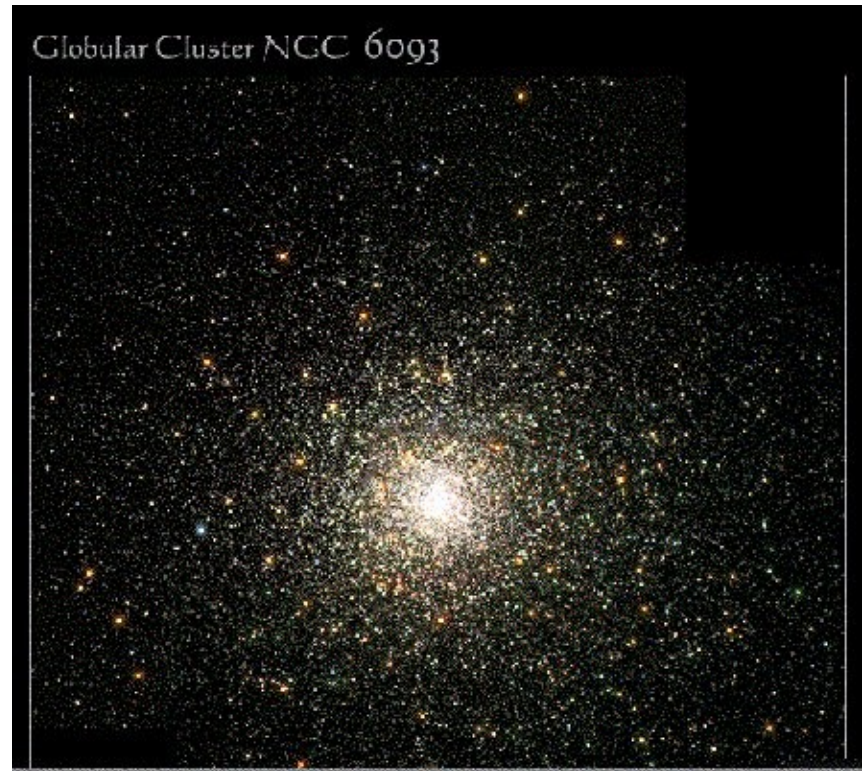
- Principalmente, ao longo dos braços espirais, acompanhando a distribuição de estrelas jovens (quentes e azuis).



Aglomerados estelares

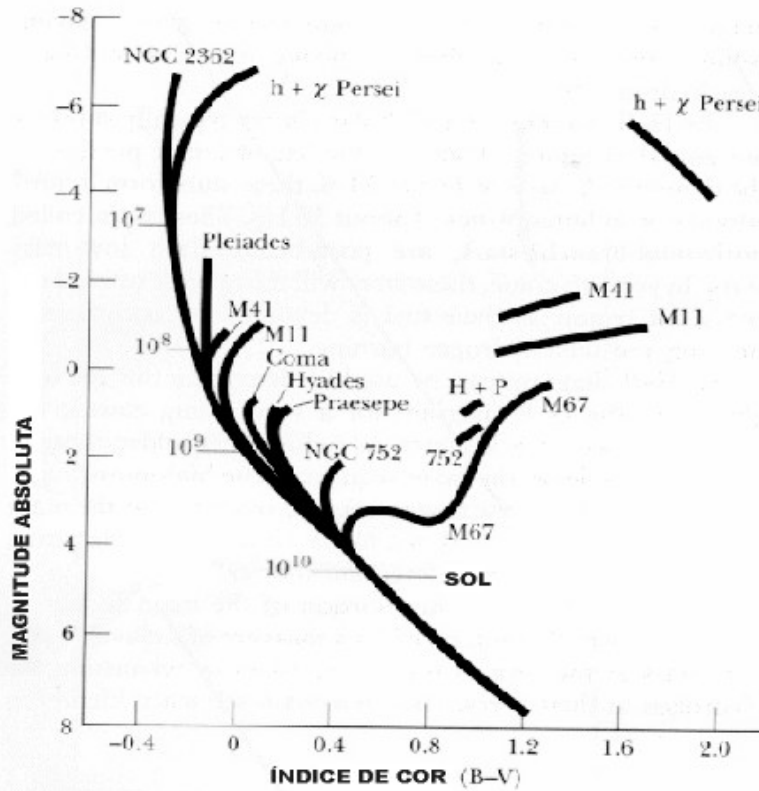


Abertos (ocupam o disco)

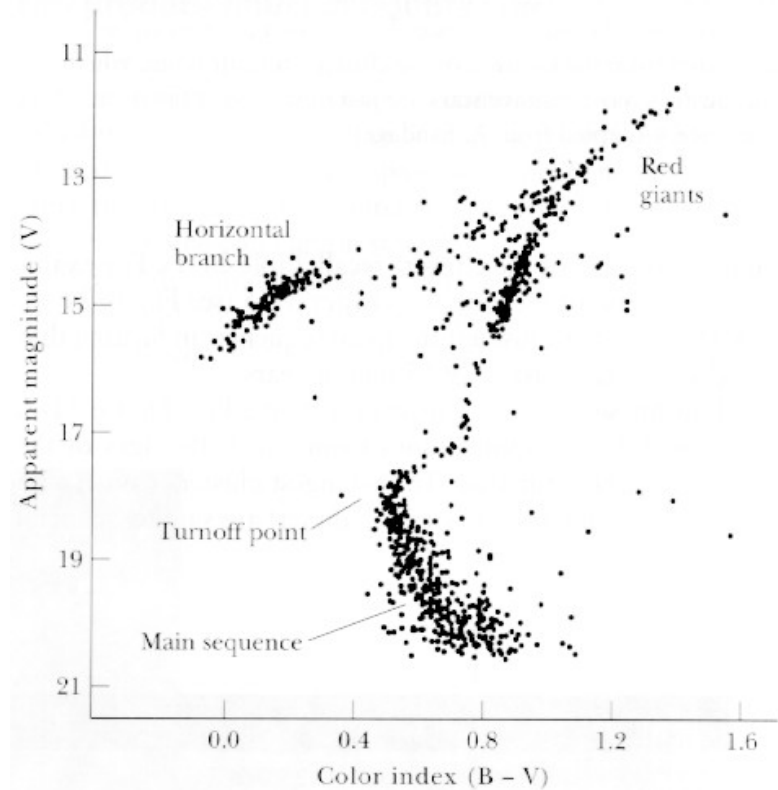


Globulares (esferóide)

Diagrama HR (aprenderam?)



Abertos (idades $10^6 - 10^9$ anos)



Globulares (idades 10^{10} anos ou mais)

Aglomerados - características

- Globulares: muitas estrelas (10^5), velhos, localizados no bojo e no halo, forma esférica.
- Abertos: menos estrelas ($\sim 10^2 - 10^3$), em geral jovens, localizados no disco, forma irregular.

Então, de que é feita a Galáxia?

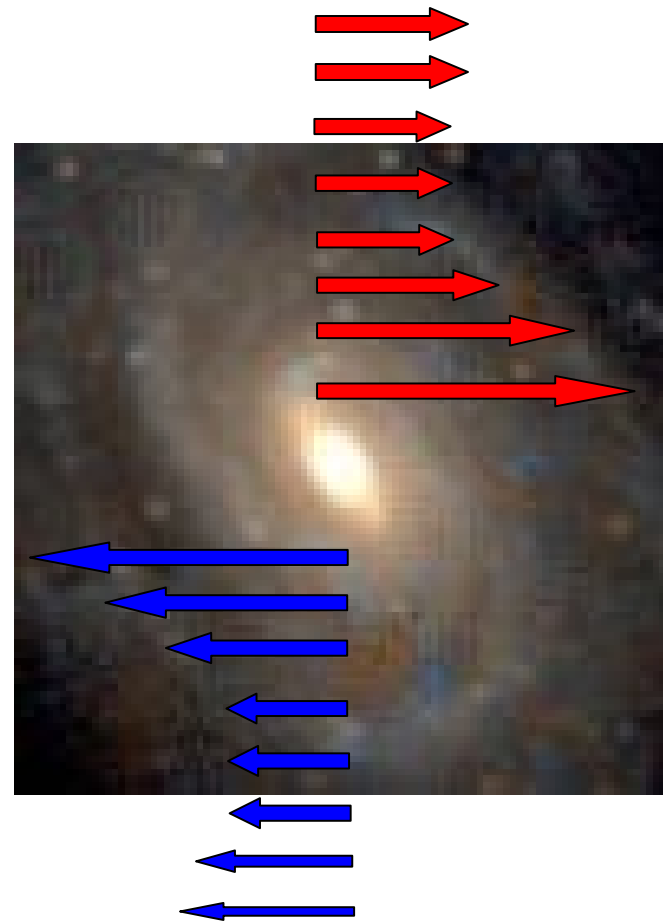
- Estrelas: solitas como o Sol, binárias (a maioria) ou em aglomerados.
- Meio interestelar: gás (H e He) e poeira (grãos)
- Algo mais?

Voltando à cinemática...

Efeito Doppler:
Podemos medir as
velocidades das
estrelas em torno do
centro do disco.

O Sol orbita a uns
220km/s em torno do
centro.

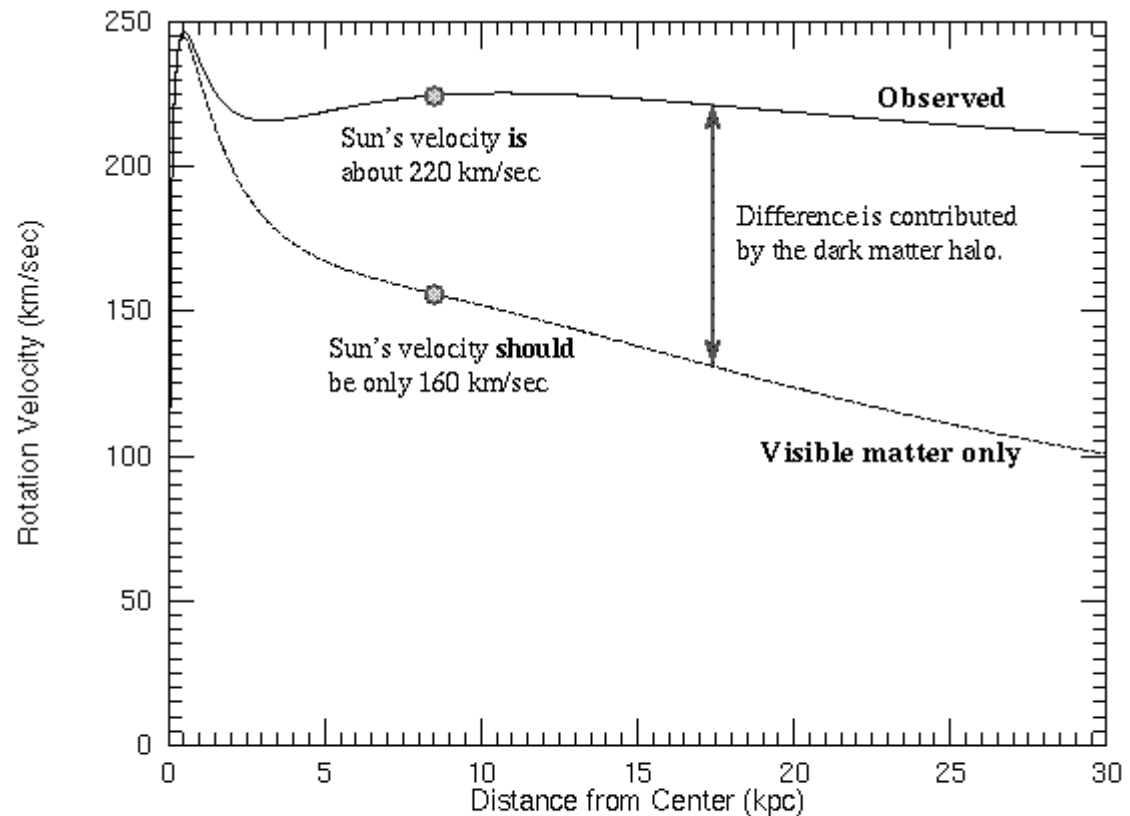
A velocidade, em geral,
cai com a distância.



Curva de Rotação

Com a curva de rotação podemos estimar a massa da Galáxia.

Há muito mais massa do aquilo que vemos como estrelas, gás ou poeira!



The gravity of the visible matter in the Galaxy is not enough to explain the high orbital speeds of stars in the Galaxy. For example, the Sun is moving about 60 km/sec too fast. The part of the rotation curve contributed by the visible matter only is the bottom curve. The discrepancy between the two curves is evidence for a **dark matter halo**.

Massa da Galáxia

- Total: $M \approx 10^{12} M_{\text{sol}}$
- Estrelas: $M \approx 10^{11} M_{\text{sol}}$
maior parte no disco
- Gás e poeira: $M \approx 10^{10} M_{\text{sol}}$

Receita para fazer a Galáxia

- Pegue 90% de matéria escura, cuja natureza você não conhece.
- Adicione 10% de estrelas, gás e poeira, na seguinte proporção: estrelas - uns 80%, gás – uns 15-20%, poeira – 1 ou 2%.

Mas como encaixar neste esquema:

- A Terra e os planetas que orbitam o Sol?
- Os planetas extra-solares (já conhecemos uns 200)?
- Os cometas, asteróides, etc?
- Os buracos negros e estrelas de neutrons?

Resposta: Poeira!

- Exceto pelos buracos negros, estrelas de neutrons e anãs brancas, que são resultado da evolução das estrelas (remanescentes estelares).

O que resta saber sobre nossa Galáxia?

- Qual a natureza da matéria escura?
- Quando e como se formou a Galáxia?
- Como e a que passo o gás foi convertido em estrelas (histórico de formação estelar)
- Como o meio interestelar é transformado em estrelas?

Matéria escura: tem que ser algo difícil de observar

- Estrelas de baixa massa?
- Gás frio?
- Buracos negros ou anãs brancas muito tênues?
- Partículas exóticas (fotinos, gravitinos, axions, etc)?

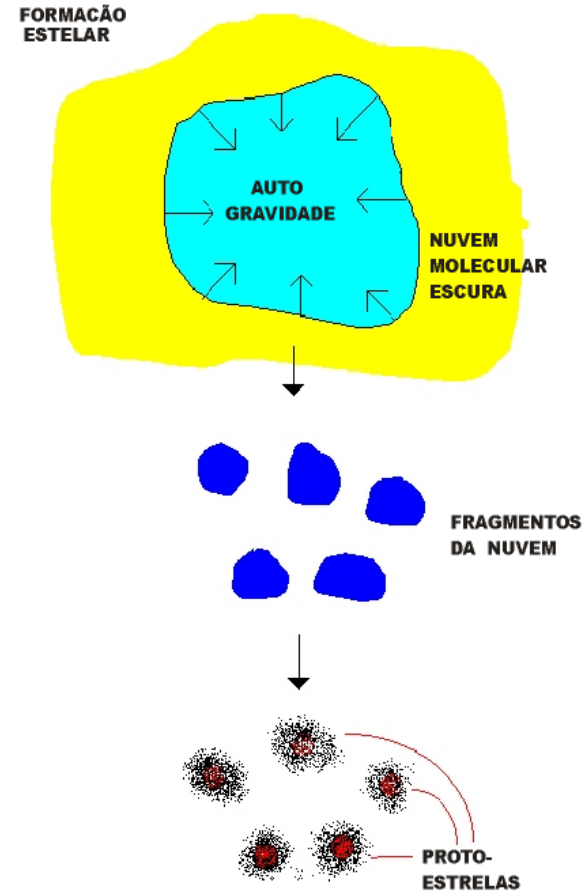
Formação estelar

Nuvem de gás e poeira mais densa entra em contração e colapso gravitacional

Fragmentação → novas estrelas

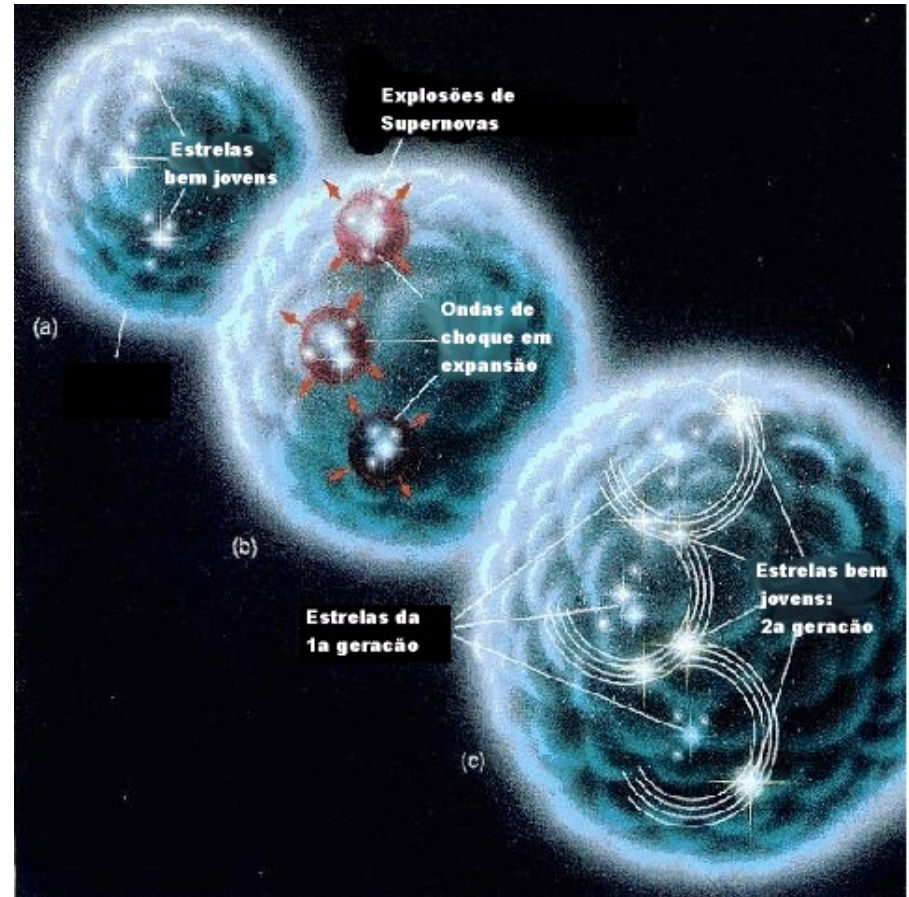
Colapso: energia gravitacional → energia térmica (aquecimento)

Emissão de luz: dissipação de energia (resfriamento)



Mas o que leva à formação de nuvens mais densas?

- Efeitos dinâmicos: explosões de supernovas? choques entre nuvens? jatos de núcleos ativos?



Idade da Galáxia

- Sistemas estelares mais velhos são os aglomerados globulares: $\tau \geq 10^{10}$ anos.
- Idade estimada do universo: 1.4×10^{10} anos.

