

A Via Láctea

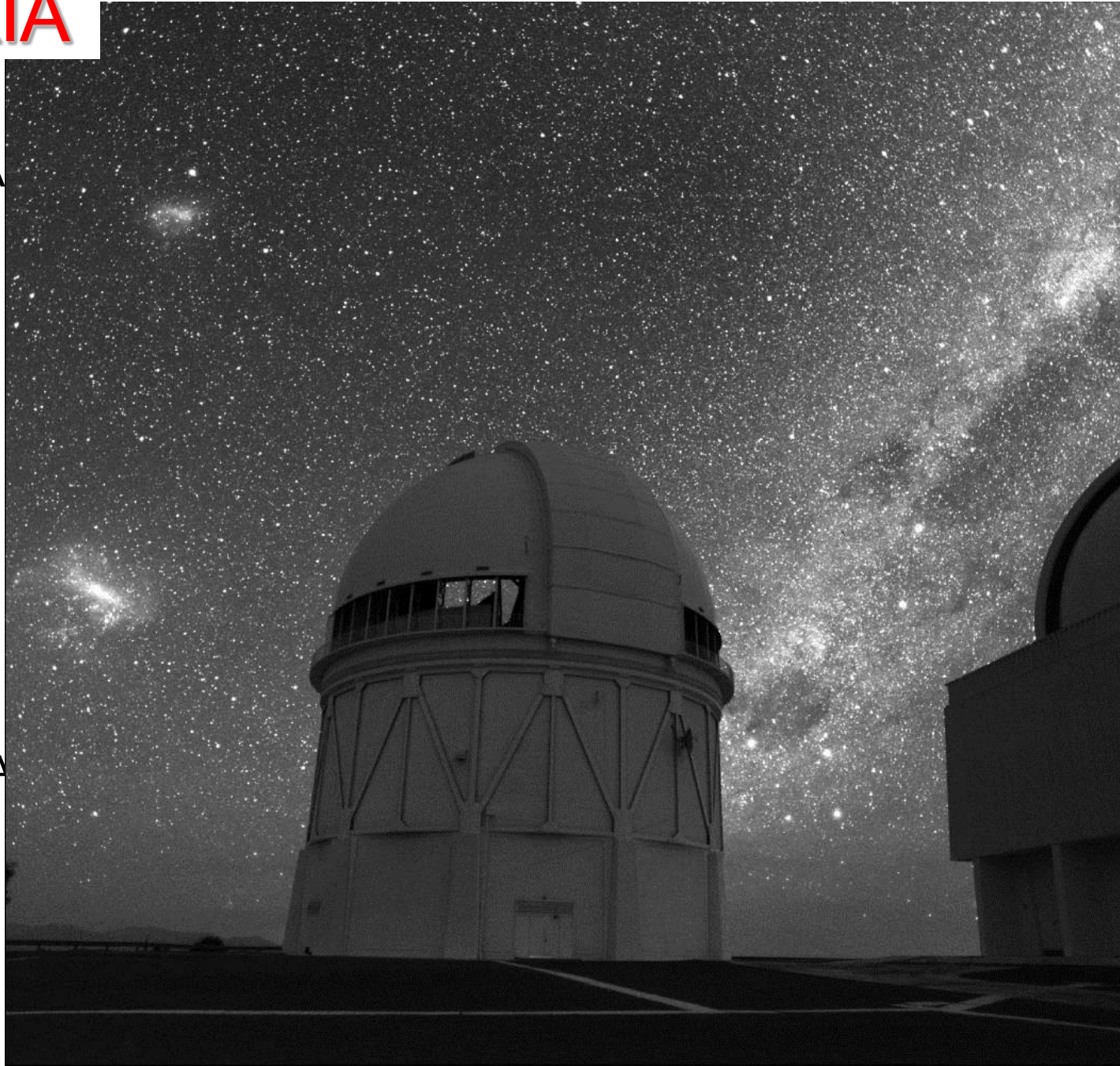
- ASTRONOMIA GERAL
- FIS004
- Prof. Gustavo Guerrero

- Introductory Astronomy & Astrophysics, M. Zeilek, S. A. Gregory & E. v. P. Smith (Caps. 14 - 15)

- Agradecimento: Elisabete Dal Pino

A GALÁXIA

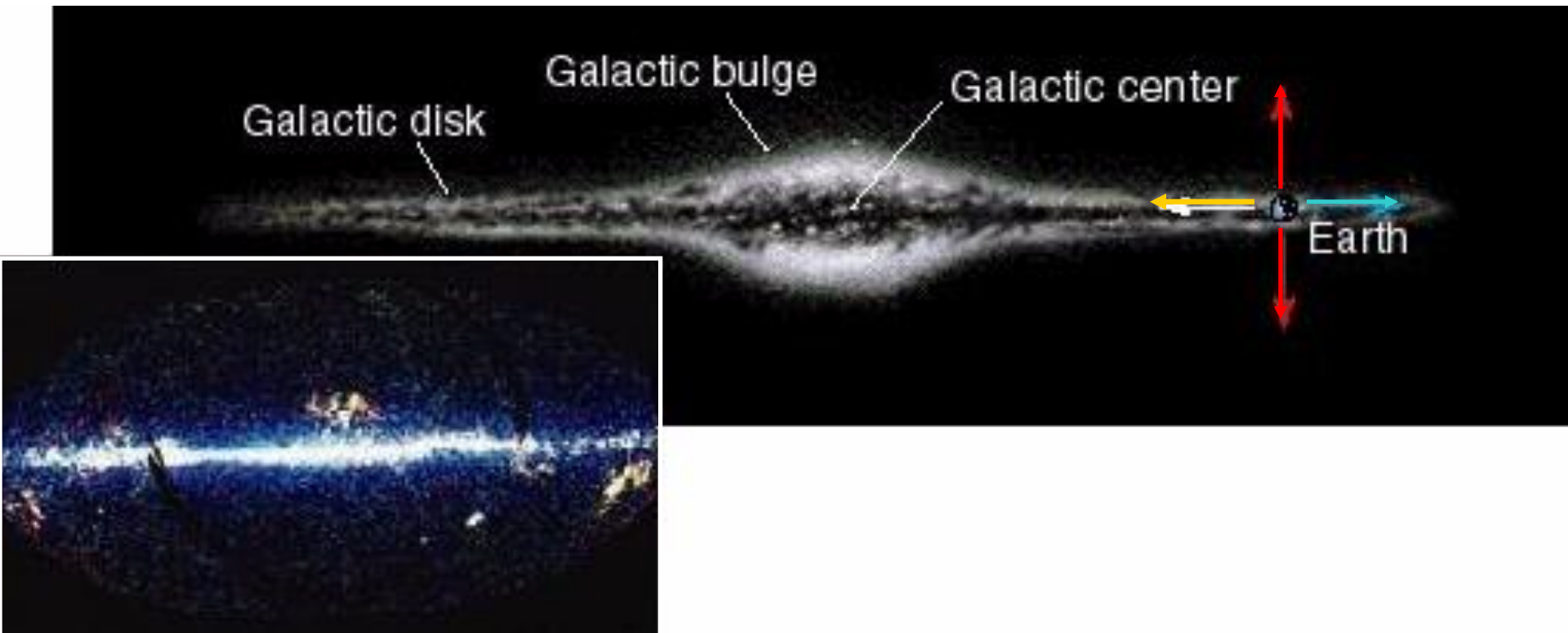
- ESTRUTURA DA GALÁXIA
- MOVIMENTO ORBITAL
- A FORMAÇÃO DA GALÁXIA
- A MASSA DA NOSSA GALÁXIA
- O CENTRO GALÁCTICO



Visão geral da estrutura da Galáxia

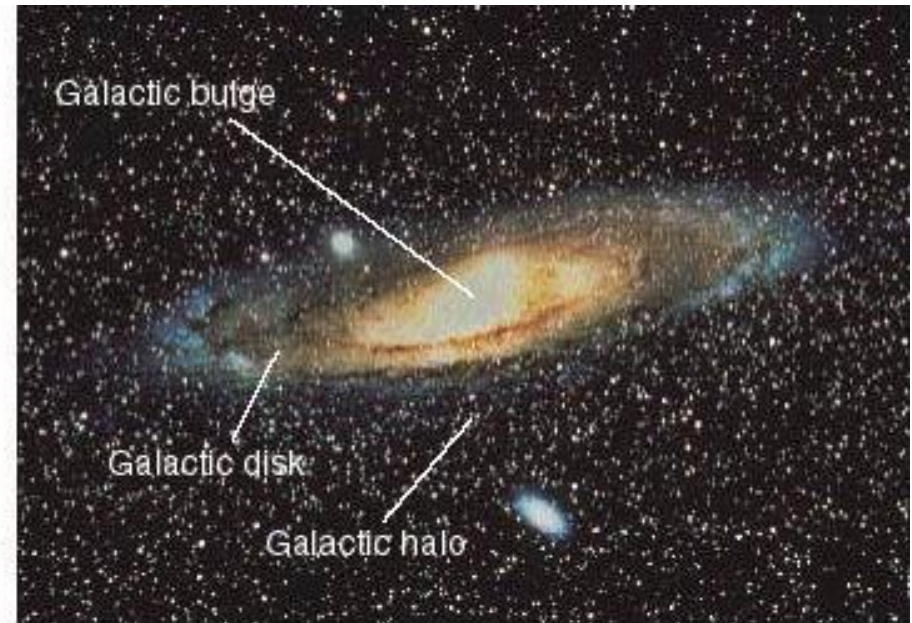
- Galáxia: composta por estrelas, gás e poeira interestelar - conjunto isolado no espaço e mantido por sua própria gravidade.
- Nossa Galáxia é chamada **Via Láctea**
(nome devido à aparência de parte do disco galáctico observável a olho nú).
- Centro localiza-se na direção da Constelação de Sagitário.

Olhando na direção do **CG** (seta amarela) vemos uma faixa de luz difusa conhecida como **Via Láctea**. Na direção oposta (seta azul) observa-se uma faixa da Galáxia menos brilhante. Na direção perpendicular (setas vermelhas) \Rightarrow poucas estrelas.



Galáxias com estruturas semelhantes à nossa

(a) Andrômeda, suas galáxias satélites (as estrelas de campo são da Via Láctea)



(a)

(b) M83, vista “de cima” (*face-on*);



(b)

(c) NGC891, vista “de lado” (*edge-on*)



(c)

Componentes

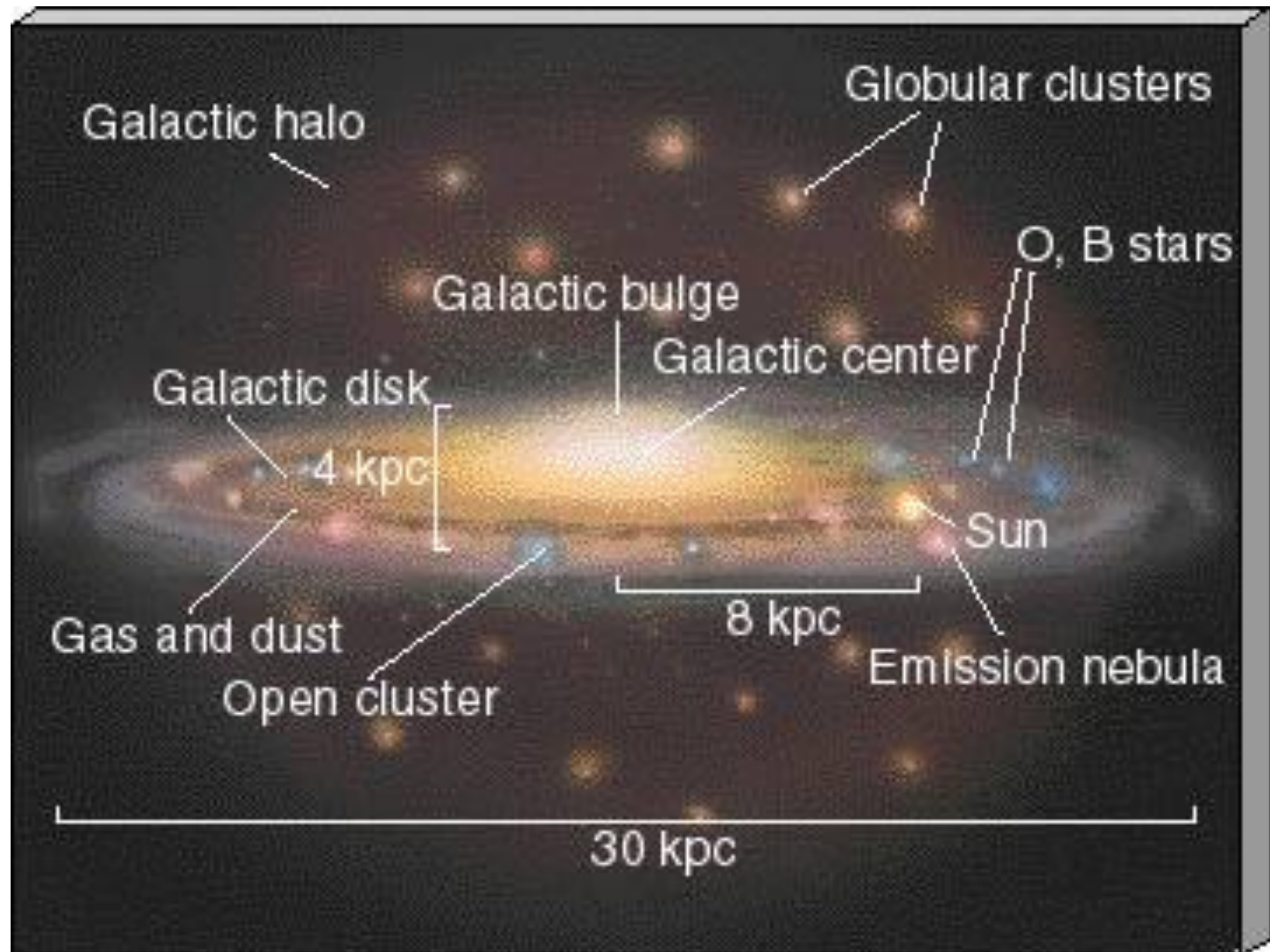
- **3 partes principais:**

núcleo (bojo) na região central

disco

halo

- **No disco** localizam-se: estrelas da População I e nuvens de gás e poeira (interestelares).



Limitações Observacionais


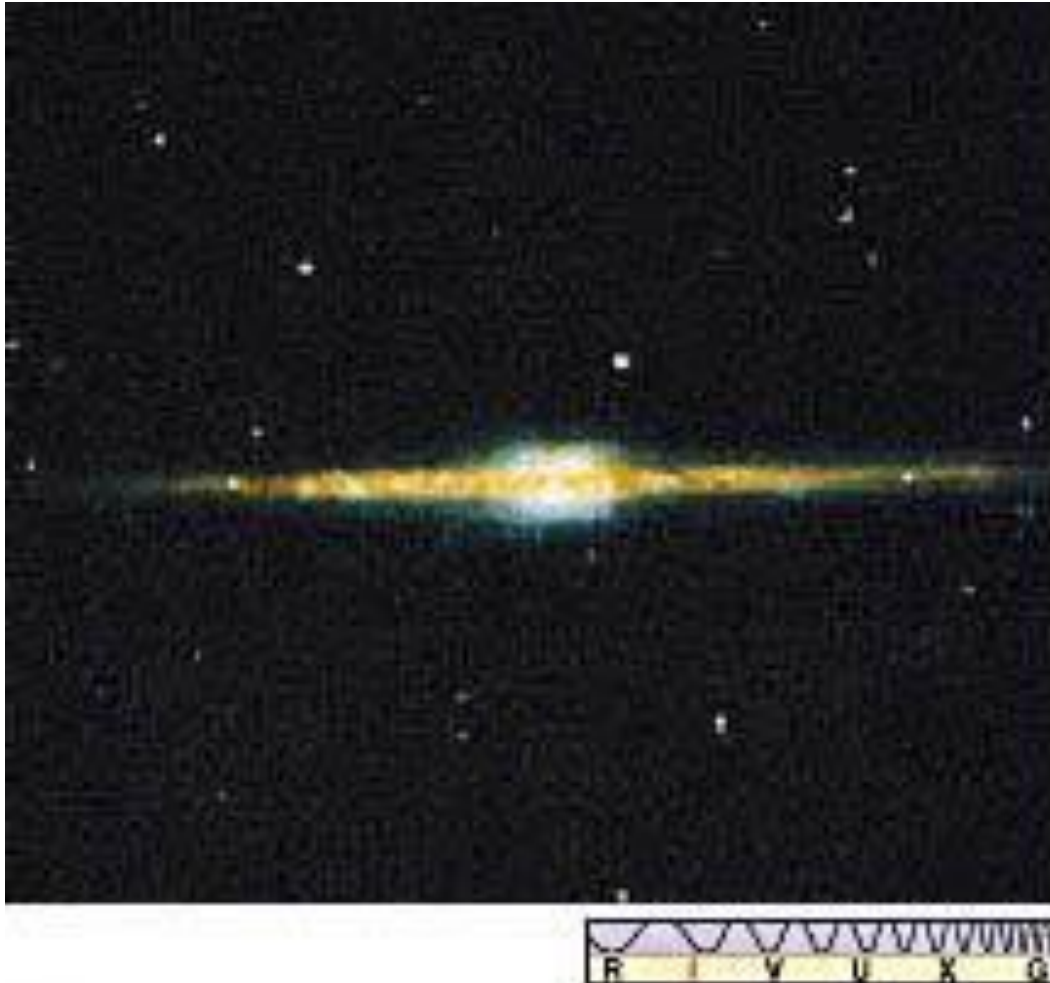
- Nosso sistema solar encontra-se também no disco (a 8,4 kpc do CG), um pouco acima do plano central.
- Posição desfavorável para observações no óptico.

- Para observar estrutura da Galáxia (**braços espirais**): melhor por rádio-telescópios e satélites no Infra-Vermelho.

Imagem no infravermelho do disco e do bojo galactico (Satelite *Cosmic Background Explorer* -COBE)



ESTRUTURA DA GALÁXIA

Primeiras determinações da forma e das dimensões:

- (1) Estudo com base na contagem de objetos.
- (2) Estudo dos aglomerados globulares.

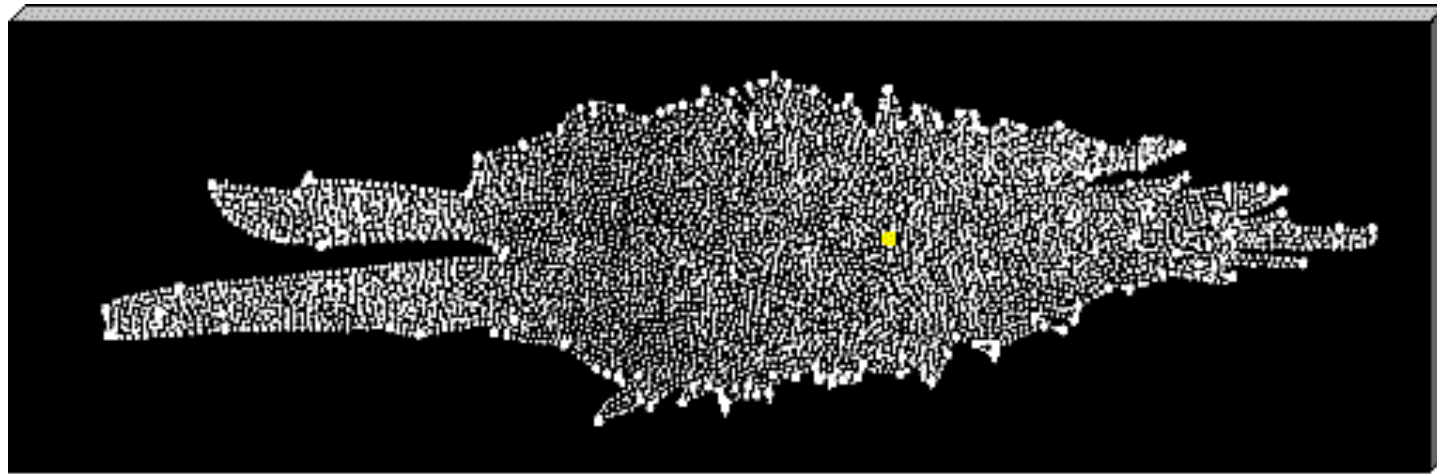
Tamanho e forma da Galáxia determinados por Herschel (1)

- Herschel (Sec. XVIII) estimou a forma da Galáxia por contagem de estrelas em diferentes regiões do céu
- Antes dos métodos de determinação de distância
- Assumiu que todas as estrelas = brilho (- brilhantes porque: + distantes)
- Calculou n. de estrelas por ângulo sólido a distância r , e integrou em todos os elementos de volume (entre r e $r+dr$) até uma distância R (**ver demonstração na lousa**)



→ **Concluiu VL:** achatada, em forma de disco com o Sol ocupando seu centro. Com **$D= 10 \text{ kpc}$** e **$H= 2\text{kpc}$**

A Via Láctea - como proposta por Herschell



H = 2 kpc

D = 10 kpc

Qual foi o equívoco?

⇒ extinção interestelar (desconhecida até 1930) ⇒ causa obscurecimento em todas direções que se observa (todas as linhas de visada).



Assumir contagens uniformes em todas as direções não realístico (dai o Sol parecer estar no centro)

O tamanho e a forma da Galáxia determinados por Shapley (2)

- A partir do estudo dos **Aglomerados Globulares (AGs)**:

Objetos **mais velhos** da Galáxia - distribuídos esféricamente em volta do **bojo** e do **halo** galáctico.
- Shapley (começo do Sec. XX): identificou estrelas **RR-Lyrae** em vários **AGs** → **determinando suas distâncias.**

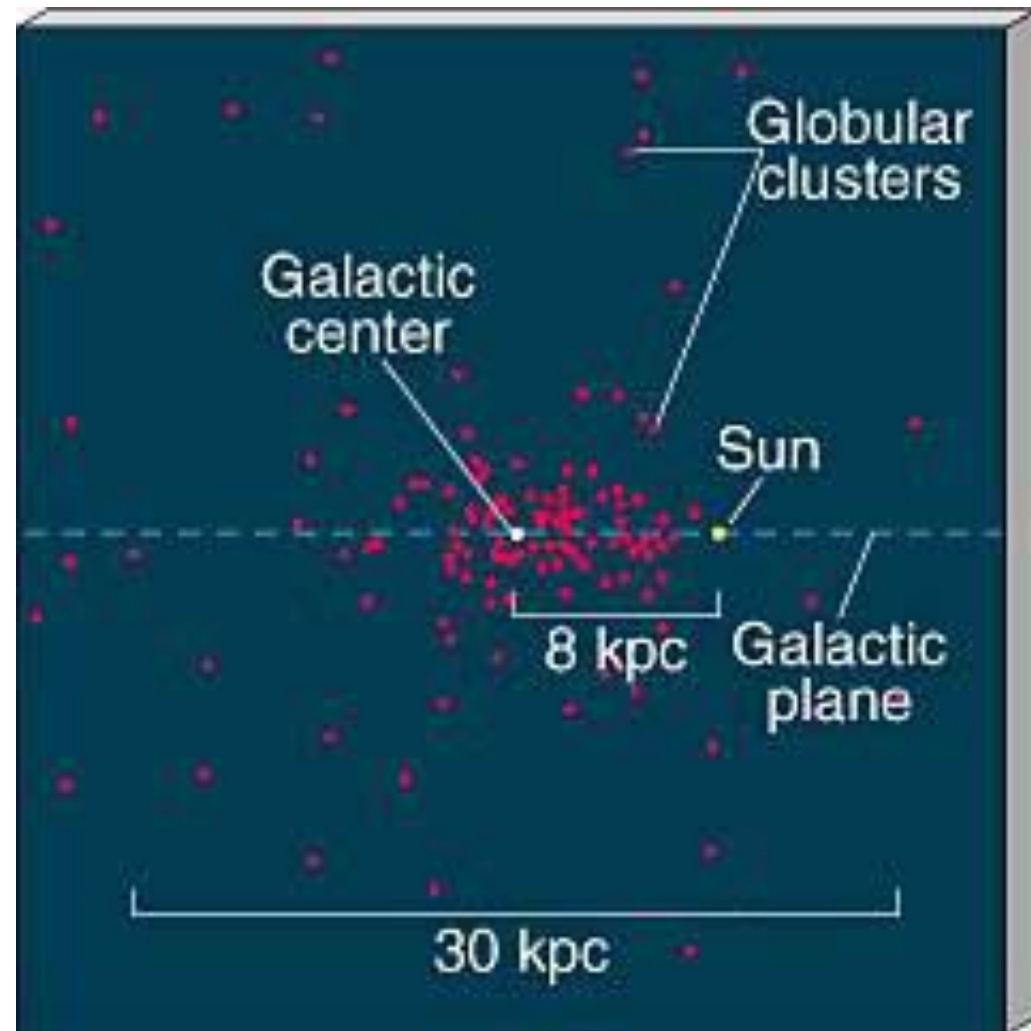
→ **Descoberta:** **AGs** ocupam um volume aproximadamente esférico (**diâmetro ~30 kpc**)

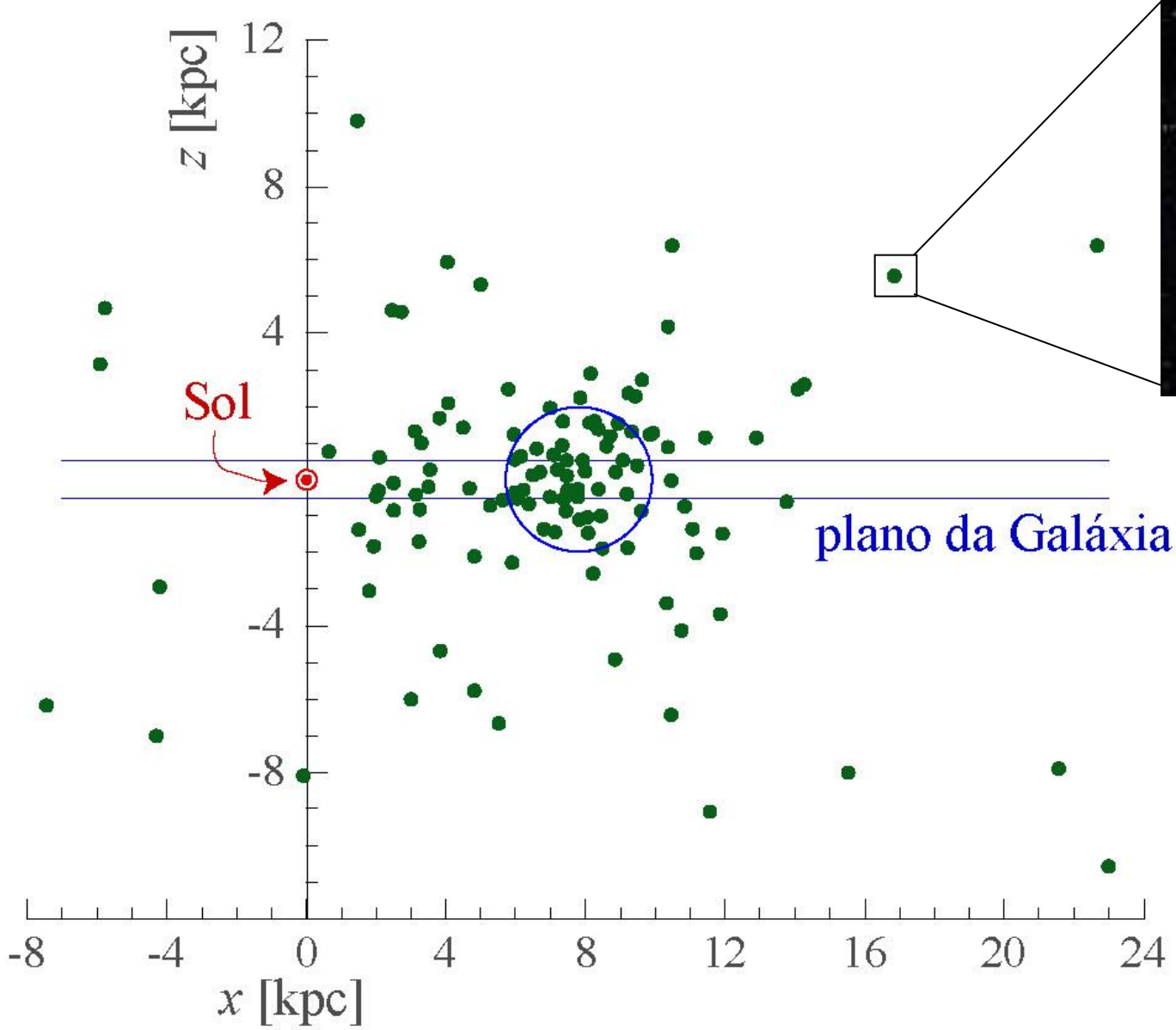


→ **Conclusão de Shapley:** o **Sol não está no centro dessa distribuição**, mas sim a 8 kpc dele.

O tamanho e a forma da Galáxia determinados por Shapley

- O Sol **não coincide** com o centro da distribuição de aglomerados globulares.
- A distribuição dos aglomerados globulares define o **halo galáctico**.

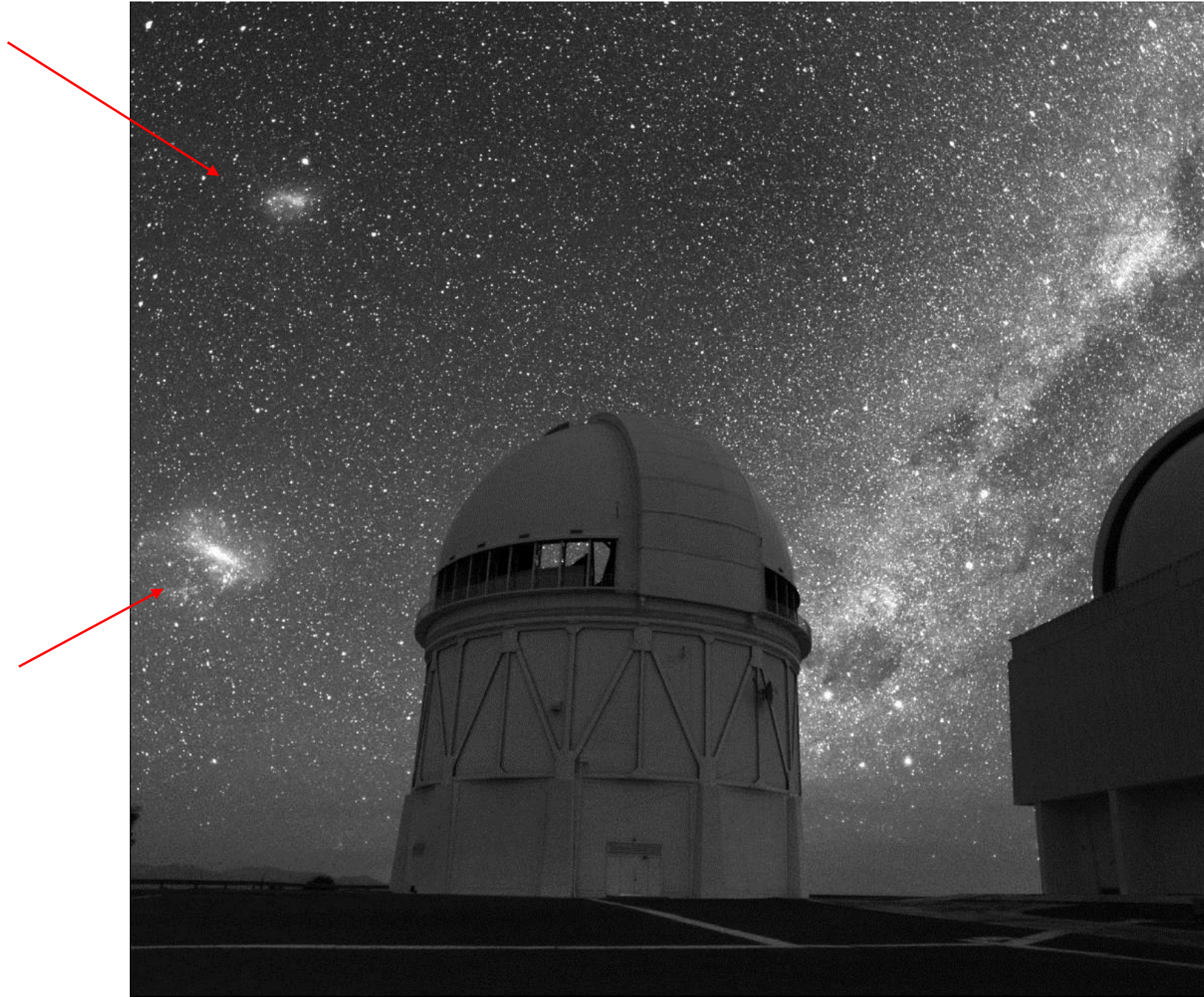




O tamanho e a forma da Galáxia determinados por Shapley

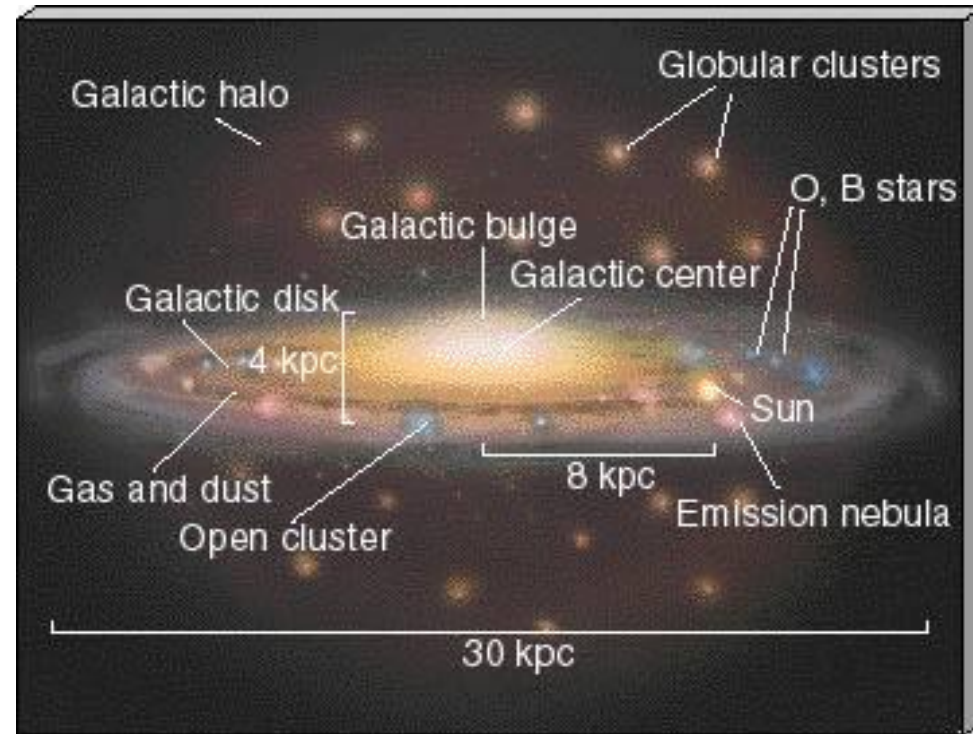
- Shapley mudou a concepção que havia sobre a morfologia da Galáxia.
- No entanto, supôs erroneamente que a nossa galáxia estava isolada no Universo
- Somente no final dos anos 1920: Hubble descobriu estrelas **Cefeidas** na “**nebulosa**” de **Andrômeda** → **outra galaxia !**
 - **Via Lactea nao era unica galaxia no Universo!**

Tal como Andromeda: quando observamos fora do disco da VL: vemos **outras “nebulosas espirais”** – na verdade **sao outras galaxias**

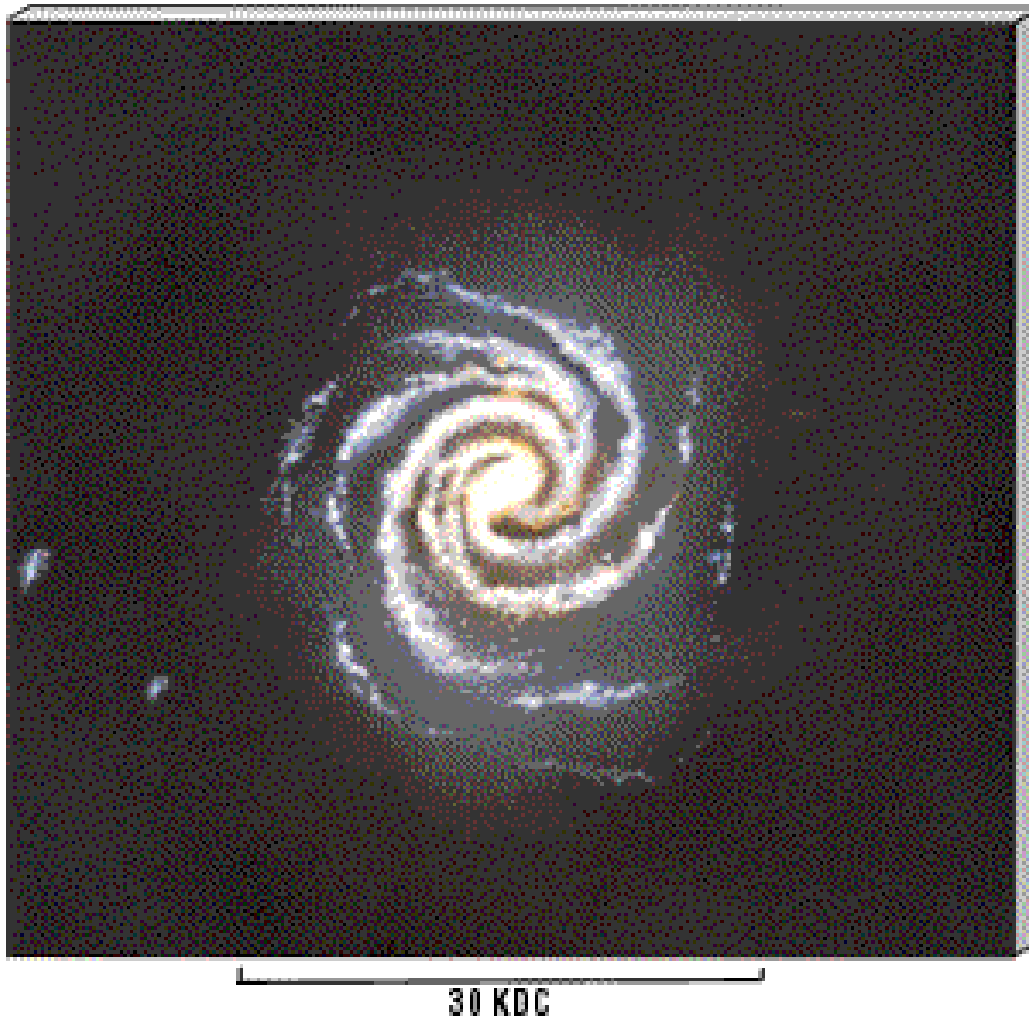


A estrutura da nossa Galáxia

- **Disco galáctico:** estima-se uma espessura de 300 pc (fino: 1/100 do diâmetro).
- **Extensão do bojo:** ~6kpc no plano do disco e ~4kpc na direção perpendicular.
- **Maiores quantidades de gás e poeira:** concentradas no disco e no bojo.
- **Halo** é mais rarefeito.



A estrutura da nossa Galáxia

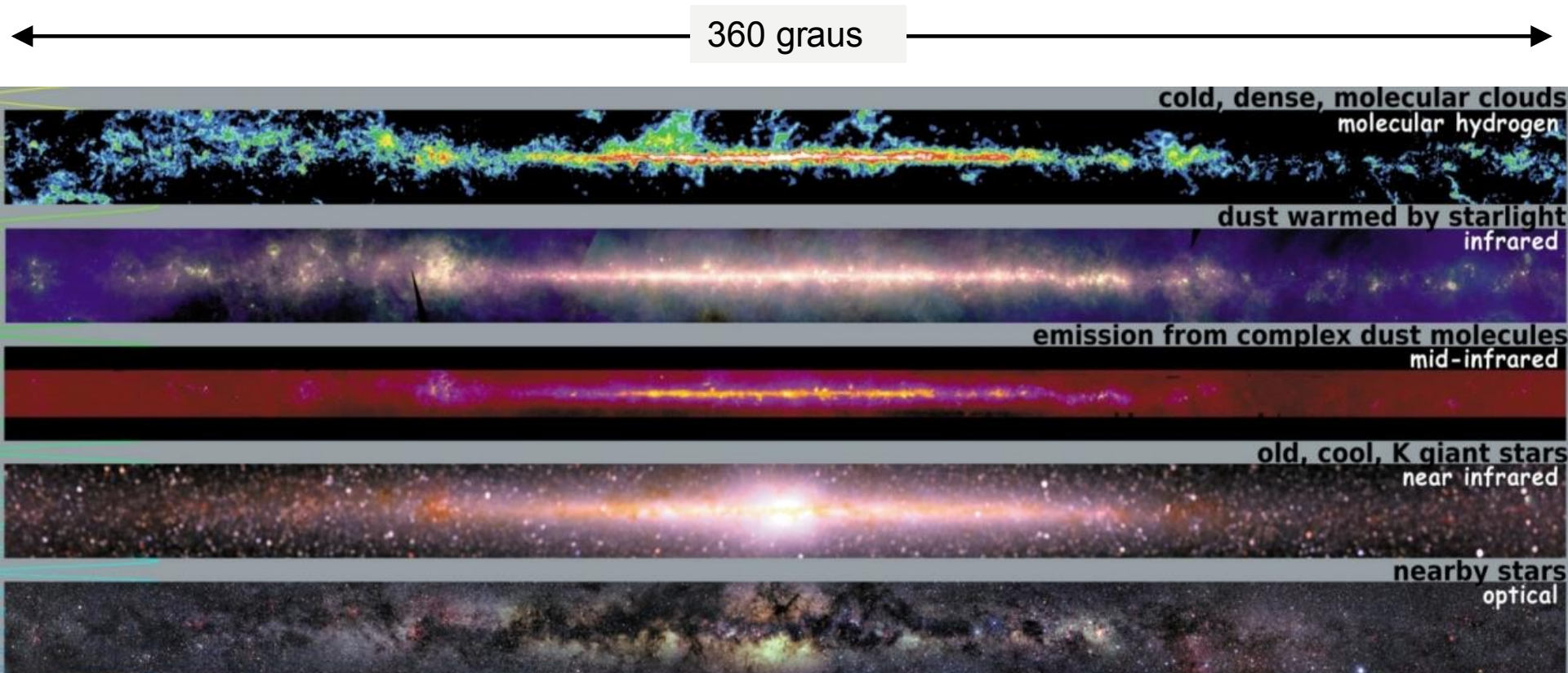


Concepção artística da Via Láctea, mostrando a estrutura em braços espirais

Observações do bojo galáctico

- Na faixa espectral do visível: as observações do **bojo** são muito afetadas pela **absorção interestelar**.
- Comprimentos de onda mais longos que os ópticos (**infravermelho e rádio**) são necessários para revelar a estrutura do bojo.
- **Emissão rádio do gás** \Rightarrow mapeamentos até **50kpc**.

A Galáxia em outros comprimentos de onda



- Infravermelho próximo: estrelas frias
- Visível: estrelas próximas
- Infravermelho médio e distante: poeira e moléculas

Populações estelares

- Estrelas do disco são mais azuladas: por causa da presença de estrelas jovens O e B - muito mais brilhantes que as de tipo **G, K e M** (apesar de essas também estarem em grande numero); **nuvens de gas e poeira**
- Estrelas no bojo e no halo são mais avermelhadas (por causa da maior idade).

O disco galáctico

- Presença de **estrelas O e B** – **dao aspecto azulado para o disco.**
- Encontram-se as estrelas de **População I** (**aglomerados abertos jovens**).
- Encontram-se **regiões de formação estelar** (**grandes quantidades de gás e poeira**).

O halo galáctico

- **A população II (muito mais velha) (aglomerados globulares): vermelha (pois de estrelas velhas e pouco massivas)**
- **A formação estelar terminou há 10 bilhões de anos.**
- **No halo não há gás e poeira.**

Bojo galáctico

- **O bojo contém alta densidade de gás**
⇒ **ocorre ainda formação estelar.**
- **Nas periferias do bojo** ⇒ **pouco gás**
⇒ **apenas estrelas mais velhas.**
- **O bojo tem características intermediárias** entre **o disco e o halo.**

Populações Estelares

- As estrelas mais **velhas** (bojo e halo) são as mais **pobres em metais ($Z \leq 0,001$)**
- Os aglomerados globulares e estrelas do halo e da periferia do bojo: representam as **primeiras gerações de objetos** da Galáxia



possuem menos metais → População II

- **Ja o disco: estrelas jovens**

ricas em metais → População I

→ Está de acordo com o **cenário evolutivo de enriquecimento do MIS da Galáxia** ⇒ através de sucessivas gerações de estrelas.

Populações Estelares

- **Aglomerados globulares (halo):**

$$Z \leq 0,001 \rightarrow \text{pop. II}$$

- **Disco:**

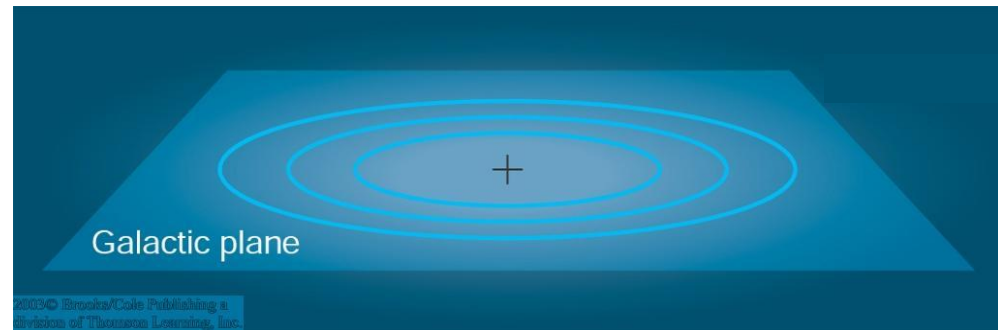
$$Z \geq 0,01 \rightarrow \text{pop. I}$$

Características das Populações Estelares

- Início dos anos 1940: Walter Baade (estrelas se dividem em duas populações):

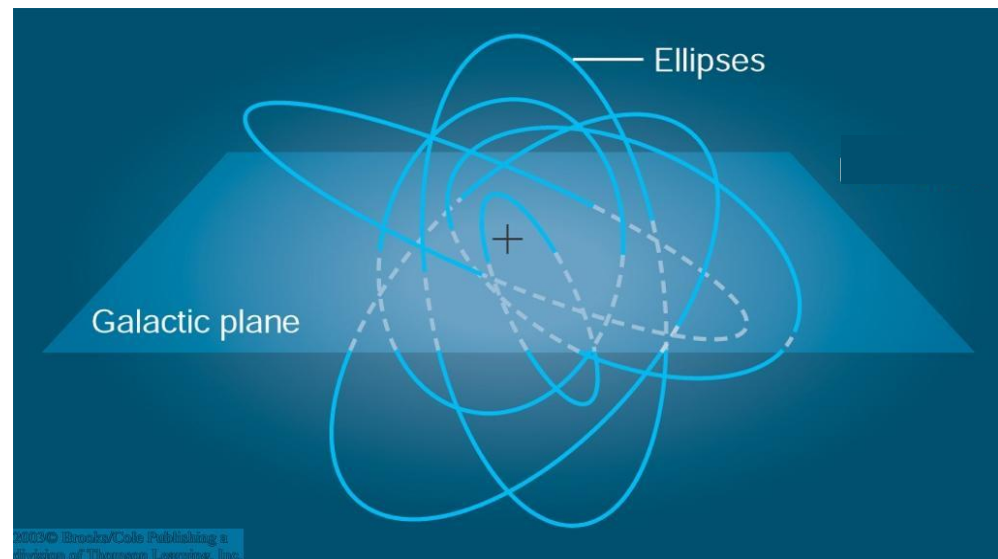
- **População I:**

- estrelas ricas em metais
- + azuis
- no disco da Galáxia
- movimento circular



- **População II:**

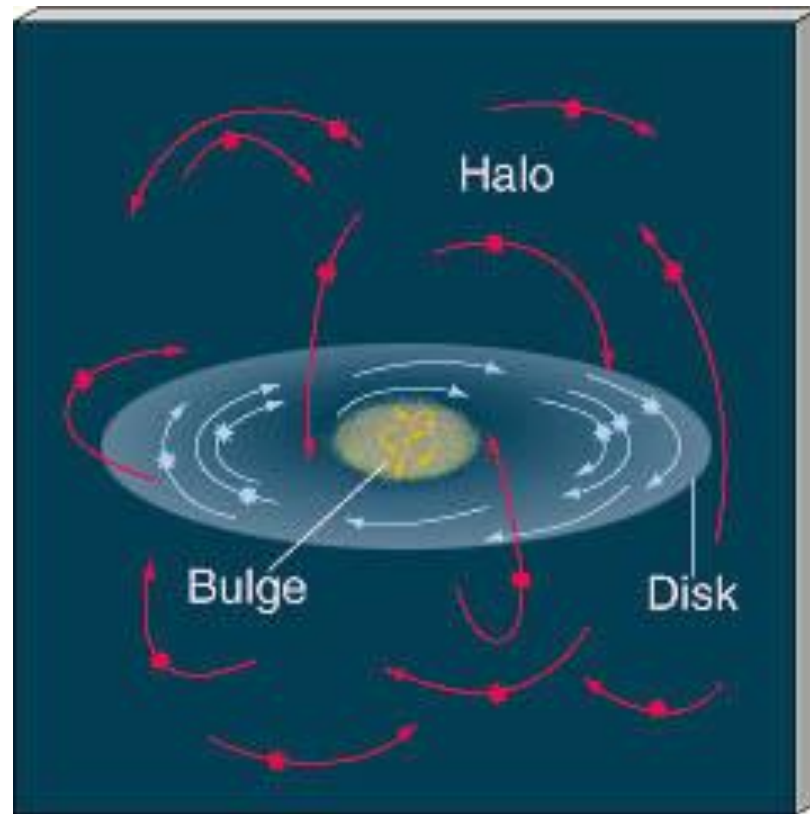
- estrelas pobres em metais
- + vermelhas
- no bojo e no halo da Galáxia
- movimento elíptico, fora do disco.



MOVIMENTO ORBITAL

- O movimento das estrelas e nuvens ao redor do **CG** sustenta o sistema contra o colapso gravitacional (semelhante ao movimento dos planetas ao redor do Sol).
- O movimento coletivo das componentes do **disco galáctico** orbitando o **CG** é chamado **rotação galáctica**.

A Galáxia está em rotação



Estrelas do disco galáctico giram ordenadamente ao redor do **CG**, enquanto que as estrelas do halo têm órbitas com orientações e excentricidades aleatórias.

Observações

- O movimento das estrelas no **halo e bojo**: não é tão ordenado \Rightarrow **caminhos aleatórios**, mas sempre **ao redor do CG**.
- **Informações sobre a rotação do disco da Galáxia:**
 - \Rightarrow **obtidas através da linha de 21cm do Hidrogênio.**
 - \Rightarrow Deslocamento Doppler das linhas do gas: determina velocidades radiais (ao longo da linha de visada):
$$v = c \Delta\lambda/\lambda_0$$

Resultados das Observações das velocidades radiais

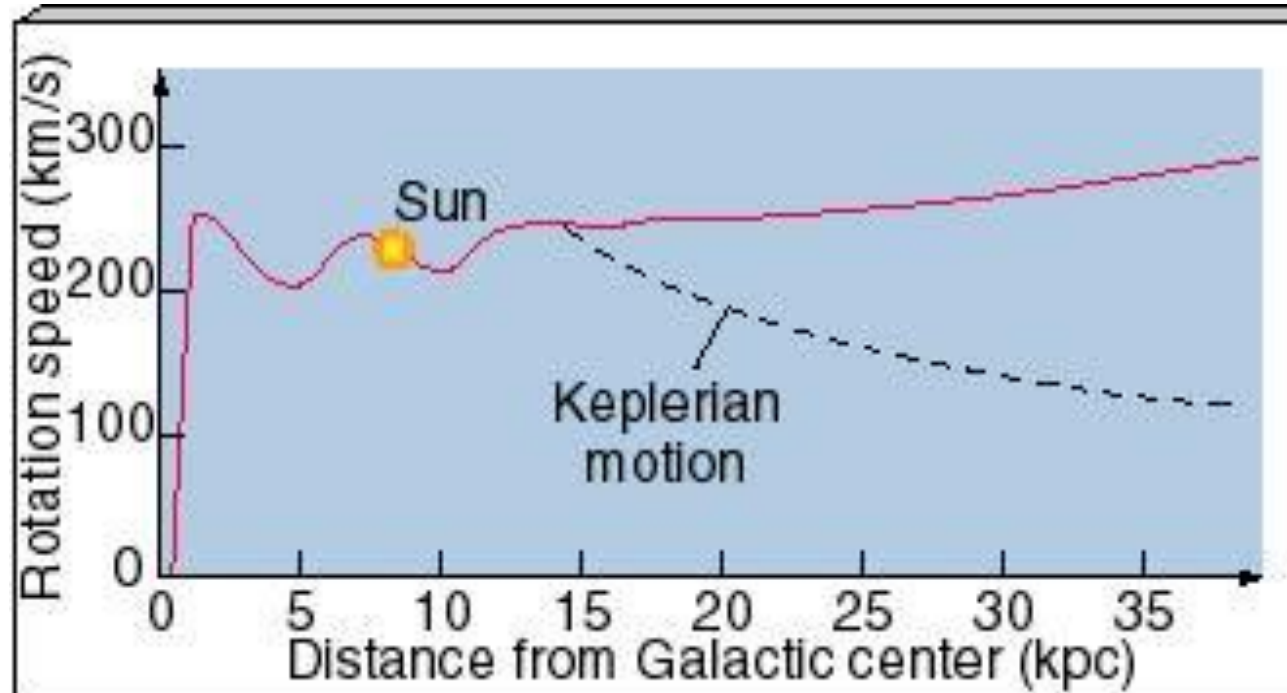
Disco da Galáxia **não gira como um corpo sólido** ($\omega = \text{cte}$ – exceto perto do **CG**): mas sim em **rotação diferencial** [$\omega = \omega(r)$].



Estrelas a diferentes **distâncias** do centro Galáctico giram com diferentes **velocidades**.

Curva de rotação da Galáxia

$$v = \omega d$$

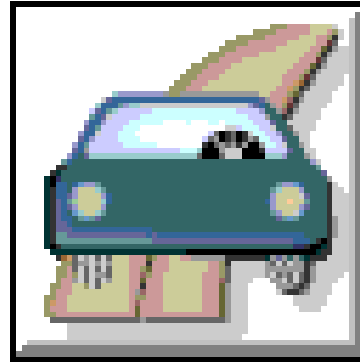
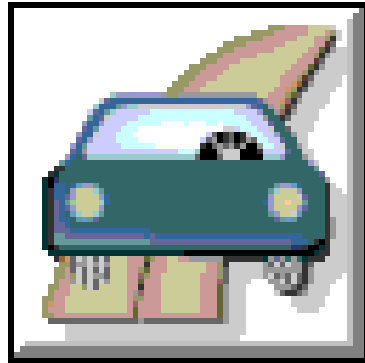


O movimento orbital do Sol

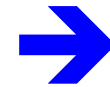
- Devido à rotação diferencial, o movimento das estrelas com relação ao Sol: é *semelhante ao de uma rodovia circular* (de um lado: pista para veículos + rápidos e do outro pista para os mais lentos).
- Estrelas que “*passam à frente*” do Sol (*mais rápidas*) parecem mover-se para mais adiante em um sentido, estrelas nas faixas *mais lentas* são “*deixadas para trás*” - parecem mover-se para o sentido oposto.

Visto do nosso sistema solar: o movimento das estrelas mais rapidas (mais adiante) **parece** ser num **sentido**

$d \sim 8 \text{ kpc}; v = \omega d \sim 230 \text{ km/s}$



$d \sim 5 \text{ kpc}; v = \omega d \sim 200 \text{ km/s}$



CG



$d \sim 15 \text{ kpc}; v = \omega d \sim 250 \text{ km/s}$

O movimento das estrelas **menos velozes parece** ser no **sentido** oposto

Velocidade de rotação

- Determinação da velocidade do Sol com relação ao **CG**:

adota-se o referencial dos aglomerados globulares e de estrelas do bojo \Rightarrow movimentos aleatórios



na média \Rightarrow repouso em relação ao movimento de rotação do disco (nao participam da rotacao)



Valor estimado: $v_{\text{rot}}(\text{sol}) \sim \mathbf{220 \text{ km/s}}$

Período orbital do Sol

- Conhecida a velocidade e a distância ao **CG** \Rightarrow estima-se o **período (lei de Kepler)**:

Adotando-se: $R \sim 8$ kpc; $v \sim 220$ km/s

$$P = 2 \pi R / v$$

O período orbital do Sol na Galaxia:

$$P \sim 225 \text{ milhões de anos}$$

(1 pc = $3,086 \times 10^{16}$ m)

A MASSA DA NOSSA GALÁXIA

- Perto do Sol: orbita ~ circular Kepleriana em torno de 1 corpo central de massa $M =$ massa da galaxia contida dentro da distancia do Sol - pela 3ª Lei de Kepler:

$$M(M_{\odot}) = \frac{[r (UA)]^3}{[P (anos)]^2}$$

- A distância do Sol até o CG é $R = 8\text{kpc}$ e o período da órbita é $P = 225 \times 10^6$ anos ($1\text{pc} = 206.265 \text{ UA}$):





massa da Galáxia (dentro da orbita do Sol) = $10^{11} M_{\odot}$.

Na parte interna da órbita do Sol

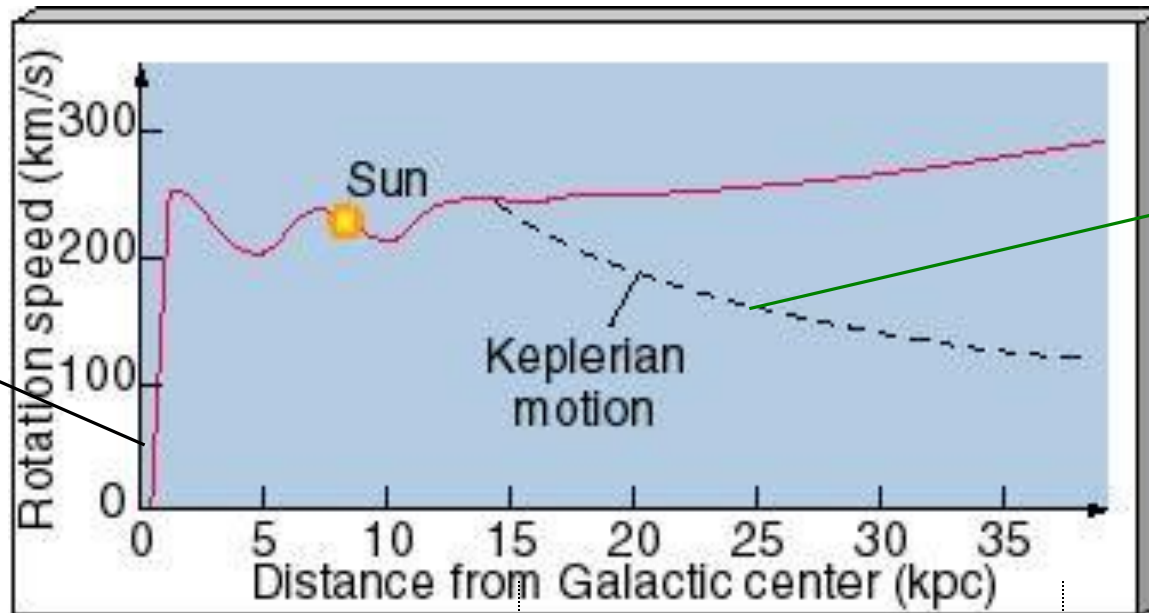
Massa a distancia maior nao influencia o periodo do Sol (Mecanica Newtoniana)

A MASSA DA NOSSA GALÁXIA

- De acordo com Mec. Newtoniana ou lei de Kepler: **as velocidades e as órbitas das estrelas mais externas fornecem estimativas da massa contida dentro de “círculos” cada vez maiores.**
- Para **determinar M em raios progressivamente maiores: mede-se v radial de estrelas e gas em orbitas externas ao Sol**

- Feito observando-se **linha de 21 cm HI** principalmente:

- Diagrama de velocidades em função da distância ao CG
⇒ **curva de rotação.**

A MASSA DA NOSSA GALÁXIA

- Curva de Rotacao da Galaxia:



Corpo
rigido:

$$v \propto r$$

(ver na
lousa
demonstra
cao)

Se fosse
Kepleriana:

$$v(r) = (GM/r)^{1/2}$$

$$\propto r^{-1/2}$$

$$m \sim 2 \times 10^{11} M_{\odot}$$

$$m \sim 6 \times 10^{11} M_{\odot}$$

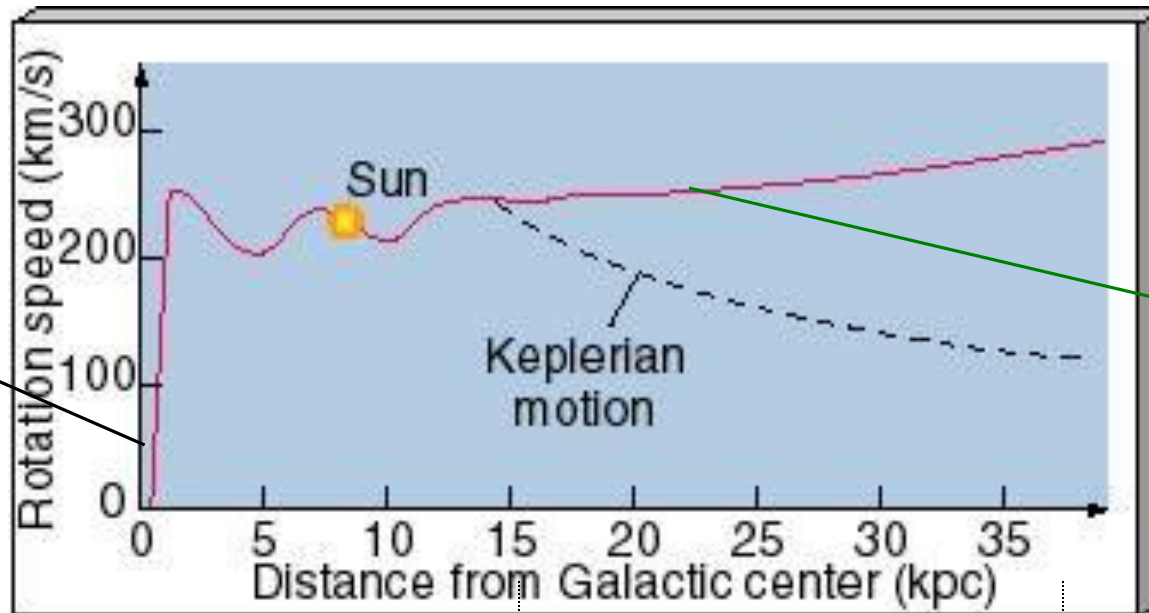
A MASSA DA NOSSA GALÁXIA

- Região ~ 2x distância Sol-CG (**extensão da matéria luminosa**) \Rightarrow massa $\sim 2 \times 10^{11} M_{\odot}$.

Corpo rígido:

$$v \propto r$$

(ver na lousa demonstracao)



$$m \sim 2 \times 10^{11} M_{\odot}$$

$$m \sim 6 \times 10^{11} M_{\odot}$$

Porem para raios $> 2X$ orbita solar - observa-se:

$$v(r) = (GM/r)^{1/2}$$

$\sim \text{cte}$

$\rightarrow GM/r \sim \text{cte}$

\rightarrow massa da Galaxia: crescendo linearmente com a distancia

Massa da periferia da Galáxia?

- Se toda a massa da Galáxia estivesse contida na extensão de matéria luminosa ($r_{lum} \sim 15 \text{ kpc}$): a rotação seguiria um movimento Kepleriano (mesmo para raios maiores que $2 \times R_{Sol-CG}$)
- Mas, a velocidade continua constante até a última medição \Rightarrow indício de que a massa cresce com o raio.
 - \rightarrow A maior parte da massa não está associada à parte luminosa (que se estende até 15 kpc), mas sim à massa periférica **NÃO LUMINOSA**.

Matéria escura

- **Nossa galáxia**, como as outras, apresenta um **halo escuro INVISIVEL >> que parte luminosa**
- **Halo Escuro: não observável no espectro eletromagnético (rádio aos raios gama).**
- **Material desconhecido: “matéria escura”**, sua existencia indicada apenas pela força gravitacional que exerce:

$$M_{HE} \gg M_{luminosa} \text{ (estrelas+gas)}$$

Na VL: $M_{luminosa}(\text{dentro de 15 kpc}) = 2 \times 10^{11}$ massas solares

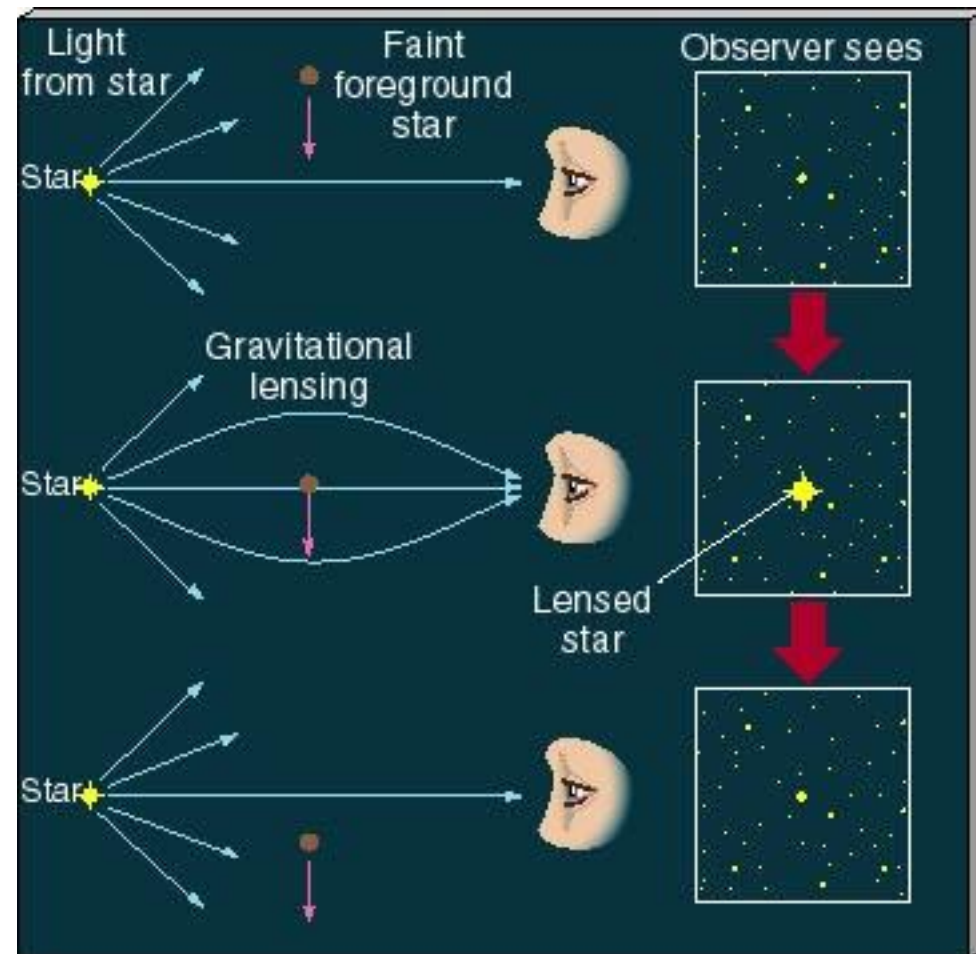
Microlentes Gravitacionais

Observações para procurar objetos escuros de origem estelar

Efeito de lente gravitacional: a passagem de um objeto massivo fraco (escuro) entre o objeto de fundo (estrela) e o observador

⇒ causa um **aumento de brilho** significativo na estrela observada.

→ Este é um meio de detectar **matéria escura** (objeto fraco: que atua como lente gravitacional): que seria invisível de outra forma.



Candidatos a Matéria Escura

- Candidatos prováveis a ME: anãs marrons, BNs isolados, estrelas de neutrons velhas?



- Estudos de microlentes gravitacionais: mostram que **não existem objetos compactos suficientes para explicar a matéria escura:**



- Excesso de buracos negros e estrelas de nêutrons \Rightarrow improvável:

\Rightarrow haveria um excesso de estrelas de alta massa por um longo tempo e excesso de elementos pesados não observado



- Matéria escura: partículas exóticas?



- Fisicos de partículas: também estudam universo para determinar natureza da matéria escura

- **Veremos adiante: > parte da matéria no Universo: ME !**

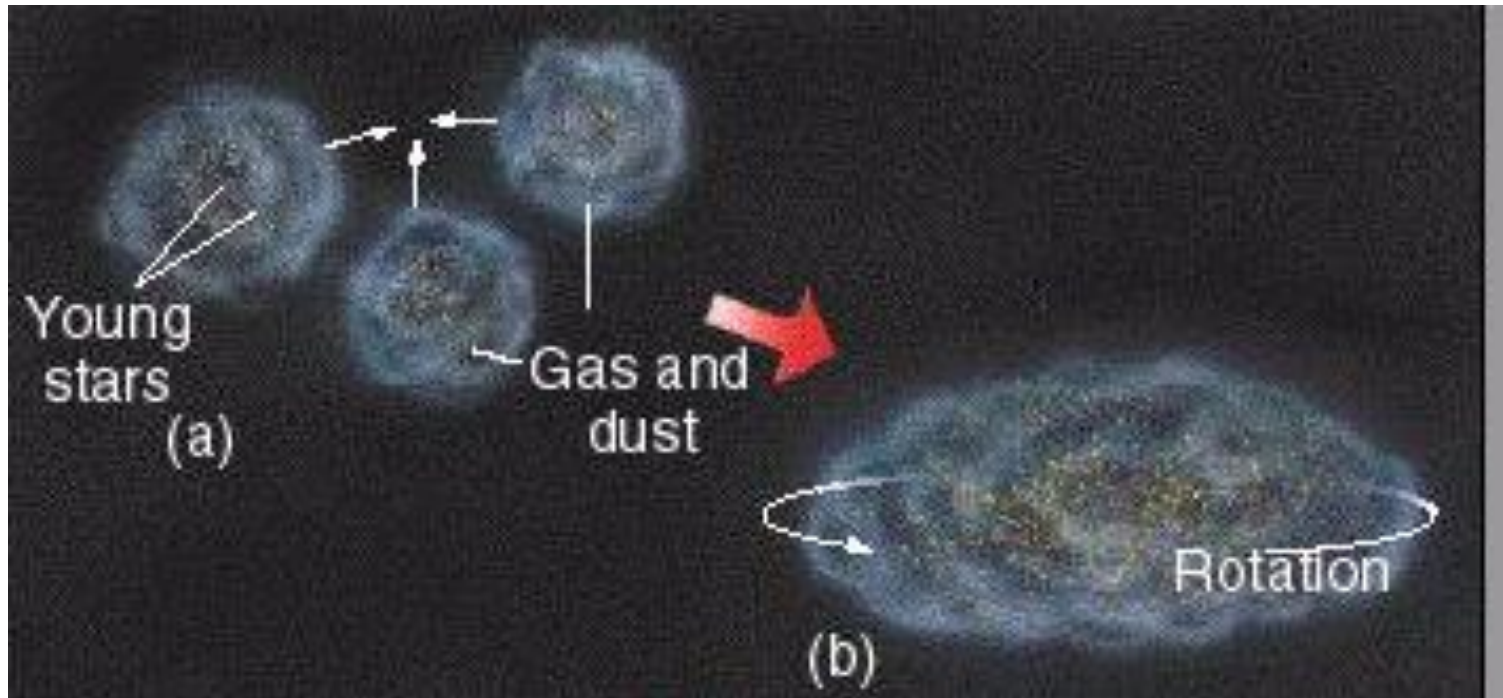
A FORMAÇÃO DA GALÁXIA

- **Início:** **contração** de uma **enorme nuvem** de gás e de poeira.



- **Primeiras estrelas e aglomerados globulares** formados \Rightarrow distribuição irregular e extensa (dezenas de kpc em todas as direções) \Rightarrow **semelhante à distribuição atual dos objetos do halo.**
- **Acredita-se também que as primeiras estrelas: formadas muito antes** em **pequenos sistemas**, que depois se uniram para começar a formar a Galáxia: **sistemas pre-galacticos**
- **O halo atual pareceria o mesmo em ambos cenários**

A FORMAÇÃO DA GALÁXIA



Modelo proposto para a formação da nossa Galáxia.

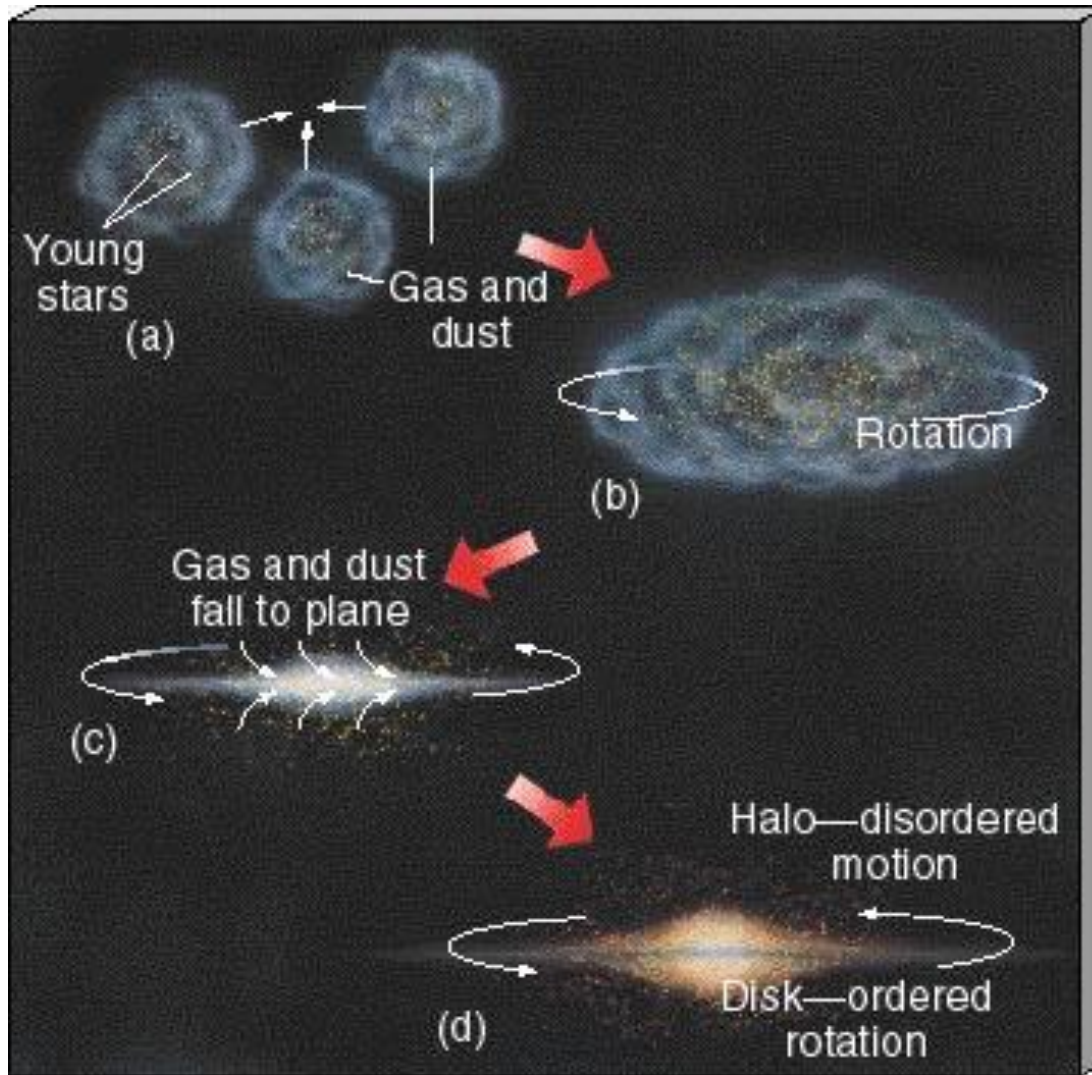
Formação do Disco e Halo

- **Contração da nuvem, combinada com sua rotação:** levou ao **achatamento do material** e a uma distribuição na forma de **disco** (semelhante aos processos de formação do sistema solar, em maior escala) - à medida que contraía: rodava cada vez + rápido para conservar momento angular ($L \propto vr$) → **achatamento**
- **As estrelas que foram formadas no disco** herdaram o **seu movimento de rotação.**
- **No halo:** a **formação estelar cessou quando todo o gas colapsou para formar o disco**
- Observam-se hoje no **halo somente as estrelas de baixa massa** que têm longo tempo de vida (**~10 bilhões de anos**): **população velha**, pois as mais massivas e azuis já terminaram a muito sua evolução (explodiram e morreram)

Formação do Bojo

- **Parte mais densa central para onde acumulou-se (durante a formação da galaxia) > parte de gás e poeira: ampla formação estelar até hoje**

A FORMAÇÃO DA GALÁXIA



Modelo proposto para a formação da nossa Galáxia

Estrutura espiral

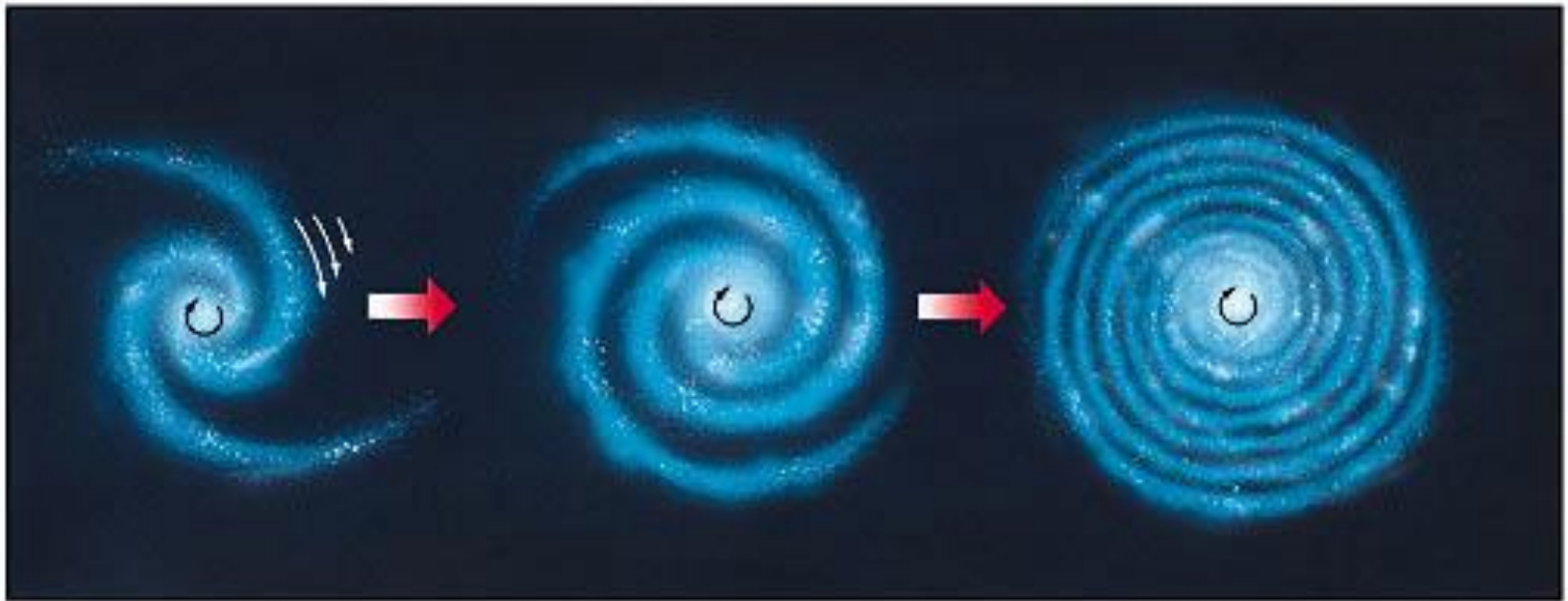
- Os comprimentos de onda rádio são os mais indicados para se **observar a estrutura da Galáxia** (não são bloqueados pelos altos níveis de absorção interestelar).
- **Linha de 21 cm e as linhas produzidas por moléculas presentes nas nuvens.**
- **Distribuição das nuvens mais densas fornece os indícios de que a Galáxia é **espiral**.**

Conteúdo dos braços espirais

- **Gás e poeira interestelares, proto-estrelas, nebulosas de emissão, estrelas O e B, aglomerados jovens recém-formados.**
- **A formação de estrelas ocorre nos braços espirais.**
- **Alto brilho dos objetos jovens: faz com que em outras galáxias distantes os braços sejam visíveis.**

Persistência dos braços espirais

- Como se explica a manutenção da estrutura espiral? A **rotação diferencial: qualquer padrão espiral ligado ao material do disco** não poderia sobreviver por muito tempo - os braços se enrolariam completamente em alguns períodos de rotação da gal. **$\sim 100 \times 10^6$ anos**

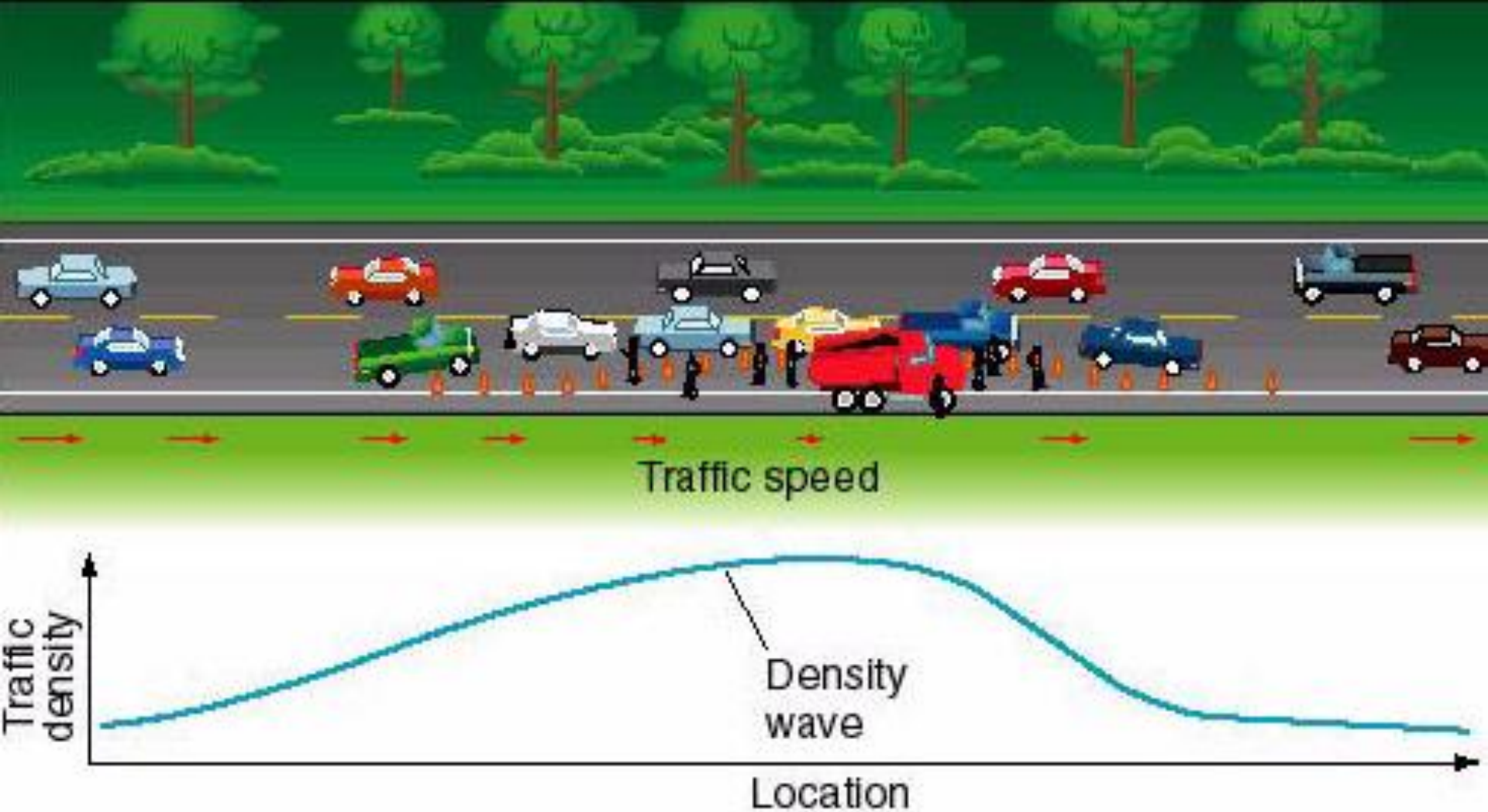


Padrão de ondas de densidade

→ Os braços espirais **não** podem ser regiões *materiais* girando juntamente com o restante do disco galáctico.

- O cenário mais aceito para explicar a persistência dos braços espirais: supõe a existência de **ondas de densidade = ondas de compressão de gás** que se movem pelo disco galáctico, **comprimindo nuvens** interestelares → provocando **formação estelar** à medida que passam
- **Os braços: formados por nuvens de gás densas e estrelas** recém formadas - seriam criados pela passagem de **ondas de densidade**.

- Os **braços espirais** correspondem apenas à **passagem das ondas pelas estrelas** e não transportam grandes quantidades de massa.
- A onda de densidade **comprime** diferentes **partes do disco** em diferentes momentos.
- A **velocidade dessas ondas é menor** que a velocidade das nuvens e das estrelas.
 - O **objeto** que encontra a onda é **desacelerado e comprimido e depois retoma sua velocidade anterior.**



Onda de densidade = congestionamento em dado ponto com maior acúmulo e lentidão de carros: uma vez que carro sai desse ponto, retoma sua velocidade normal

Teoria das ondas de densidades para explicar os braços espirais nas galáxias

(a) Galáxia espiral NGC 1566: apresenta muitas das características propostas na teoria das ondas de densidade.



(b) **Esquema do movimento do gás e dos braços: o gás atravessa a região do braço, é comprimido e forma estrelas. As jovens aparecem nos braços: próximas ao local onde nasceram. Como estrelas O e Bs se formam + rápido e tem tempo de vida + curto: aglomerados jovens e nebulosas de emissão so são encontradas nos braços: próximo onde nasceram. As estrelas mais velhas tiveram tempo de se distanciar do braço**

Questões em aberto

- Qual é a origem das ondas de densidade?
- Explosões de SN poderiam produzir ondas de densidade e comprimir o MIS: só formariam pedacos dos braços, não toda a estrutura.
- O que teria criado a primeira faixa de formação de estrelas, a qual teria dado continuidade ao avanço dos braços espirais?

Possíveis respostas

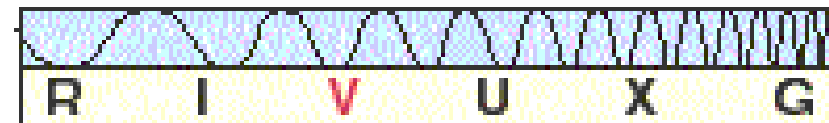
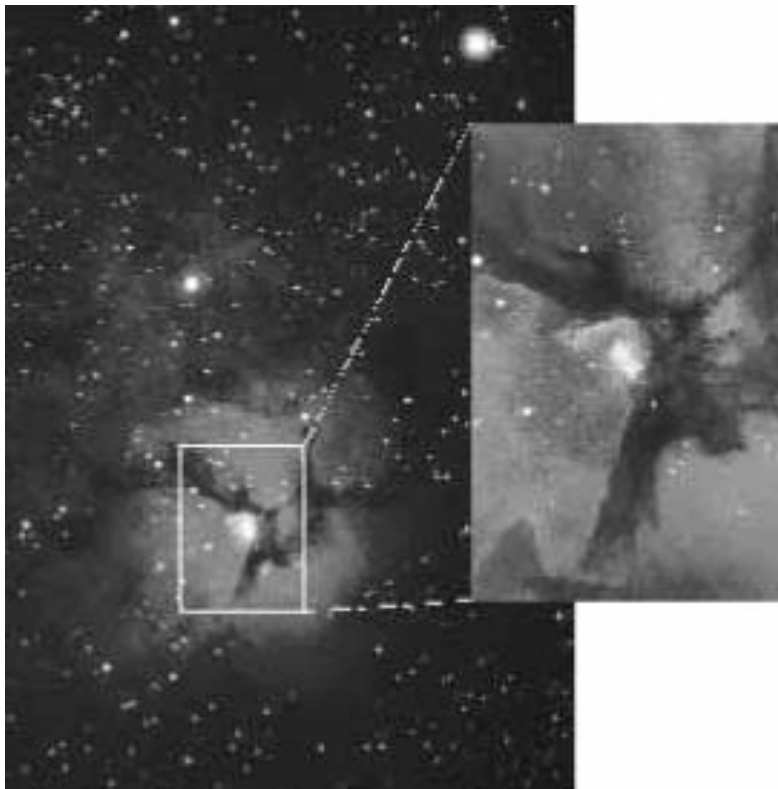
1. Instabilidades do gás próximo ao bojo: perturbações começariam no bojo e propagariam radialmente pelo disco (mecanismo de origem?)
2. Efeito gravitacional (forças de maré) de outras galáxias (semelhante ao que vimos entre Terra e Lua)
3. Assimetria do tipo “barra” no bojo (observada em outras galáxias): teria influência no disco, iniciando a formação dos braços espirais.

O CENTRO GALÁCTICO

- Núcleo da Galáxia \Rightarrow grande quantidade de estrelas.
- Absorção interestelar bloqueia a luz visível dos objetos, somente observáveis no **infra-vermelho e em rádio**.

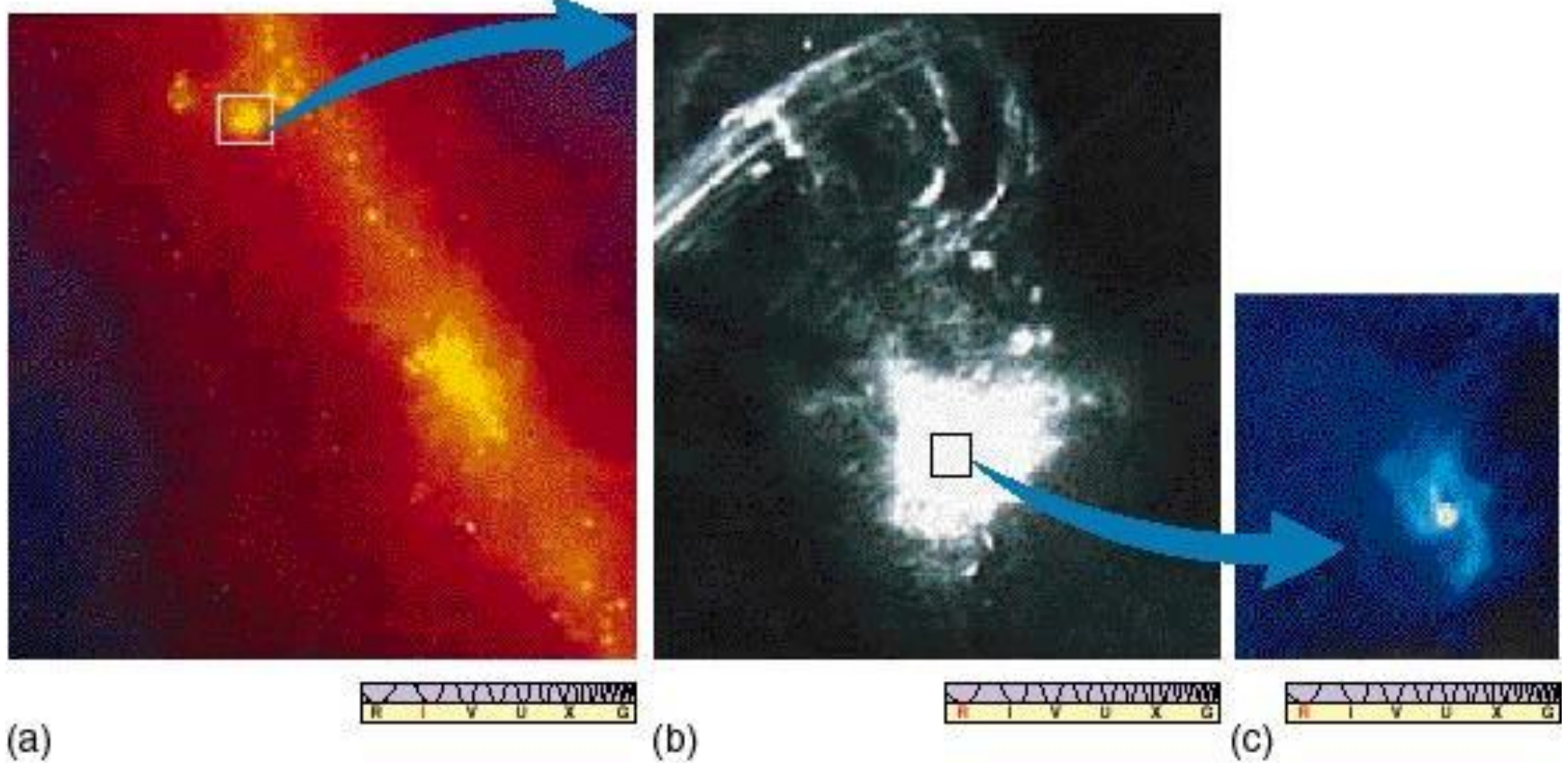
Foto do conteúdo estelar e interestelar em um campo de 20° na direção do **CG (circulo)**.

A seta indica a nebulosa M8.



O CENTRO GALÁCTICO

- **O CG contém uma forte fonte rádio Sagitarius A** \Rightarrow em pequena escala, notam-se filamentos (~ 100 pc) \Rightarrow presença de fortes campos magnéticos.
- **Escalas ainda menores:** presença de um anel ou disco de gas em rotação: dimensão de **$<$ alguns parsecs: sugere CG massivo e compacto**



- (a) Imagem infravermelha ao redor do **CG** \Rightarrow muitas estrelas brilhantes juntas em um pequeno espaço \Rightarrow densidade média $\sim 10^6$ vezes maior que na vizinhança solar.
- (b) Parte mais central vista em rádio \Rightarrow ~ 200 pc (o CG esta dentro do quadrado)
- (c) Padrão espiral a partir da emissão rádio em Sagitarius A. Os dados indicam um **anel** de matéria em **rotação** com apenas **5pc**.

O Centro Galactico

- Linhas espectrais no infravermelho \Rightarrow apresentam alargamento \Rightarrow existência de gás no **CG** girando muito rapidamente.
- Manter este gás em órbita \Rightarrow corpo bastante massivo no **CG** \Rightarrow **um milhão de massas solares ou mais** (este valor pode ser calculado pela terceira lei de Kepler): dentro de **região $\leq 0,04$ pc de diametro**
- Combinação de uma massa muito alta com um espaço físico muito pequeno \Rightarrow presença de **buraco negro** no **CG**

O Centro Galactico

Avaliemos a massa na regio nuclear:

- Obs. no IV: v rotacao do gas $v = 200 \text{ km/s}$ e $R \sim 10^{16} \text{ m}$
- Se massa esferica (M_c) em rotacao mantem-se agregada por propria gravidade \rightarrow Velocidade de rotacao no equador:

$$M_c v_{eq}^2 / R = G M_c M_c / R^2$$

$$\rightarrow v_{eq}^2 = G M_c / R$$

$$\rightarrow M_c = R v_{eq}^2 / G = (10^{16} \text{ m}) (200 \times 10^3 \text{ m/s})^2 / (7 \times 10^{-11} \text{ N m}^2/\text{kg}^2)$$

$$\rightarrow M_c = 6 \times 10^{36} \text{ kg} = 3 \times 10^6 \text{ massas solares}$$

O Centro Galactico

Essa massa central:

$$M_c = 6 \times 10^{36} \text{ kg} = 3 \times 10^6 \text{ massas solares}$$

- Pode estar:
concentrada em aglomerado bem denso de estrelas
ou acumulada no centro: formando BN:

Neste ultimo caso o material teria que estar concentrado:

$$R_S = 3 (M/M_{sol}) \text{ km} \sim 10^7 \text{ km} = 10^{10} \text{ m}$$

- Observacoes + recentes de gas rodando + rapido a distancias <s → interpretacao de BN: pode estar correta !

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

1. Por que não podemos estudar a região central da Galáxia usando telescópios ópticos?
2. Qual é a aplicação da rádio astronomia no estudo da estrutura Galáctica?
3. Qual é a diferença entre o movimento das estrelas do disco e as estrelas do halo?
4. Por que se acredita que os braços espirais são locais de recente formação estelar?

EXERCÍCIOS DE REVISÃO

5. O que acontece com o movimento do gás à medida que ele passa através de uma onda de densidade espiral?
6. O que a curva de rotação de nossa Galáxia nos informa sobre sua massa total?
7. Quais possíveis explicações para a matéria escura?

1. Por que não podemos estudar a região central da Galáxia usando telescópios ópticos?

Obscurecimento pelo material circunstelar torna difícil estudar nas imagens ópticas a estrutura detalhada do bojo galáctico.

2. Qual é a aplicação da rádio astronomia no estudo da estrutura Galáctica?

A distribuição do gás galáctico pode ser estudada através de rádio-observações que permitem definir o centro de nossa Galáxia e também distâncias até 50kpc além do centro.

3. Qual é a diferença entre o movimento das estrelas do disco e as estrelas do halo?

Estrelas do disco galáctico movem-se ordenadamente ao redor do centro galáctico, enquanto que as estrelas do halo têm órbitas com orientações e excentricidades aleatórias.

4. Por que se acredita que os braços espirais são locais de recente formação estelar?

Presença de estrelas O e B; estrelas de População I (aglomerados abertos jovens); regiões de grandes quantidades de gás e poeira (formação estelar).

5. O que acontece com o movimento do gás à medida que ele passa através de uma onda de densidade espiral?

A nuvem de gás que encontra a onda é desacelerada e comprimida e depois retoma sua velocidade anterior.

6. O que a curva de rotação de nossa Galáxia nos informa sobre sua massa total?

Se toda a massa da Galáxia estivesse contida na região luminosa, a rotação seguiria um movimento Kepleriano. No entanto, a velocidade continua constante até a última medida indicando que a massa cresce com o raio. A maior parte da massa está associada à região periférica.

7. Quais possíveis explicações para a matéria escura?

Anãs marrons, anãs brancas, anãs vermelhas e partículas exóticas.