

8. Galáxias Espirais (I)



Introdução

- As S são as mais abundantes dentre as galáxias brilhantes (existem E muito mais luminosas, mas são mais raras)
- Apresentam a componente esferoidal (núcleo, bojo, halo), mas o que se destaca é o disco
- Ao contrário das E, a rotação do bojo é importante: gira mais rapidamente que E de mesma luminosidade
- O disco tem um meio interestelar importante, com regiões de formação de estrelas
- Braços espirais e barras são ondas de densidade que se propagam nos discos
- A matéria escura tem uma distribuição esferoidal

Classificação dos braços:

- Quanto à aparência dos braços há 3 tipos básicos de espirais (esquema proposto por D. Elmegreen e B. Elmegreen):
 - as *Grand Design*: com braços espirais simétricos e bem desenvolvidos (exemplo: M81)
 - as *foculentas*: com numerosos braços pequenos e assimétricos (exemplo: NGC7793)
 - as com *braços múltiplos*, com características intermediárias entre as *Grand Design* e as *foculentas* (exemplo: NGC6946)

Classificação dos braços:

- as *Grand Design*: com braços espirais simétricos e bem desenvolvidos
- exemplo: M81



Classificação dos braços:

- as *floculentas*: com numerosos braços pequenos e assimétricos

exemplo: NGC7793



Classificação dos braços:

- as com *braços múltiplos*, com características intermediárias entre as Grand Design e as flocculentas
- exemplo: NGC6946



Perfis de brilho

- São sistemas bastante complexos: bojo, disco, braços espirais, barras, anéis...
 - em primeira aproximação:
 - bojos: perfil de de Vaucouleurs
 - discos: perfil exponencial
- $$\Sigma = \Sigma_0 \exp(-r/r_d)$$
- r_d : escala característica do disco
 - Σ_0 : brilho superficial central do disco

- caso particular do perfil de Sersic:

$$\Sigma = \Sigma_0 \exp(-b_n (r/r_e)^{1/n})$$

com $n=1$

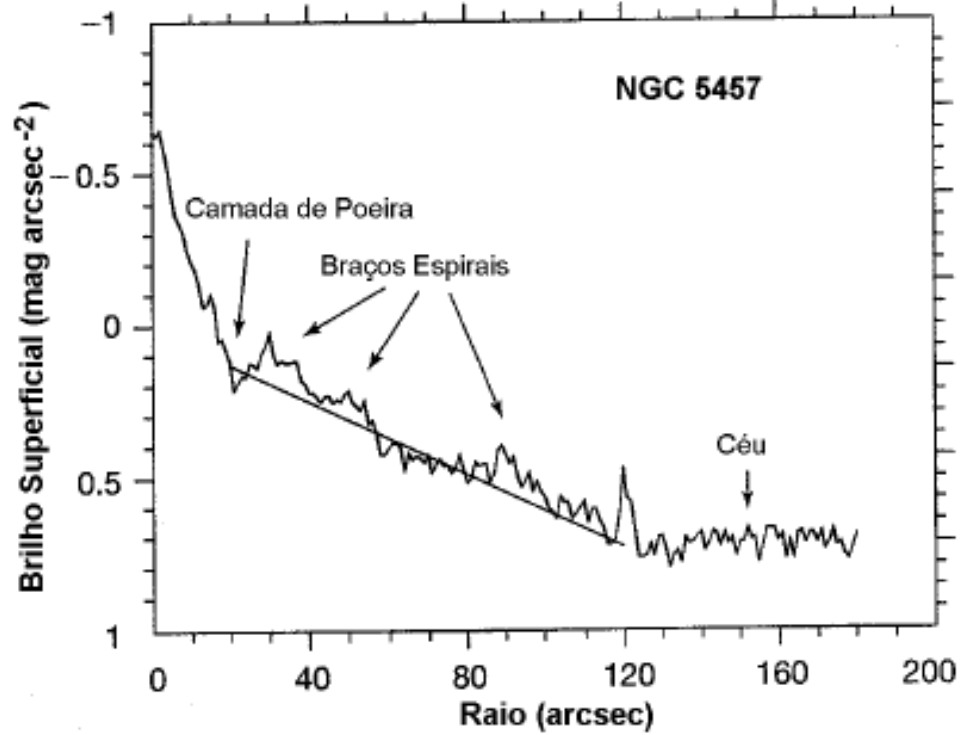


Figura 6.1: Perfil radial de brilho da galáxia NGC5457. O segmento de reta representa um perfil exponencial.



M101

Luminosidade

- Luminosidade total do disco:

$$L_d = 2 \pi \int_0^\infty \Sigma(r) r dr = 2\pi r_d^2 \Sigma_0$$

- Luminosidade total da galáxia:

$$L = L_d + L_b = 2\pi r_d^2 \Sigma_{0d} + 7.22\pi r_{eb}^2 \Sigma_{eb}$$

(supondo bojo com perfil de de Vaucouleurs)

- L_b / L_d :

- Sb: 0.45

- Sbc: 0.32

- Sc: 0.15

- Sd: 0.01

Via Láctea: $L_b / L_d \approx 0.34 \pm 0.08$ típico de uma Sbc

Luminosidade

- Brilho superficial para um disco exponencial:
 $\mu \propto -2.5 \log \Sigma$

$$\Sigma = \Sigma_0 \exp(-r/r_d)$$

- $\mu = \mu_0 + 1.086 r/r_d$

Tamanhos dos discos

- R_{25} : raio na isofota de 25 B mag arcsec⁻²
- $r_d / R_{25} \approx 0.2 - 0.3$, isto é, R_{25} corresponde a uns 4 r_d
- tipicamente: $r_d \approx 2 - 5$ kpc, $r_e \approx 0.5 - 4$ kpc
- Via Láctea: $r_d \approx 5.0$ kpc, $r_e \approx 2.7$ kpc
- O disco de HI pode ser maior que o disco estelar

Lei de Freeman (1970)

- A maioria dos discos das espirais tem $\mu_{0B} \approx 21.65 \pm 0.3 \text{ mag arcsec}^{-2}$
- Isso é um *efeito de seleção*- o resultado depende de como se seleciona a amostra que vai ser estudada
 - brilho do céu em B: $\mu_{ceu,B} \approx 22 \text{ mag arcsec}^{-2}$
 - objetos mais fracos que $\mu_{ceu,B}$ são mais difíceis de detectar (galáxias de baixo brilho superficial)
 - observações mais recentes: a distribuição de μ_{0B} é mais ou menos uniforme para brilhos superficiais mais fracos que $21.65 \text{ mag arcsec}^{-2}$

Perfis azimutais

- usados para quantificar a amplitude relativa de um braço espiral ou de uma barra em relação à região interbraços
 - o contraste braço-interbraço depende da cor: maior no U que em B os braços são mais azuis que o disco subjacente
 - o contraste dos braços geralmente aumenta com o raio
 - galáxias flocculentas: os segmentos de braços aparecem como picos irregularmente espaçados no perfil azimutal

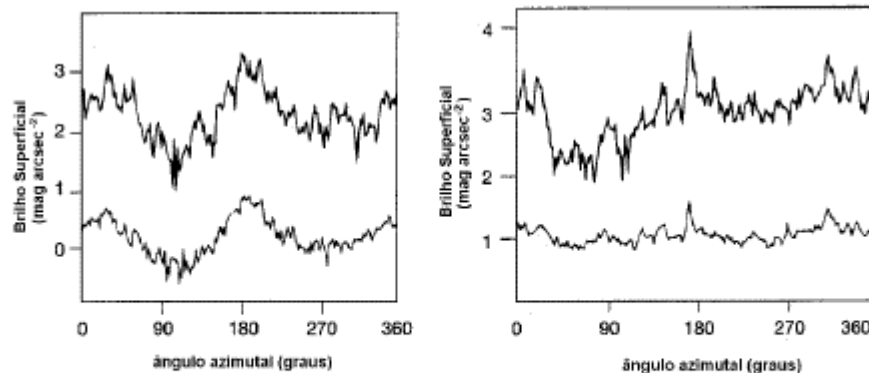
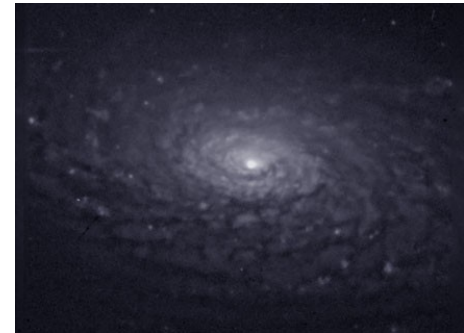


Figura 6.2: Perfis azimutais em B e I da galáxia grand design NGC4321 (esquerda) e da galáxia flocculenta NGC5055 (direita). Note, no primeiro caso, que os braços principais estão separados por 180°.

O meio interestelar

- O MI das espirais contém gás neutro, gás ionizado, gás molecular, poeira...



NGC 520

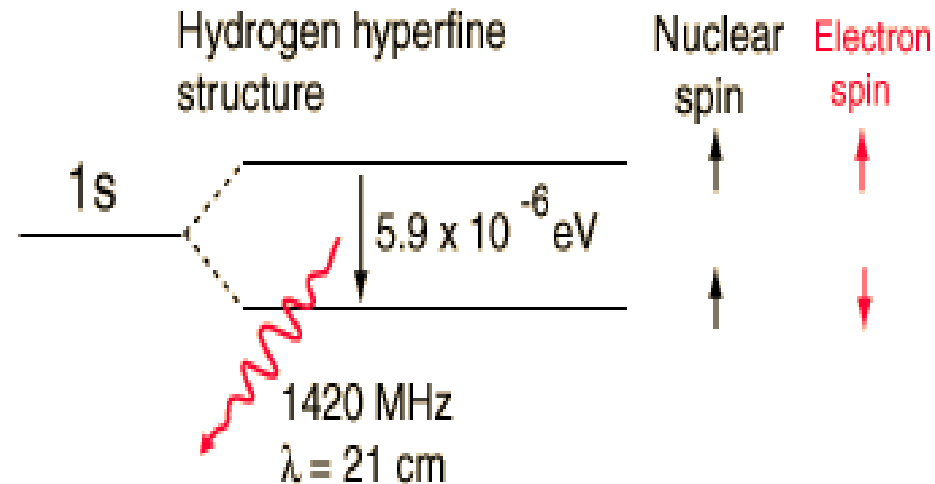


M 64

O meio interestelar

o hidrogênio neutro (HI)

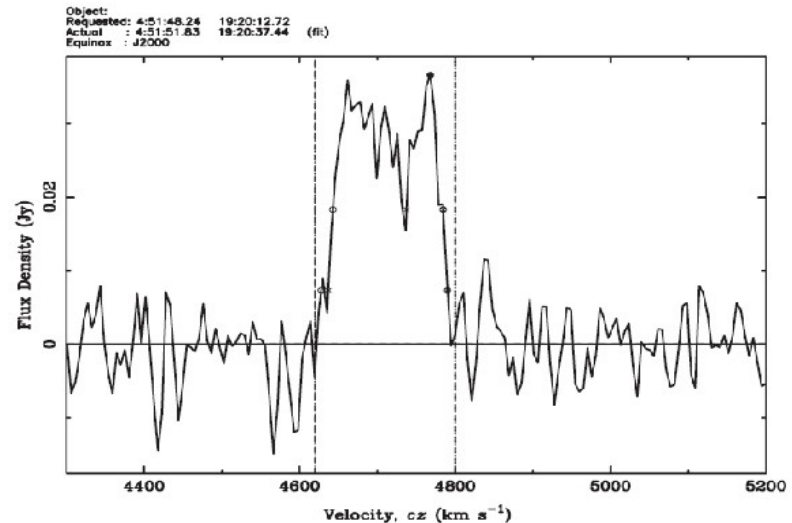
- detectado via emissão de 21 cm (1420 MHz) do HI:
- transição entre os estados de spin no estado fundamental do átomo de H
- a é transição “proibida”
- excitação: colisional
- desexcitação: emissão espontânea
- tempo de decaimento $\sim 10^7$ anos!



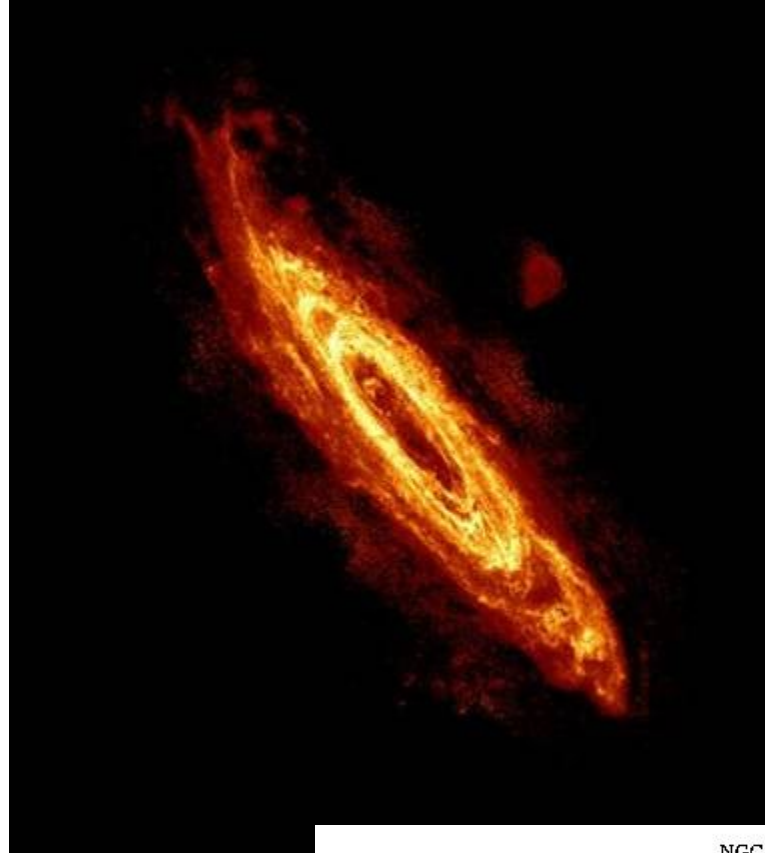
a emissão é detectada porque o H é abundante

O meio interestelar

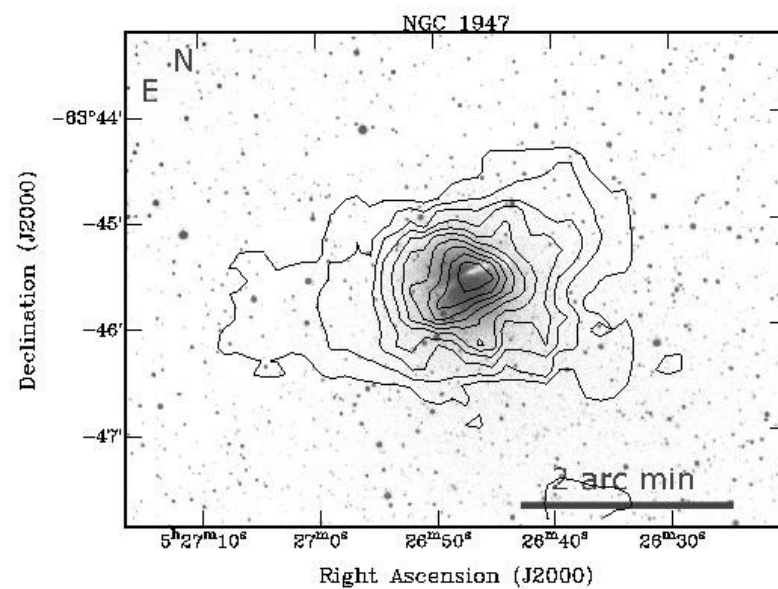
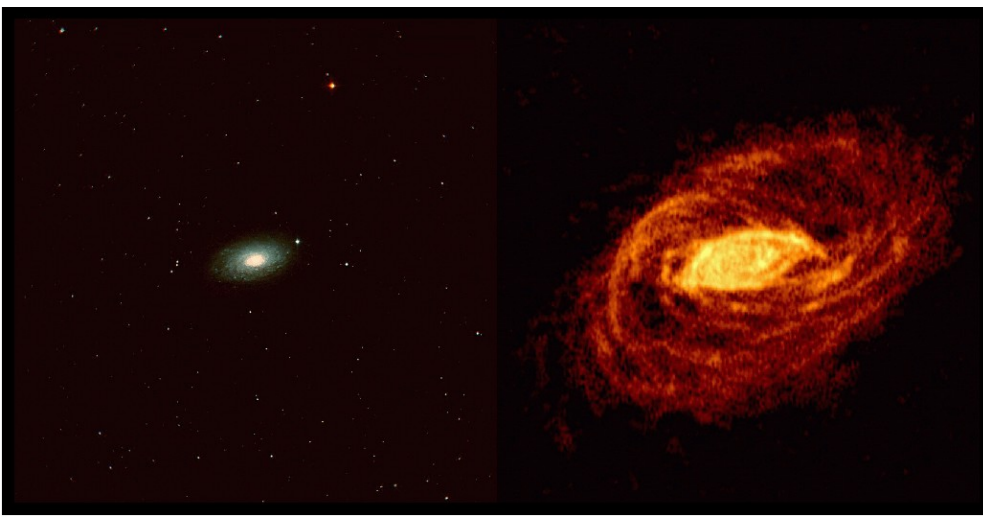
- o hidrogênio neutro (HI)
- detectado via emissão de 21 cm (1420 MHz) do HI: transição entre os estados de spin no estado fundamental do átomo de H
- detecção: linha de emissão em 21 cm



Andrômeda



NGC5055



NGC 5457 (M 101)

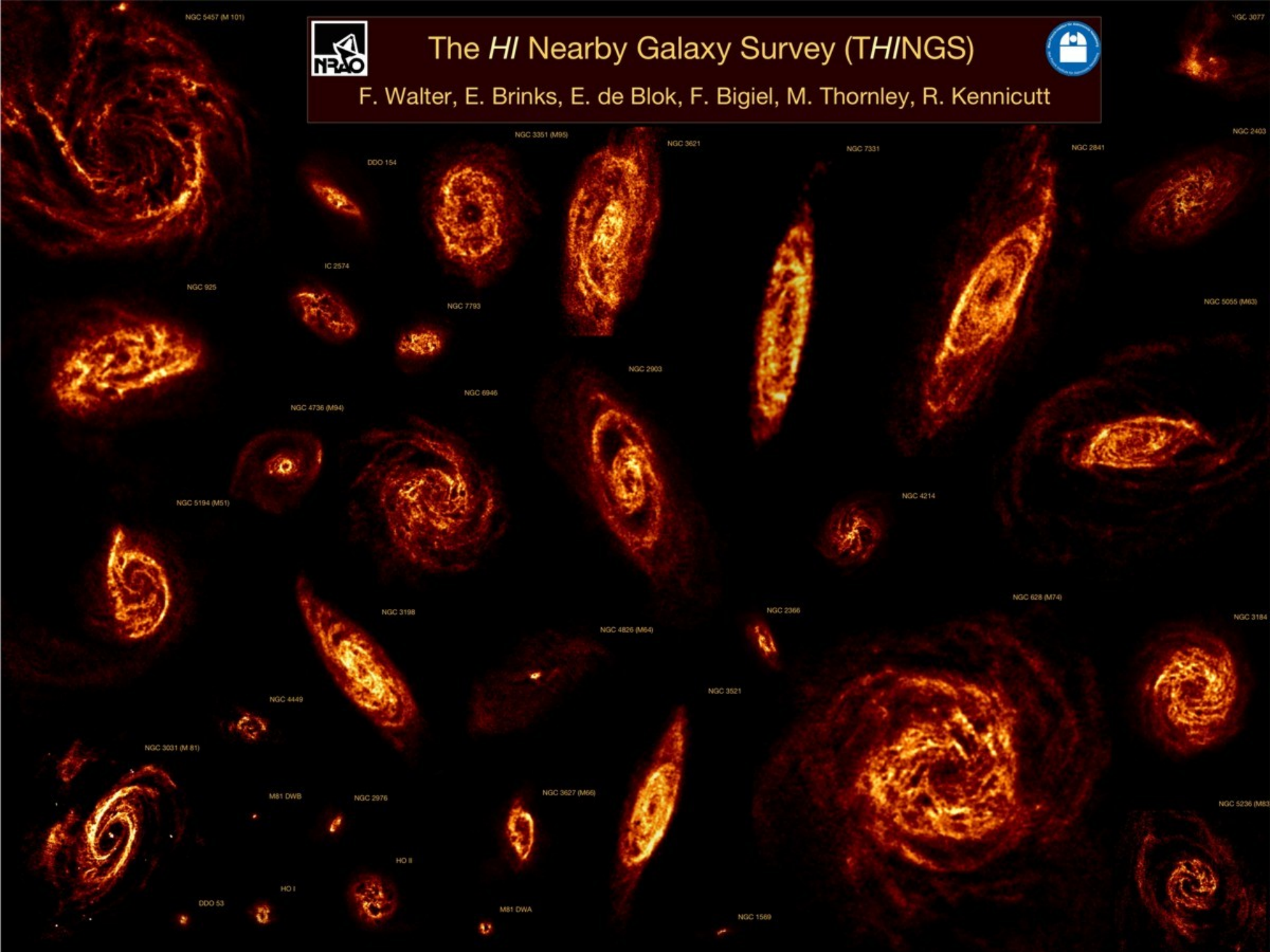


The *HI* Nearby Galaxy Survey (*THINGS*)



F. Walter, E. Brinks, E. de Blok, F. Bigiel, M. Thornley, R. Kennicutt

NGC 3077



NGC 3351 (M85)

NGC 3621

NGC 7331

NGC 2841

NGC 2403

DDO 154

NGC 925

IC 2574

NGC 7793

NGC 2903

NGC 5055 (M63)

NGC 6948

NGC 4736 (M94)

NGC 5194 (M51)

NGC 4214

NGC 3198

NGC 4826 (M64)

NGC 2366

NGC 628 (M74)

NGC 3184

NGC 4449

NGC 3521

NGC 3031 (M 81)

M81 DWB

NGC 2976

NGC 3627 (M69)

NGC 5236 (M83)

HO II

HO I

DDO 53

M81 DWA

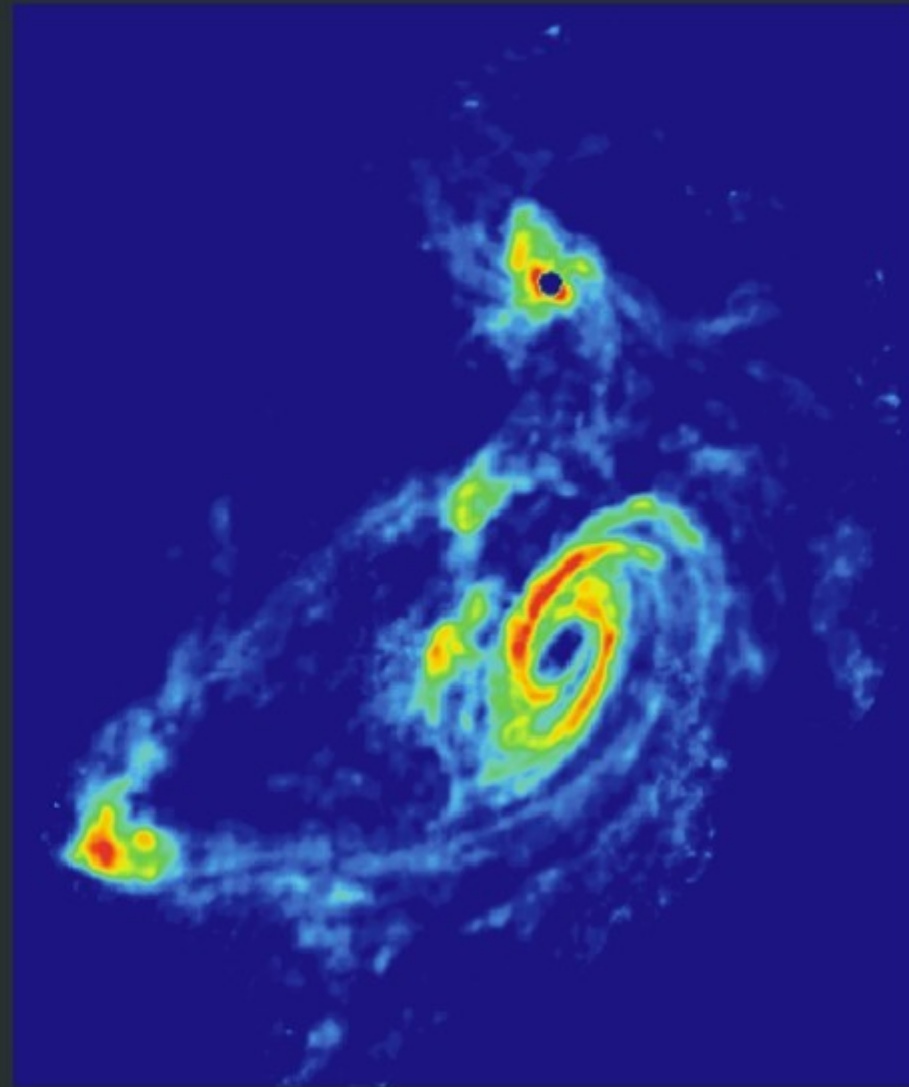
NGC 1569

TIDAL INTERACTIONS IN M81 GROUP

Stellar Light Distribution



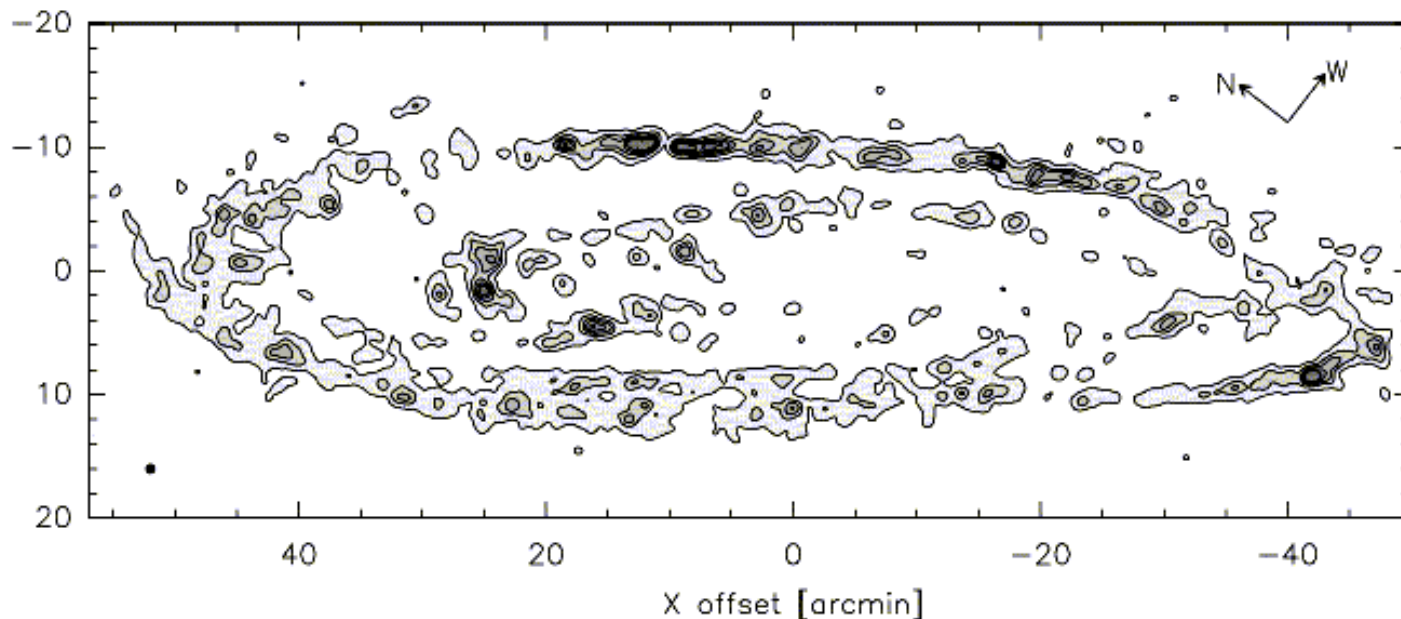
21 cm HI Distribution



O meio interestelar

- gás molecular

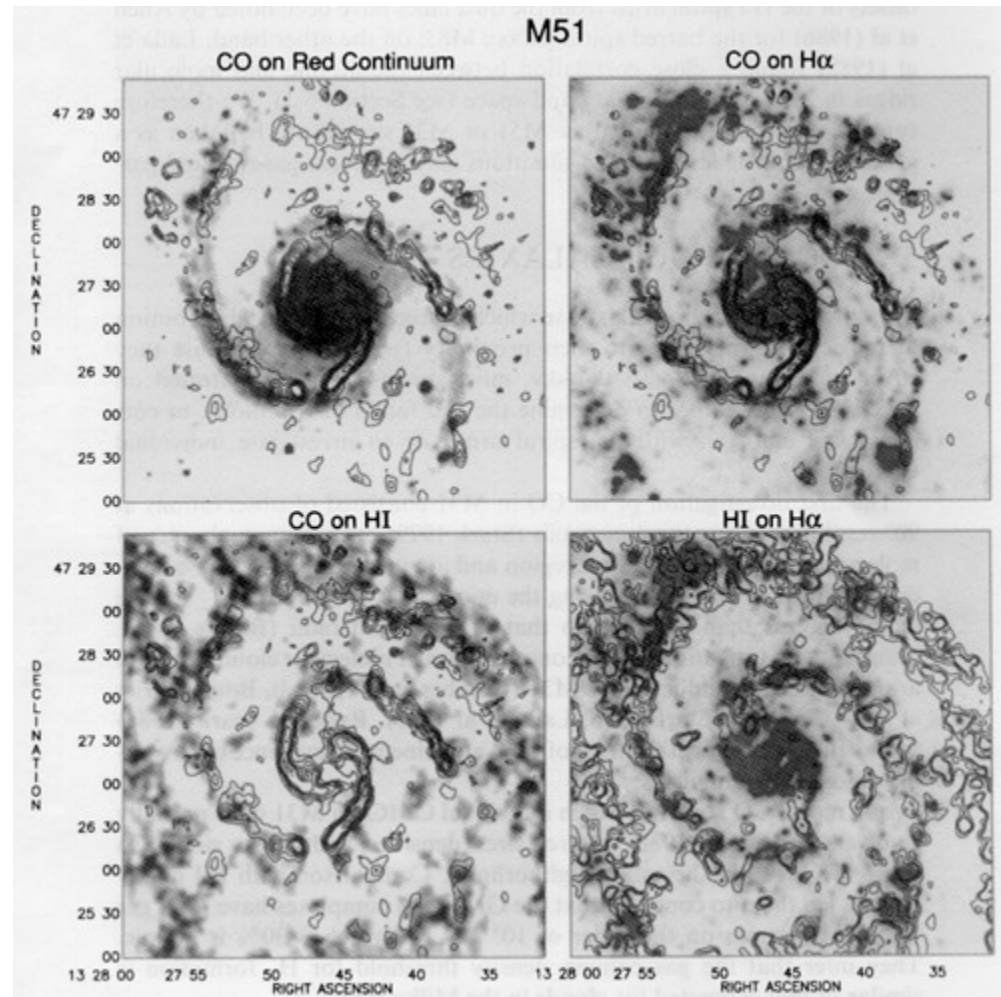
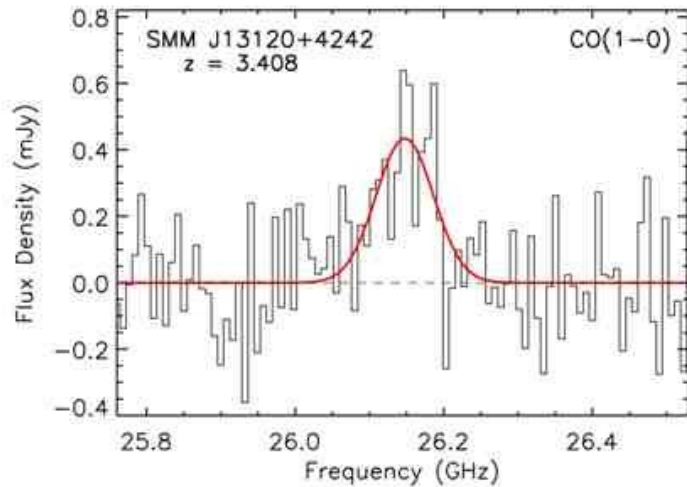
- detectado pelas emissões rotacionais e vibracionais das moléculas
- molécula mais abundante: H_2
- mas o H_2 emite pouco: o “traçador” de nuvens moleculares mais importante é o CO
transições importantes do CO: 2.6 mm, 1.3 mm



Andrômeda

As estrelas se formam em nuvens moleculares: o H_2 e o CO traçam a formação estelar

O meio interestelar



O meio interestelar

- gás ionizado:
 - regiões HII: ionizadas por estrelas quentes (jovens)
 - o gás ionizado emite em linhas: $H\alpha$, $H\beta$, [NII], [OIII], etc
 - regiões HII são traçadoras da formação estelar

NGC 604

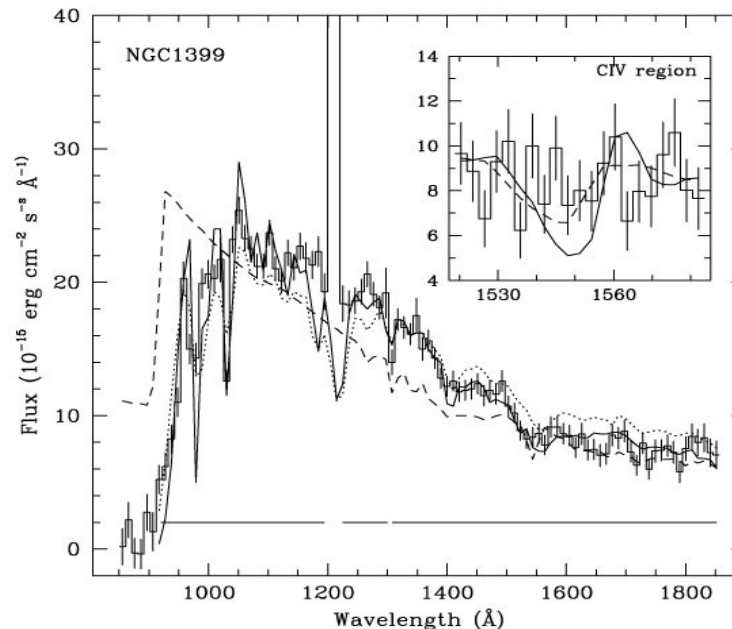
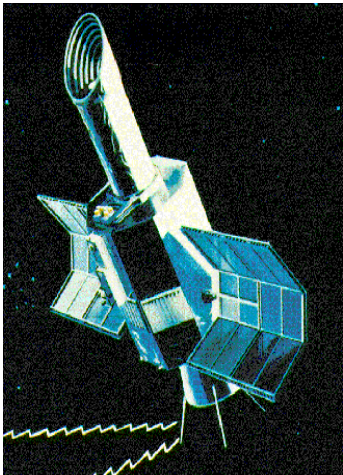


M33



O meio interestelar

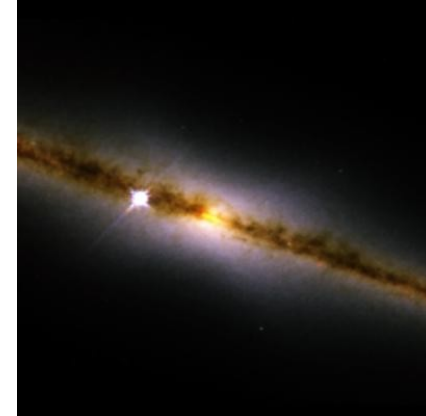
- gás ionizado:
- observa-se também “gás coronal”:
 - $T \sim 10^5 - 10^6$ K (região HII: $T \sim 10^4$ K)
 - detectado via linhas de absorção de átomos altamente ionizados: C IV, Si IV, N V, O VI
 - gás aquecido por restos de supernovas?



O meio interestelar



NGC4013



NGC3314

- poeira:

- detectada no óptico (extinção) e por sua emissão infravermelha (~ 100 microns)

- $M_{\text{poeira}} / M_{\text{gas}} \sim 1/100$

- a poeira contém muitos metais

- Via Láctea:

- $M_* \sim 2 \times 10^{11} M_s$

- $M_{\text{HI}} \sim M_{\text{H}_2} \sim 5 \times 10^9 M_s$

- Sequência de Hubble:

- M_{HI} / M_T cresce de S0 para Im

- $M_{\text{H}_2} / M_{\text{HI}}$ cresce de S0 para Im

Exercícios:

1. Calcule o raio efetivo de um disco exponencial.
2. A partir do perfil azimutal de NGC4321, calcule o contraste braço-interbraço (isto é, as razões entre as intensidades dessas regiões) em B e em I.
3. As temperaturas típicas de nuvens de HI e H₂ são da ordem de 100 e 10 K, respectivamente. Supondo que essas nuvens emitem como corpo negro, determine o comprimento de onda onde a emissão dessas nuvens é máxima. Em que região espectral eles caem?