

读书: spiral galaxy.

一、观测 $I(R)$.

① surface brightness profile, $R_d \rightarrow$ disk scale length.

内部 bulge, 外部 I 指数下降. $\sim I(R) = I_0 e^{(-R/R_d)}$

↓
用 septic profile 可拟合.

↑
 $n=1$ 的 septic profile.

但 disk 同样有 lopsided / warped 的.

$$\langle R_{\text{orb}}/R_d \rangle = 0.22 \pm 0.09$$

bulge [peanut-shaped] 是 bars.

② color.

更亮的 disk-galaxy, 更大 (size), 更红 (red)

color gradient, 越外部越蓝.

bulge 的 color 和 disk color 强相关.

③ 垂直结构.

垂直的表面亮度和水平距离 disk 中心 R 无关.



④ stellar Halo \rightarrow a halo of old, metal-poor stars. P_{11}^{12}

\rightarrow Milky Way 有, 但不一定所有 disk 都有.

可能由受到 tidally stripped 的 satellite 碎片的

物质组成, 但也无定论.

⑤ bar 和 spiral arm, 所以可以确定的 螺旋是绝佳的

spiral structure 在 H α 下没有 but 蓝光明显.

在 dust 和 分子云下也很清晰

⑥ Gas, elliptical \leftrightarrow hot / ionized state gas
spiral \leftrightarrow HI / H $_2$.

⑦ kinematic. rotation curve. [DM, star, gas] 的 $V(r)$.

bulge 的动力学很难被观测, 由于 disk 的光.

\rightarrow 研究表明大多数在快速旋转, 和 disk 方向相同

⑧ Tully-Fisher Relation. 光度与旋转速度, $L = A \cdot V_{\max}^2$.



二、定义.

11.1 mass - 角动量, disk 和 halo, Disk-halo system
从 density 可转为 potential.

- (a) 基于观测的 surface brightness profile 出发
 - (b) 基于物理假设出发
- 用观测量推得 disk 的 mass, size...

o Disk rotation 可以用来验证 cusp 的? → 与 simulation 相互验证.

11.1.2. interesting. 当再涉及 DM 和 disk 的 mass model 后.
↑
用 rotation curve 来 measure the density profile.

① 本质上是个简并参数.

② LSB 有助于打破 γ 的简并, 但观测表明 $\gamma \sim 0$, core.

原因 A. 观测不准 B. 有 bar C. concentration 也简并

D. 重子物质可变化中心的 density profile

? 我们观测到的 rotation curve 是总的还是星系的?

$$\frac{GMm}{r^2} = m \frac{v^2}{r} \rightarrow \frac{GM}{r} = v^2 \rightarrow M = \frac{Rv^2}{G}$$

$$(11.33) M_h(R) = \frac{R[v_{tot}^2(R) - v_{c,d}^2(R)]}{G}$$

其实代表 disk 的 mass



11.13 泡胀收缩. ? Halo 和 disk 是如何相互作用的.

在 disk 增长缓慢下, 该系统为泡胀系统.

在此假设下, 可以产生不变量. $v(r) \propto 1/rM(r)$

↑ 更 concentrated 的.

Disk 形成 \rightarrow 泡胀收缩 (halo) \rightarrow circular velocity 大改变.

11.1.4. 当一团云坍缩时, M, J ^{守恒} 守恒, 但结合能 $E \propto R^{-1}$

导致 $\lambda = \frac{J|E|^{1/2}}{GM^{3/2}} \sim \lambda_i (R/R_i)^{-1/2}$.

当对于一个 disk $\sim 0.4r_s$, 准备坍缩的分子云 $\sim 0.035 \sim$ hub spin.

\rightarrow 坍缩后 R 变小 70 倍 \rightarrow gas cloud 特别大 \rightarrow 坍缩时标太长.

\rightarrow 不可能单纯由 gas cloud 坍缩形成 disk. 宇宙年龄.

但如果 halo 存在, gas 会收缩 7 倍.

11.1.5 题外 \rightarrow Halo spin. 75.4.

" 如果潮汐力 T_j 和 惯性张量 I_j 不同, 就会产生角动量.

但 halo 形成时现在的 spin 和刚开始形成时差别很大.



11.2 Disk 的形成.

1. disk 形成的物理图景:

一团 gas (在 DM 环境下) 坍塌, 其辐射冷却是各向同性
无法带走角动量, 最后形成 rotating disk.

但若处于能量最低态, 几乎所有的气体会坍塌为一点
(black hole), 只有“无穷小”的 part 在外做开普勒运动 (带
走所有角动量), 但这种实现需要角动量从内到外
很有效的转移. → 依赖于盘上物质的粘性.

2. Disk mode. \rightarrow 假设 disk 形成是个 slow, 绝热过程.

① 只考虑 DM, 并假设为 $\rho(r) = V_{\text{vir}}^2 / (4\pi G r^2)$

\rightarrow 出现很多问题. A. disk mass 过小 B. disk 所
在 halo 的 spin 过小 ~ 0.01 C. disk 的 size 出现很强的
redshift-dependence.

② 考虑为 NFW profile + disk self-gravity, 能符合.

\hookrightarrow 暗示: 星系冷却时要保证 specific angular momentum 守恒.

3. 加入 baryon. \rightarrow 导致 disk size 增加.

4. 轴悬、nodal. \rightarrow 在动力学演化中, 大部分的 disk 角动量 会转移给 DM halo [角动量灾难]

\hookrightarrow 动力学摩擦 / 引力扭矩.



11.3 scale-relation. , Λ model 是否符合?

目前最复杂的 model, 考虑 disk-self gravity + DM
也并不符合, 原因很复杂

11.4. Exponential Disk [即 disk 随径向/垂直方向的面密度变化] \rightarrow 用来限制 model.

④ 若考虑 Disk 完全继承 DM 的角动量, 无论使用什么样的 mass distribution, model is inconsistent with obs.

○ 这和角动量守恒不一致, 后者指的是 baryon 的角动量, 极大的传递给了 DM.

○ 解决方法: ① 低角动量物质比为 bulge?

② feedback 将低角动量物质推出

③ 假设不正角, 在形成过程中, Disk 的 spin 重新形成.

12) ○ 粘性 Disk \rightarrow 通过摩擦力进行角动量转移.

$t_v \sim$ 粘性转移的时标, t_* 恒星形成的时标

$t_v \sim t_*$ \rightarrow 可以自然形成 Exponential disk

并独立于初始条件与粘性具体形式



由于粘性让气体损失角动量, 导致 mass 向内转移.

因此初始的 gas 分布不能 concentrated than an exponential
而 halo 为初始分布, 就已经 concentrated (比 exponential)

Disk 的垂直结构是由 disk star 的加热形成的.

thick disk 和 thin disk 是两类 population.

→ more radially extended, older and more metal poor.

原因: ① 由 thin disk 加热 (x). ② 独特的坍缩或 satellite.

11.5. global instability 塑造一个新 disk.

local instability → star form

11.5.4. secular evolution

[1] Resonance coupling. 共振耦合.

→ 恒星运动模式 (对应一个频率 $\Omega(R)$)

和 bar 的旋转角频率 耦合.

后果. ① 改变 orbit 相位? (可讨论).

② 导致 bar 和 star 之间角动量交换, 会把角动量

从内向外传播.



③ 把 bar 的角动量给 halo, 降低 bar 的转速

[2] 和气体的共振.

和 star 有所不同, 运动产生流的交叉, 生成 shock, 导致
动能和角动量转移 [产生类似环的系带]

★ bar 的毁灭.

◦ 中心聚集气体, 导致 star-burst / AGN, 让 star 的

orbit 混乱, 不再遵循 bar 的旋臂

◦ 其次改变 bar 的 potential, 共振...

◦ 并 gas 丢失角动量给 bar, 使其加速

◦ 大概中心有 20% total disk mass, 可^不 destroy a bar

[3] (超出 disk 平面的) 弯曲不稳定性.

→ 增加速度弥散.

bar 可能会由于弯曲 mode 而不稳定, 会让 bar 变厚.

导致像 boxy-planet shaped bulge. (pseudo-bulge)

这和椭圆星系中的 bulge (classic bulge) 有差别

11.6 密度波, 密度大的地方居于“诸平”

↳ 为什么是对称的呢?

