

Lecture 14

授课、校对：茅奕

记录：赵思逸

2022 年 6 月 7 日

1 椭圆星系

1.1 Faber-Jackson 关系与基本面

椭圆星系有 Faber-Jackson 关系，光度和速度弥散有如 图 1 所示关系。

$$L \propto \sigma_0^4 \quad (1)$$

其中速度弥散定义为 $\sigma_0 \sim \sqrt{\langle v^2 \rangle}$.

与 Tully-Fisher 关系不同，Faber-Jackson 关系可以从图上看到明显的展宽，因为实际上的光度

$$L = \langle I \rangle \times \pi \langle R \rangle^2 \propto \sigma^\alpha \quad (2)$$

其中 $\langle I \rangle$ 是椭圆星系的面亮度， α 是待定参数。更加完善的是光度、速度弥散、半径三个参数之间的“基本面” (Fundamental Plane) 关系。

半径与速度弥散、面亮度有关，记幂指数分别为 a, b .

$$R \propto \sigma_0^a \langle I \rangle^b \quad (3)$$

则有

$$\log R_e = a \log \sigma_0 + b \log \langle I \rangle_e + \text{constant} \quad (4)$$

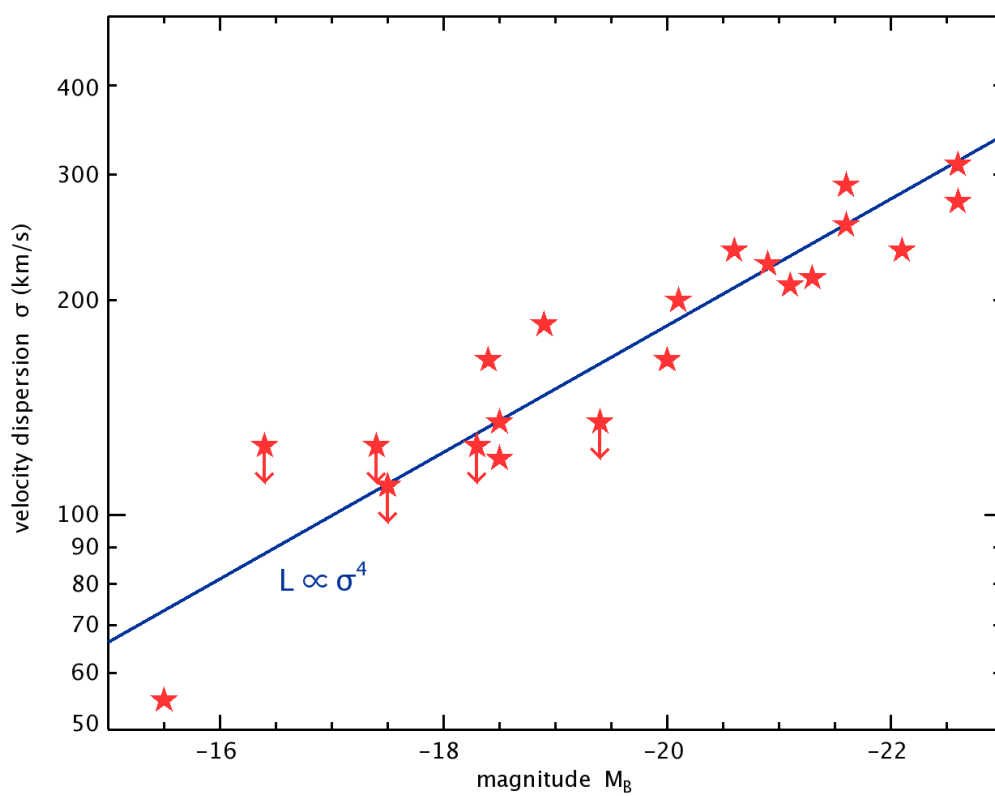


图 1: Faber-Jackson 关系, 图源 Wikipedia

其中加上下标 e 表示有效半径和有效面亮度。

我们可以从维里定理来简单推导这个关系。

维里定理 $K = -\frac{1}{2}U$, 代入动能和势能得到

$$\langle v^2 \rangle = \frac{GM}{\langle R \rangle} = \frac{G(M/L)}{\langle R \rangle} \times L \quad (5)$$

$$= \frac{G(M/L)}{\langle R \rangle} \times \langle I \rangle \times \pi \langle R \rangle^2 = \pi G(M/L) \langle I \rangle \langle R \rangle \quad (6)$$

所以

$$\langle R \rangle = \frac{1}{\pi G} \langle v^2 \rangle (M/L)^{-1} \langle I \rangle^{-1} \quad (7)$$

有效半径 R_e 的定义是包含一半亮度的半径 (effective radius enclosing half of the light), σ_0 是视线方向经过质量加权的的速度弥散, (mass-weighted) velocity dispersion along the line of sight.

记 $\langle R \rangle = \kappa_R R_e$, $\sigma_0 = \kappa_v \sqrt{\langle v^2 \rangle}$, 代入 式 (7) 得

$$R_e = \frac{1}{\pi G \kappa_R \kappa_v^2} \sigma_0^2 \langle I \rangle^{-1} (M/L)^{-1} \propto \sigma_0^2 \langle I \rangle^{-1} \quad (8)$$

解释了基本关系, 给出 $a = 2$, $b = -1$ 的结果, 实际观测中 $a \sim 1.2 - 1.5$, 与波段有关, $b \sim -0.8$.

维里定理给出的结果是接近的, 差异在于我们的推导做了很多假设, 比如假设 κ_R , κ_v 是常数, 假设 (M/L) 与 σ_0 和 $\langle I \rangle$ 无关。一个修正是假设 $(M/L) \propto \sigma_0^\alpha \langle I \rangle^\beta$.

1.2 椭圆星系形成机制

椭圆星系形成机制还在研究中, 以下因素可能会影响形成盘星系还是椭圆星系:

- 角动量大小。角动量大的容易形成盘星系, 小的容易形成椭圆星系。
- 密度。密度大的塌缩较快, 更容易形成椭圆星系。密度小的塌缩较慢, 有足够多的时间在角动量作用下压缩成盘星系。

形成过程:

- 巨塌缩 (Monolithic Collapse) : 巨大质量的气体团在塌缩、冷却、恒星形成、反馈等过程下直接形成椭圆星系或盘星系。
- 多层次星系并合 (Hierarchical Merging Scenario) : 小质量星系经过多次碰撞并合形成大的星系。