

# Lecture 13

授课、校对：茅奕

记录：赵思逸

2022 年 5 月 31 日

## 1 盘星系的形成

盘星系 (Disk Galaxy) 有盘结构，有些有旋臂，有些有棒状结构。它的主要亮度集中在盘面上，但一般盘面两侧也有恒星和气体，单纯只有盘的星系非常少。

盘星系的形成主要有以下步骤：

- 气体落入暗物质晕，受到激波加热，形成暗物质晕中的一团热气体。
- 气体通过辐射冷却，降温后压强降低，气体团收缩。收缩中变热，经过几轮收缩和冷却后形成一团较密的气体团。
- 气体团不均匀收缩，各部分之间有相对运动，角动量逐渐转移集中，气体团开始整体性旋转。
- 角动量守恒让气体逐渐分布到盘上，面密度增加，密度足够高后形成恒星。

盘星系有以下统计特征：

- 大的盘星系通常更亮。如图 5(a) 所示。



图 1: 典型的盘星系, 盘面两侧亦有分布

- 越亮的盘星系通常更偏红。如 图 5(b) 所示。
- 越亮的盘星系通常气体的占比更少。如 图 5(c) 所示。
- 越亮的盘星系转得越快, Tully-Fisher relation. (这个关系相对较明显。) 如 图 5(d) 所示。

### 1.1 激波加热 (Shock heating)

暗物质晕是维里化的。气体在落入暗物质晕的过程中会与暗物质粒子相互作用, 最终达到  $T_{\text{sh}}$  温度。

假设初始气体的温度是可以忽略的, 即  $v_{\text{in}}^2 \gg \frac{k_B T_{\text{in}}}{\mu m_p}$ 。

初始能量是气体的动能  $E_{\text{initial}} = \frac{1}{2} M_{\text{gas}} v_{\text{in}}^2$

激波加热  $E_{\text{sh}} = \frac{3}{2} N k_B T_{\text{sh}}$  其中  $N = \frac{M_{\text{gas}}}{\mu m_p}$  是气体粒子的个数。

由  $E_{\text{initial}} = E_{\text{sh}}$ , 得到  $T_{\text{sh}} = \frac{\mu m_p}{3 k_B} v_{\text{in}}^2$ 。

对于暗物质晕来说气体  $v_{\text{in}}^2 = \zeta v_{\text{vir}}^2$ ,  $\zeta = \mathcal{O}(1)$ , 取决于 halo mass profile.

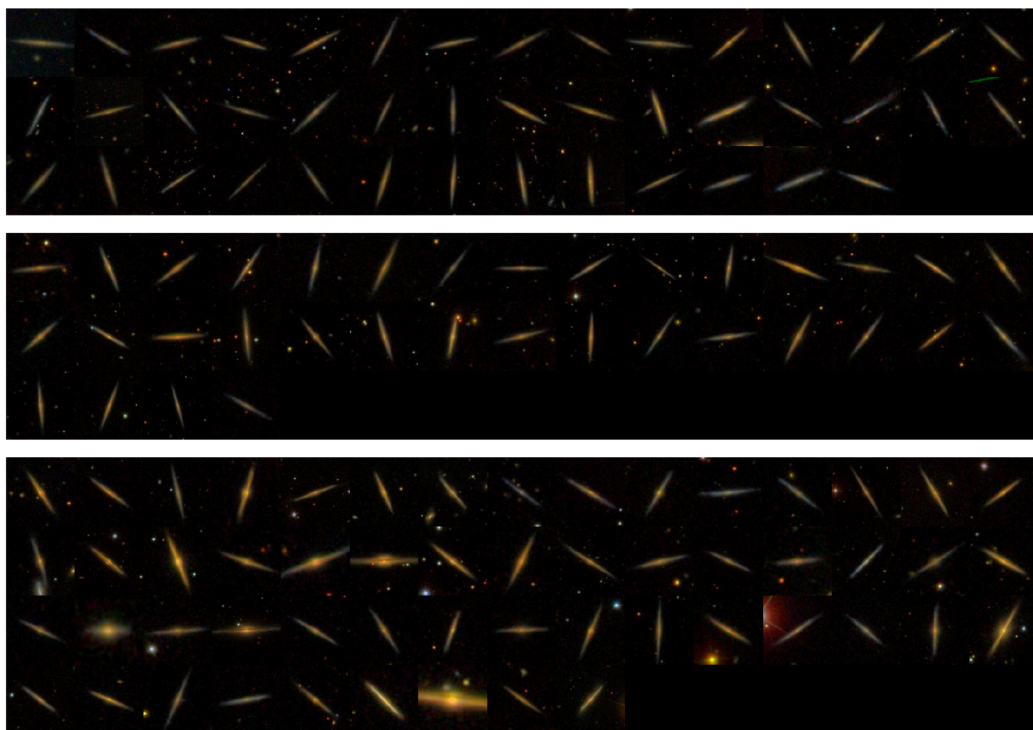
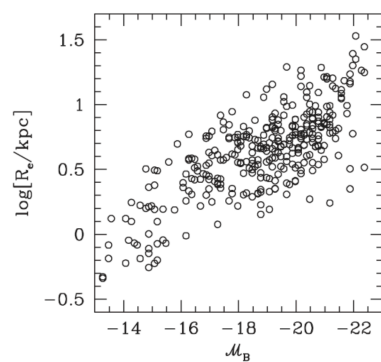
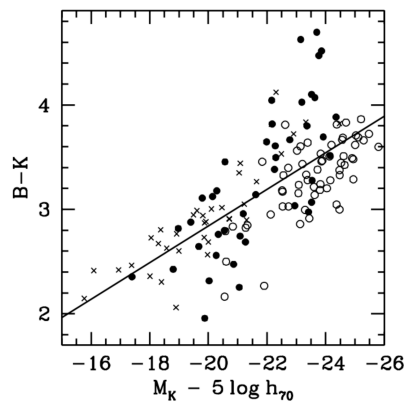


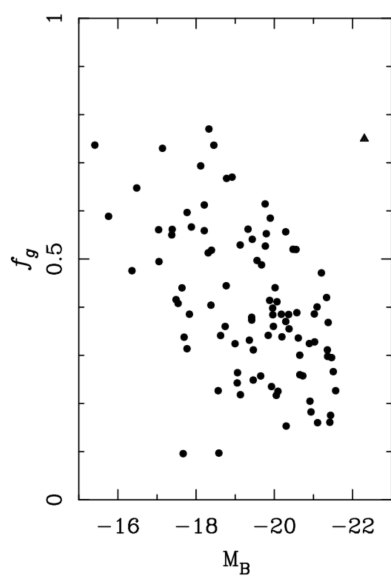
图 2: 只有盘的星系



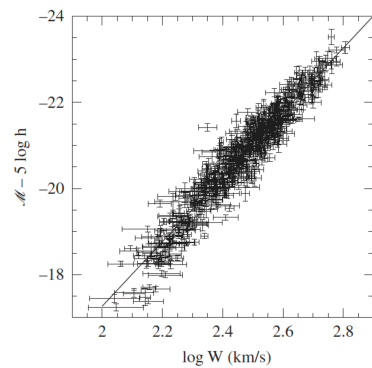
(a) 有效半径与绝对星等的关系



(b) 色指数与绝对星等的关系



(c) 气体占比与绝对星等的关系



(d) 有效半径与绝对星等的关系

图 3: 盘星系的一些统计关系

$$T_{\text{sh}} = \frac{\zeta \mu m_p}{3k_B} v_{\text{vir}}^2$$

对于被截断的奇异等温球模型 (truncated, singular isothermal sphere of gas),  $\zeta = 3/2$ .

$$T_{\text{vir}} \equiv T_{\text{sh}} = \frac{\mu m_p}{2k_B} v_{\text{vir}}^2 = 3.6 \times 10^5 \text{K} \left( \frac{v_{\text{vir}}}{100 \text{ km/s}} \right)^2 \quad (1)$$

定义为维里温度。

维里温度是气体落入暗物质晕后被激波加热后所达到的温度，也用来标志一个暗物质晕可能孕育的星系在恒星形成前的气体温度。所以，维里温度不是暗物质晕的温度，但是可以用来标志暗物质晕的性质。

## 1.2 辐射冷却

气体从高能级向低能级跃迁，辐射出光子带走能量，气体温度下降。具体的辐射机制较为复杂，本课暂不涉及。