

Galaxisok kialakulása



"Fentről le" (*top-down*) modell

Eggen, Lynden-Bell, Sandage elképzelése a Tejútrendszer kialakulására:

- összehúzódó protogalaktikus felhő
- kezdetben fémszegény --> halo csillagok kialakulása
- később fémekben feldúsul --> diszk csillagok kial.

Az összehúzódás időskálája: szabadesési idő

$$\tau_{ff} \sim (G\rho)^{-1/2} \quad \rho \sim \frac{M}{R^3}$$

$$R_0 \sim 100 \text{ kpc}, M \sim 6 \cdot 10^{11} \text{ Mo}$$

$$\text{ezekből: } \rho = 10^{-25} \text{ g/cm}^3, \tau_{ff} = 10^9 \text{ év}$$

τ_{ff} nagyobb, mint a nagy tömegű csillagok életkora
==> a kémiai feldúsulás mechanizmusa működik!

τ_{ff} kisebb, mint a Nap-típusú csillagok életkora
==> kis tömegű csillagok között sok fémszegénynek
kell lennie

de: a Nap körül a csillagok 98 %-a fémgazdag
==> "G-törpe probléma"

További problémák:

- a halo csillagok 50 %-a retrográd keringésű
- a bulge gömbhalmazok idősebbek, de fémgazdagok

Disszipatív összehúzódás

- az összehúzódó, sűrűsödő felhőben egyre gyakoribbak az ütközések
- az ezekből származó nyomás fékezi az összehúzódást

Viriáltétel: $-2K = U \rightarrow -M \langle v^2 \rangle = \frac{3}{5} \frac{GM^2}{R}$

ebből: $\langle v^2 \rangle^{1/2} = \sigma = \sqrt{\frac{3}{5} \frac{GM}{R}}$ sebesség-diszperzió

"viriál-hőmérséklet":

$$\frac{1}{2} \mu m_H \sigma^2 = \frac{3}{2} k T_v \rightarrow T_v = \frac{\mu m_H \sigma^2}{3k}$$

Disszipáció: az energia egy része kisugárzódik

egyszerű modell: egységnyi idő alatt egységnyi térfogatból távozó energia (hűlési ráta):

$$\epsilon_C = n^2 \cdot \Lambda(T) \quad \text{cooling rate}$$

ahol $\Lambda(T)$ a "hűlési függvény"

(numerikus paraméter $\sim 10^{-23} \dots 10^{-24}$ erg/cm³s)

- A hűlés okai:
- rekombináció
 - fékezési sugárzás
 - Compton-szórás

Mennyi idő alatt sugárzódik ki a teljes energia?

$$\epsilon_C V t_C \approx \frac{3}{2} N k T$$

$$n^2 \Lambda(T) V t_C \approx \frac{3}{2} n V k T$$

Ebből a hűlési idő: $t_C \approx \frac{3 k T}{2 n \Lambda} = \frac{\mu m_H \sigma^2}{n \Lambda}$

A protogalaktikus ködben:

$$\sigma \sim 160 \text{ km/s} \rightarrow T \sim 6 \cdot 10^5 \text{ K}$$

$$n \sim 0.05 \text{ 1/cm}^3 \rightarrow t_C \sim 8 \cdot 10^6 \text{ év} \ll \tau_{\text{ff}}$$

Lentről fel (*bottom-up*) evolúció

- ha $\tau_c > \tau_{ff}$: lassú, disszipatív összehúzódás
- sűrűségfluktuációk (csomósodás)
- a csomók gravitációs növekedésnek indulnak

$$-\frac{3}{5} \frac{G M^2}{R} = -2 \frac{3}{2} N k T$$

$$N = \frac{M}{\mu m_H} \quad R = \left(\frac{3}{4\pi} \frac{M}{\rho} \right)^{1/3}$$

A sűrűségfluktuáció növekedéséhez szükséges kritikus tömeg (Jeans-tömeg):

$$M = \sqrt{\frac{3}{4\pi}} \left(\frac{5k}{Gm_H} \right)^{3/2} \left(\frac{T}{\mu} \right)^{3/2} \frac{1}{\sqrt{\rho}}$$

becslés:

$$\rho \sim 0.15 \text{ Mo/pc}^3 = 10^{-23} \text{ g/cm}^3$$

$$T = 10^6 \text{ K}$$

==> a Jeans-tömeg $M = 2 \cdot 10^{10} \text{ Mo}$

ez kb. egy normál spirálgalaxis tömege

Galaktikus evolúció megfigyelési bizonyítékai

a múltban a galaxisok eloszlása más volt

a) sokkal több volt a spirálgalaxis

b) sokkal több kicsi, kék galaxis volt

spekuláció: ezek felbomlása és/vagy összeolvadása ment végbe valahogy

Csillagkeletkezési ráta (star formation rate, SFR)

SFR = egységnyi térfogatban évente keletkező
új csillagok összes tömege

$$[\text{SFR}] = \text{Mo}/\text{év}/\text{pc}^3$$

SFR empirikus meghatározása: nagy tömegű
csillagokon keresztül

Az UV tartományban mérhető luminozitás főleg nagy tömegű fősorozati csillagoktól (OB-csillagok) származik:

$$L_{UV} = N_{OB} \frac{l_{UV}}{l}$$

Csillagkeletkezés esetén: $\frac{dN_{OB}}{dt} > 0$

Csillaghalál (SN): $\frac{dN_{OB}}{dt} < 0$

Tudjuk: $\frac{dN_{OB}}{dt}(t + \tau_{OB}) = -\frac{dN_{OB}}{dt}(t)$

ahol τ_{OB} az OB-csillagok élettartama

Mivel l_{UV}/l kb. konstans $\Rightarrow L_{UV}$ nagy, ha N_{OB} nagy

De: N_{OB} csak akkor nagy, ha $dN_{OB}/dt \gg 0$, mert

$\Delta t > \tau_{OB}$ idő után $N_{OB} \rightarrow 0$

Nyilván:
$$\frac{dN_{OB}}{dt} \sim \frac{dN}{dt} = \left(\frac{dN}{dt} \right)_b - \left(\frac{dN}{dt} \right)_d$$

Csillagkeltési ráta: $SFR \sim (dN/dt)_b \sim L_{UV}$

Szupernóva ráta: $SNR \sim (dN/dt)_d \sim N_{SN}$

Starburst : $dN/dt \gg 0 \implies (dN/dt)_b \gg (dN/dt)_d$

Steady state: $(dN/dt)_b \sim (dN/dt)_d \implies dN/dt = 0$

SFR galaxistípusonként igen különböző:

