

جرم تاریک خوشه ی گیسو

احمد شریعتی

باشگاه فیزیک

انجمن فیزیک ایران

آذر ۱۳۸۸

• دو تعریف - جرم:

جرم - لختی:

جرم - گرانشی:

$$\vec{F} = m_I \vec{a}$$

$$F = G \frac{m_G M}{r^2}$$

آزمایش نشان داده است که برای همه ی اجسام نسبت $\frac{m_I}{m_G}$ با

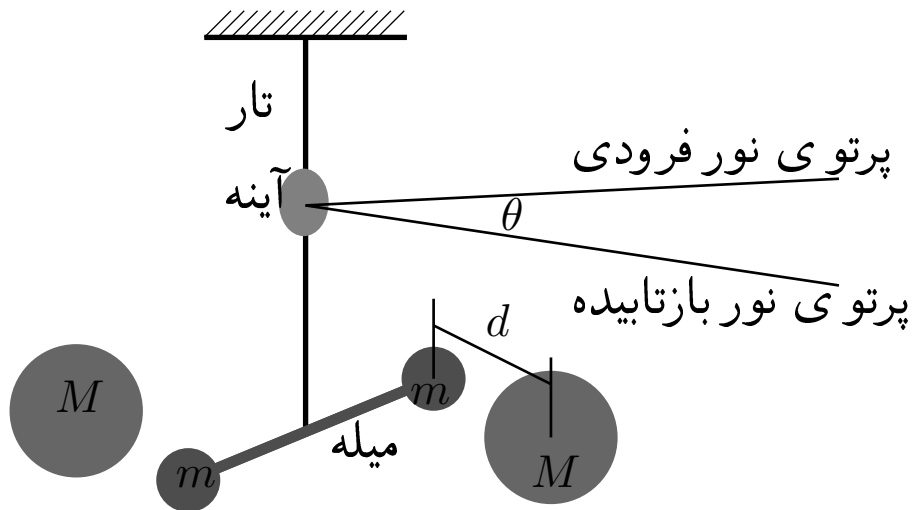
دقت 10^{-13} برابر است! این یعنی همه ی اجسام در یک میدان - گرانشی

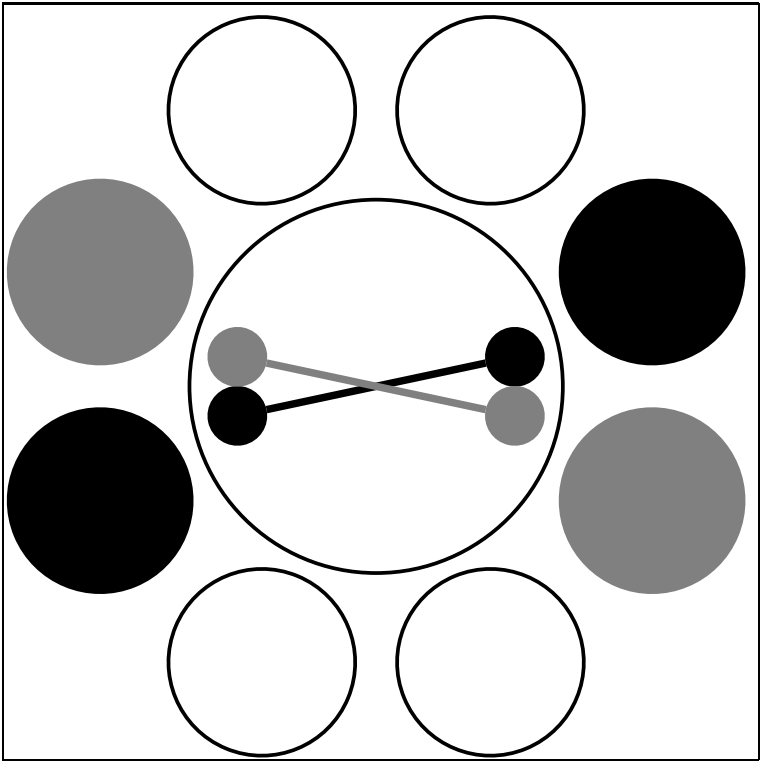
با یک شتاب می افتند. (اصل - هم ارزی)

1 kg

• واحد جرم یک استوانه از جنس پلاتین است.

- سنجش G - با استفاده از آونگ - پیچشی (آزمایش - گوندیش)







Henry Cavendish 1731 - 1810 (Experiment 1797-8)



S. Merkowitz (L) J. Gundlach (R)

at The University of Washington.

$$G = 6.67390 \times 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg s}^2}$$

$$\frac{\Delta G}{G} < 1.4 \times 10^{-5}$$

$$h = 6.626\,068\,96(33) \times 10^{-34} \text{ J, s}$$

$$\frac{\Delta h}{h} < 5.0 \times 10^{-8} \quad \text{CODATA 2006}$$



$$G = 6.674(28) \times 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2} \quad \text{CODATA 2006}$$

$$\text{AU} = \text{شعاع مدار زمین به دور خورشید} \simeq 1.5 \times 10^{11} \text{ m}$$

$$\text{AU} = 149\,597\,870\,70(0) \text{ m} \quad \text{Latest value 2009}$$

M_{\odot} جرم- خورشید، m جرم- زمین

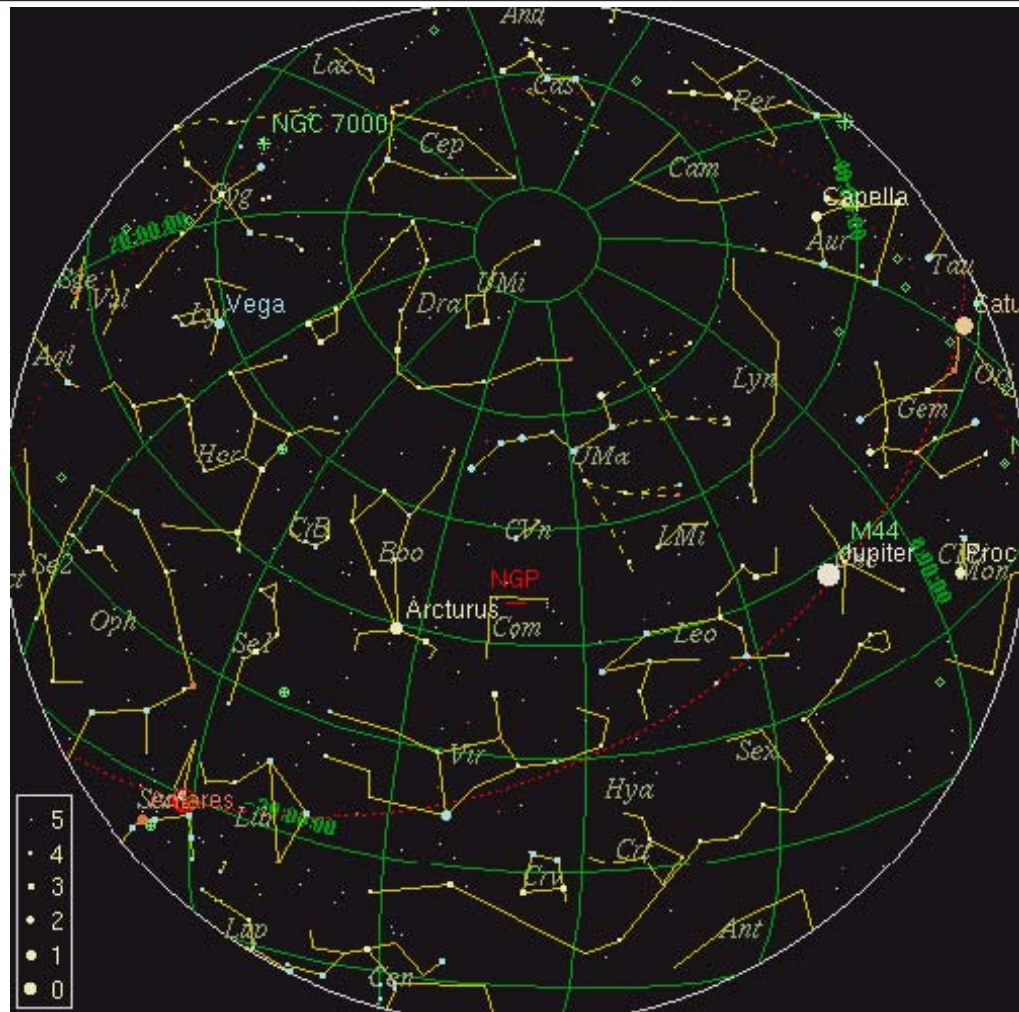
$$\frac{G M_{\odot} m}{r^2} = m r \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2$$

$$T = 365.256363004 \times 86400 \text{ s} \quad (\text{J2000.0})$$

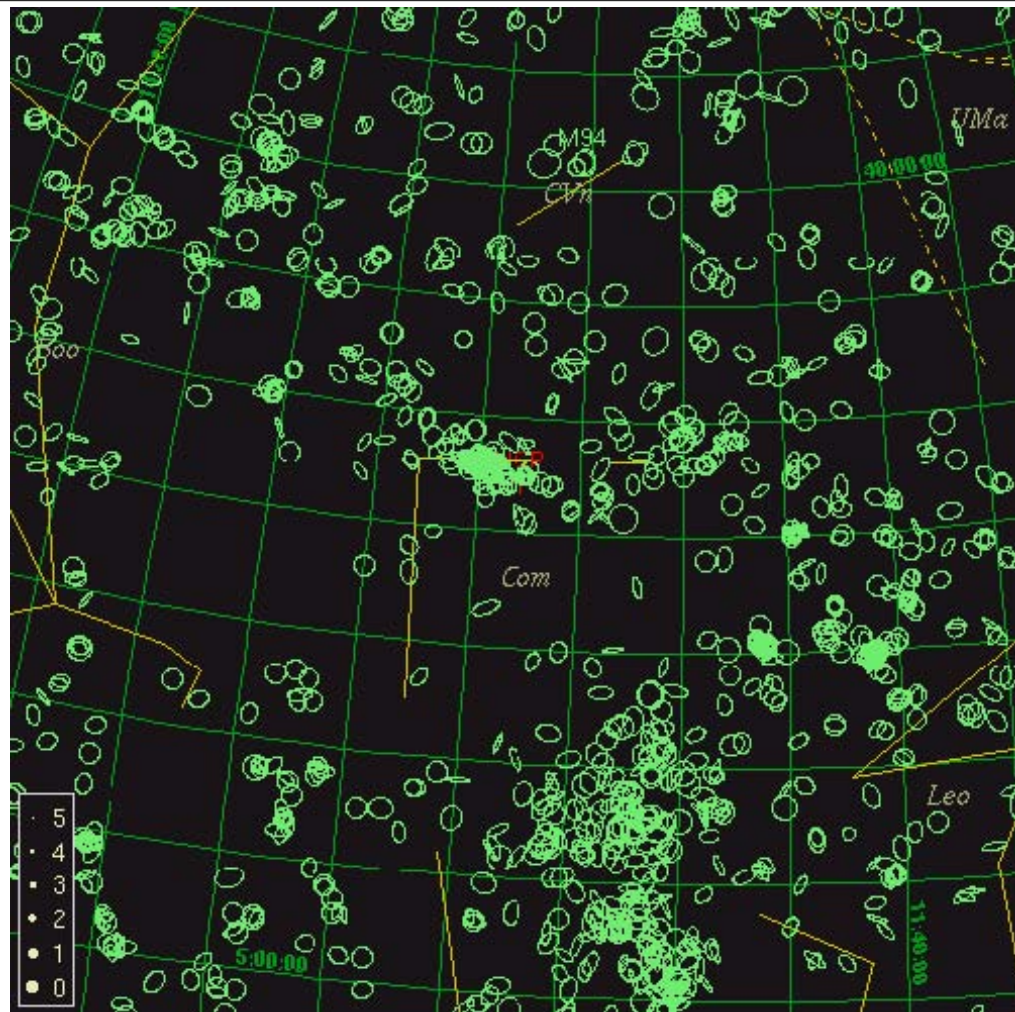
$$M_{\odot} = \frac{r^2 4\pi^2}{G T^2} = 1.988\,92 \times 10^{30} \text{ kg} \simeq 2.00 \times 10^{30} \text{ kg}$$

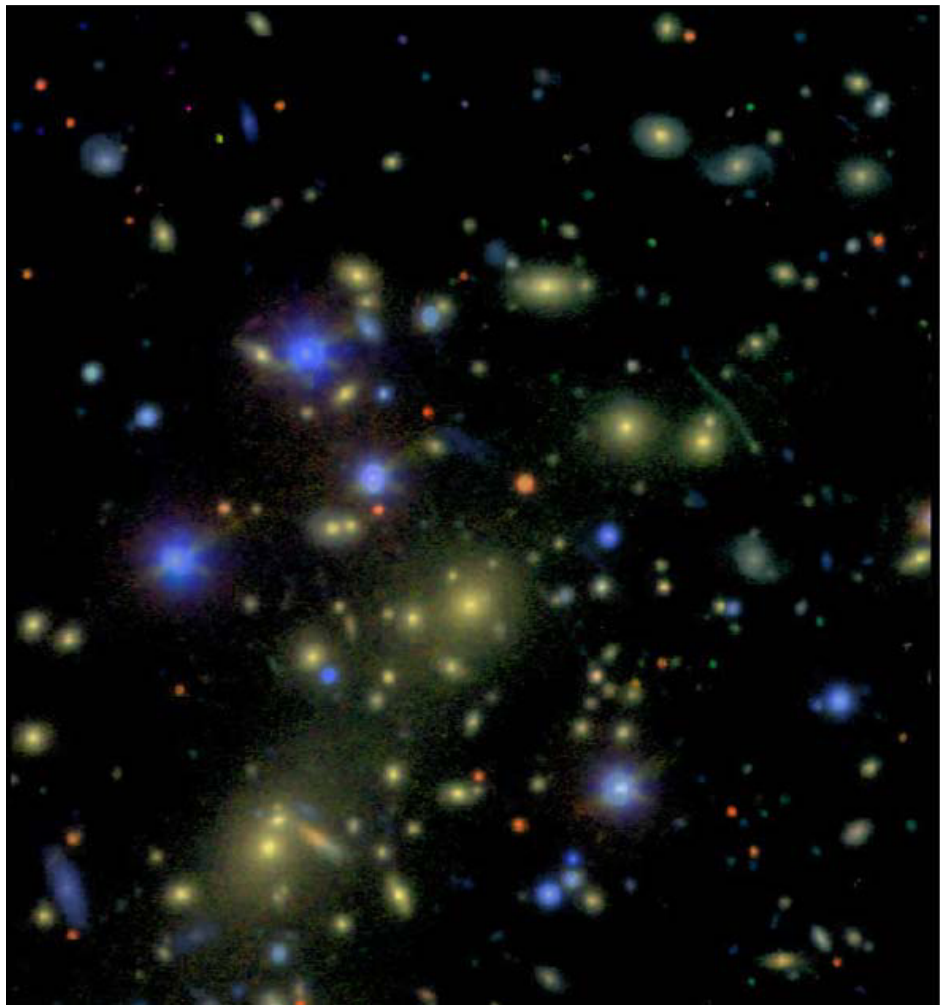
Fritz Zwicky 1898-1974





- 5
- 4
- 3
- 2
- 1
- 0

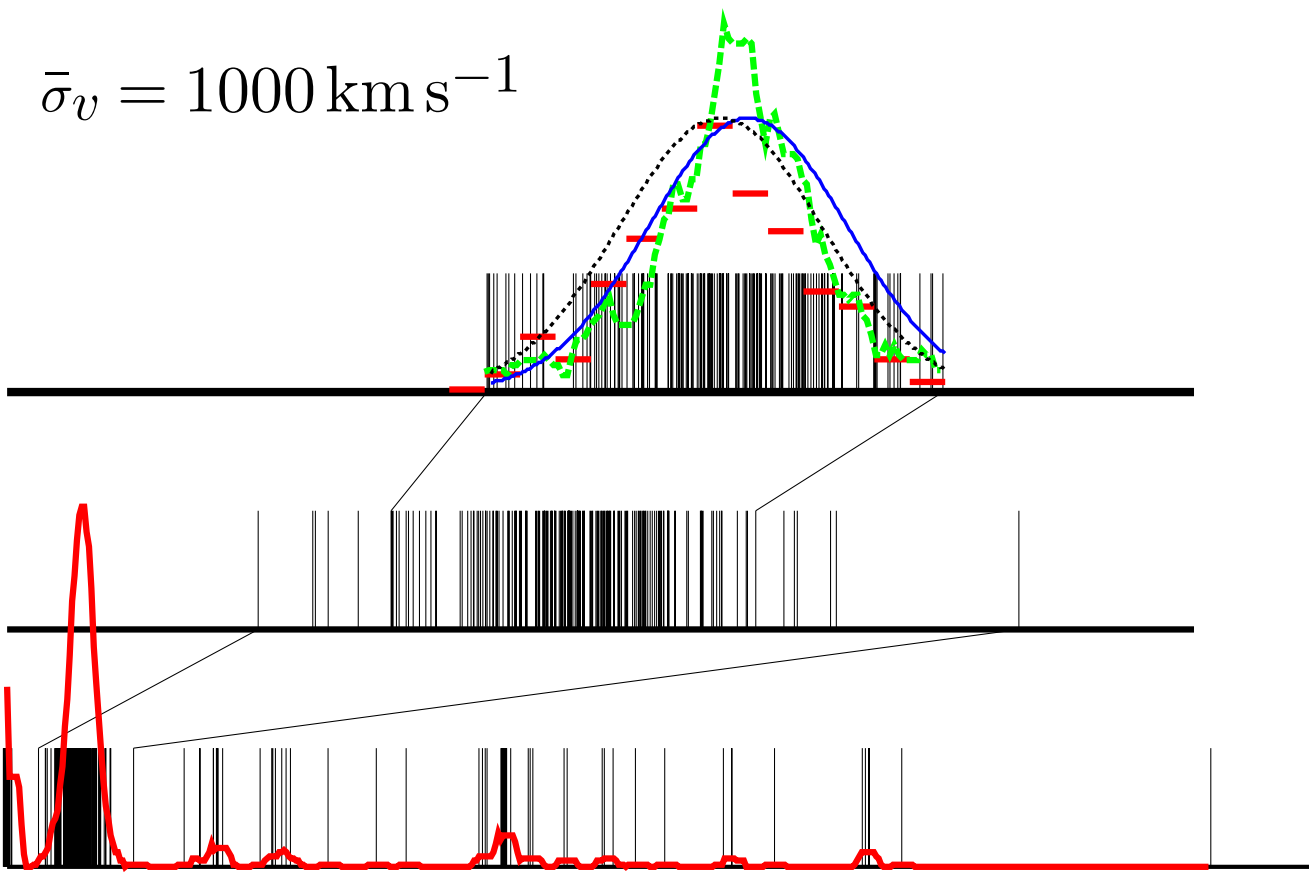




item	x	y	mag	color	v [km/s]
4469	1310	-1414	17.69	1.88	7452
4479	1322	-1982	17.51	1.83	5749
4535	1393	-1857	17.90	1.95	7653
4597	1478	-1723	16.37	1.91	4915
4692	1594	-1944	17.37	1.74	8318
4792	1721	-1743	16.30	1.91	7173
4829	1762	-1291	14.86	1.98	6055
4907	1855	-1522	15.93	2.20	5504
5102	2141	-1591	17.50	1.92	8122

$$\bar{v} = 6800 \text{ km s}^{-1}$$

$$\bar{\sigma}_v = 1000 \text{ km s}^{-1}$$



- قانونِ هابل: جهان در حالِ بزرگ شدن است.

$$v = H d$$

$$H = h_{100} \times 100 \text{ km s}^{-1} \text{ Mpc}^{-1}$$

$$h_{100} = \begin{cases} 0.71 & \text{today} \\ 56 & 1930s \end{cases}$$

$$v_{\min} = 4585 \text{ km/s} \quad d_{\min} = 46 h_{100}^{-1} \text{ Mpc}$$

$$v_{\max} = 8940 \text{ km/s} \quad d_{\max} = 89 h_{100}^{-1} \text{ Mpc}$$

$$d = d_{\max} - d_{\min} = 43 h_{100}^{-1} \text{ Mpc}$$

$$\ell = \frac{L}{4\pi d^2}$$

$$L = 3.02 \times 10^{-0.4 M} \times 10^{28} \text{ W}$$

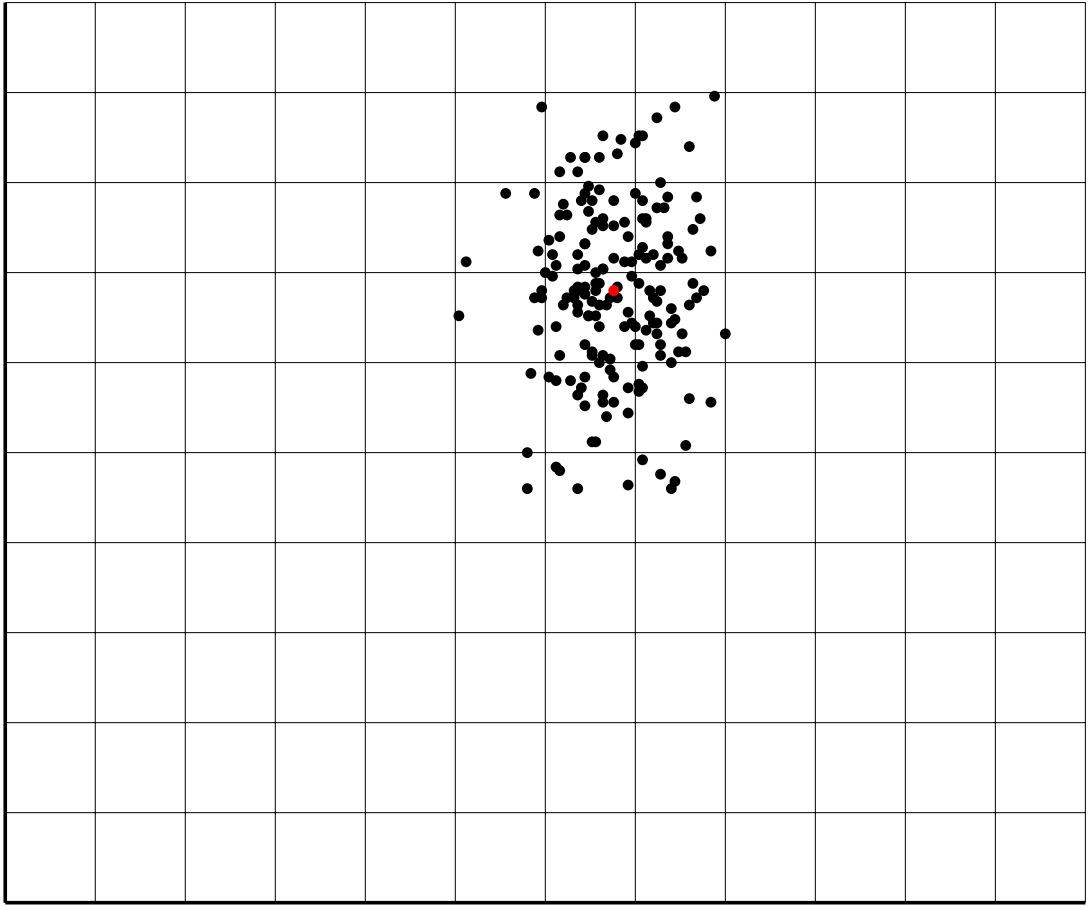
$$\ell = 2.52 \times 10^{-0.4 m} \times 10^{-3} \text{ W m}^{-2}$$

$$\log d = 0.5 (\log L - \log \ell - \log 4\pi)$$

$$d = 10^{1+0.2(m-M)} \text{ pc}$$

$$1 \text{ pc} = 3.086 \times 10^{16} \text{ m}$$

Velocity [unit = 1000 km/s]



magnitude [unit = 2.5]

for 180 objects in the central region of the Coma Cluster

$$M = m - 5 \log \frac{10^5 d}{\text{Mpc}}$$

$$d = d_{\min} \quad M = m - 33.89$$

$$d = d_{\max} \quad M = m - 33.93$$

$$M \simeq m - 33.9$$

$$\bar{M} = -18.2 \quad \sigma_M = 2.2$$

$$M_{\min} = -22.3, \quad M_{\max} = -14.9$$

$$\bar{L} = 1.6 \times 10^9 L_{\odot}$$

$$L_{\min} = 8 \times 10^7 L_{\odot}, \quad L_{\max} = 7 \times 10^{10} L_{\odot}$$

کھکشانی در نظر بگیریم با N ستاره، جرم \mathcal{M} ، و

درخشندگی L . فرض مهم:

$$\frac{\mathcal{M}}{L} \simeq \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}} \times \mathcal{O}(1) \sim 5 \times 10^3 \frac{\text{kg}}{\text{W}}$$

$$\bar{m} \sim \bar{L} \times \frac{M_{\odot}}{L_{\odot}} \sim 4 \times 10^{39} \text{ kg}$$

$$\bar{K} \sim \frac{1}{2} \bar{m} \sigma_v^2 \sim 5 \times 10^{52} \text{ J}$$

$$K \sim 200 \times \bar{K} \sim 10^{55} \text{ J}$$

انرژی ی- پتانسیل - یک توده ی- کروی، با چگالی ی- ثابت برابر است

با

$$V = -\frac{3}{5} \frac{G M^2}{R}$$

پس اگر N جسم، با جرم‌ها ی- m داشته باشیم ($M = N m$)، متوسط -

انرژی ی- پتانسیل - گرانشی ی- هر جسم هست

$$\langle V \rangle = -\frac{3}{5} \frac{G N m^2}{R}$$

$$U \sim -\frac{3G (200\bar{m})^2}{5R} \sim -3 \times 10^{51} \text{ J}$$

$$R \sim 1 \text{ Mpc} = 3 \times 10^{22} \text{ m}$$

$$\frac{T}{|U|} \sim 10^4$$

قضیه ی ویریاال: در سیستم ی با N ذره، اگر

• پتانسیل بین ذره‌ها متناسب با $\frac{1}{r^2}$ باشد، و

• سیستم در یک وضعیّت پای‌دار باشد

$$\langle T \rangle = -\frac{1}{2} \langle V \rangle$$

$$T \propto \bar{m}$$

$$U \propto \bar{m}^2$$

پس برای آن که این سیستم بسته (مقید) باشد، باید جرمش خیلی

بزرگتر از آن چه می بینیم باشد!

$$\rho_{\text{DM}} \sim 10^{-24} \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

