

$$E_{gr} = -\frac{3}{5} \frac{GM^2}{R}$$

(1)

$$\frac{dE_{gr}}{dt} \sim \frac{3}{5} \frac{GM^2}{R} \frac{dR}{dt}$$

עבור כוכב מסוג $E_{gr} \approx 10^{47}$ ג'ול, פירוש גרביטציוני

$$L_0 = \left| \frac{1}{2} \frac{dE}{dt} \right| = \left| \frac{3}{10} \frac{GM_\odot^2}{R_\odot} \frac{dR_\odot}{dt} \right|$$

$$\left| \frac{1}{R_\odot} \frac{dR_\odot}{dt} \right| \approx \frac{3}{10} \frac{L_0 R_\odot}{GM_\odot} = 3.5 \cdot 10^{-15} \text{ s}^{-1} = 1.1 \cdot 10^{-7} \text{ yr}^{-1}$$

השינוי באנרגיה = $\Delta E_K = -\frac{1}{2} \Delta E_{gr}$ (2) פירוש גרביטציוני

$$E_K = \frac{3}{2} N k T = \frac{3}{2} \frac{M}{\bar{m}} k T, \quad \bar{m} \sim \frac{1}{2} m_p$$

$$E_K = \frac{3 \pi k T}{m_p}$$

$$\Delta E_K = E_{K,A} - E_{K,L} = \frac{3 \pi k \Delta T}{m_p}$$

$$\Delta T = 6 \cdot 10^6 \text{ K} - 3 \cdot 10^4 \text{ K} = 5.97 \cdot 10^6 \text{ K}$$

$$\Delta E_K = 2.96 \cdot 10^{48} \text{ erg} = \text{אנרגיה מקינטית}$$

$$\Delta t \approx \frac{\Delta E_K}{L} = 2.45 \cdot 10^7 \text{ yr} \sim 1 \text{ kH}$$

$$\beta P_c = \frac{g_c}{\bar{m}} k T_c$$

(3) שדה מגנטי

$$(1-\beta) P_c = \frac{1}{3} a T_c^4$$

שדה מגנטי

$$\frac{1-\beta}{\beta^4} = \frac{a T_c^4 (\bar{m} P_c)^4}{3 P_c (g_c k T_c)^4}$$

השוואה

$$= \frac{1}{3} \frac{\bar{m}^4 a P_c^3}{k^4 g_c^4}$$

$$\frac{1-\beta}{\beta^4} < \left(\frac{a}{3} \right) \left(\frac{\bar{m}}{k} \right)^4 \left(\frac{\pi}{6} \right) G^3 M^2$$

3, 2, 1 ג'ול
השוואה

הקשר: $\bar{m} = 0.61 m_p$

$$\frac{1-\beta}{\beta^4} < 0.0045 \left(\frac{T}{T_0} \right)^2$$

בצורה נוחה יותר (לחישוב) נכתוב:

נניח כי β הוא מספר:

$1/T_0$	$1/T_0$	$1/T_0$
0.0045	0.072	7.2

$$\frac{1-\beta}{\beta^4}$$

$$\beta$$

$$1-\beta$$

הקשר

$$52 \text{ (GeV)}$$

$$52 \text{ (GeV)}$$

הקשר בין β ל- T

$$P = n k T = \frac{g k T}{m_p} = \frac{2 g k T}{m_p} \quad (4)$$

$$F = -\frac{1}{3} \frac{1}{k_p} \frac{d}{dz} (a T^4)$$

$$\frac{dT}{dz} = -\frac{3}{4} \frac{k_p}{a c} \frac{F}{T^3}$$

$$\frac{dP}{dz} = -g$$

$$\frac{dT}{dP} = \frac{dT}{dz} \frac{dz}{dP} = \frac{3 k F}{4 a c g T^3}$$

$$\int T^3 dT = \frac{3 k F}{4 a c g} \int dP$$

$$T^4 = \frac{3 k F P}{a c g} = \frac{3 k F 2 g k T}{a c g m_p} \quad \because T=0, P=0 \text{ (r=R) } \rightarrow \text{הקשר}$$

$$g = \left(\frac{a c g m_p}{6 k F} \right) T^3 \propto T^3$$

$$\frac{P_g}{P_r} = \frac{2 g k T}{m_p} / \frac{1}{3} a T^4 \propto g \cdot T^{-3} = \text{const}$$

הקשר בין P_g ל- P_r →

$$F = \frac{L}{4\pi r^2}$$

הכוח הנמשך F_G 1.25

$$f_n = \frac{L}{4\pi r^2}$$

הכוח הנמשך F_G

$$n_{ph} = \frac{L}{4\pi r^2 c}$$

הכוח הנמשך F_G

$$\frac{L}{4\pi r^2}$$

$$= n_{ph} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot c \quad [sec^{-1}] \quad \text{הכוח הנמשך}$$

$$F = \frac{L}{4\pi r^2} \cdot \frac{h}{\lambda} \cdot c = \frac{L}{4\pi r^2 c} \quad 2$$

$$F_g = \frac{G M m_p}{r^2} = \frac{L}{4\pi r^2 c} \quad 3$$

$$L_{add} = \frac{4\pi c G M m_p}{\lambda} = 1.25 \cdot 10^{38} \left(\frac{M}{M_\odot} \right) \text{ erg/sec}$$