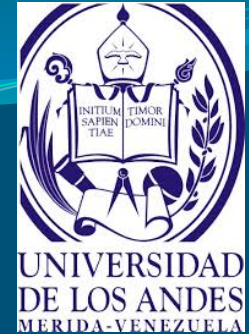


Universidad de Los Andes
Facultad de Ciencias
Departamento de Física



Escenarios de Hidrodinámica y Radiación en Objetos Compactos en Colapso y Rotación Lenta

Victor F. Guada Escalona
Tutor: Dr. Luis Nuñez

28 de marzo del 2014

Problema e Importancia

- Discutir la estructura interna [1]
- Estrella de Neutrones [2]
- Disipación debida a partículas sin masa es un objeto típico en objetos compactos [3]
- La emisión de Neutrinos vs Energía de Ligadura Gravitacional en el colapso de una estrella... [3]

[1] Gokhroo, M K, and A L Mehra. 1994. "Anisotropic Spheres with Variable Energy Density in General Relativity." *General Relativity and Gravitation* 26 (1): 75–84. doi:10.1007/BF02088210.

[2] J.M. Lattimer and M. Prakash. *The Physics of Neutron Stars*. http://arxiv.org/pdf/astro-ph/0405262.pdf?origin=publication_detail

[3] L. Herrera. *Campos Gravitacionales en la Materia: La otra cara de la moneda. Parte II*.

Tensor de Energía-Momentum y Ecuaciones de Campo

Interior

Métrica de Schwarzschild

$$ds^2 = e^{\nu(r,t)} dt^2 - e^{\lambda(r,t)} dr^2 - r^2 d\Omega^2$$

Exterior

Métrica de Vaidya

$$ds^2 = \left(1 - \frac{2M(u)}{R(u)}\right) du^2 + 2dR(u)du - R(u)^2 d\Omega^2$$

$$G_{\mu\nu} = 8\pi T_{\mu\nu} \longrightarrow T_{\mu\nu}^M + T_{\mu\nu}^R$$

$$\hat{T}_{ab} = \begin{pmatrix} \rho_M + \rho_R & -\mathcal{F} & 0 & 0 \\ -\mathcal{F} & P_M + P_R & 0 & 0 \\ 0 & 0 & P_M + \frac{1}{2}(\rho_R - P_R) & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_M + \frac{1}{2}(\rho_R - P_R) \end{pmatrix}$$

$$T_{\alpha\beta} = J_\alpha^\gamma J_\beta^\lambda L_\gamma^a L_\lambda^b \hat{T}_{ab}$$

$$\omega = \frac{dr}{dt} e^{(\lambda-\nu)/2}$$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1-\omega^2}}$$

$$L_b^a = \begin{pmatrix} \gamma & -\gamma\omega & 0 & 0 \\ -\gamma\omega & \gamma & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Velocidad de un elemento cualquiera
Implica expansión o contracción...

Ecuaciones de Campo y Aproximación Cuasi-Estática

$$8\pi T_{tt} = \frac{1 + e^{-\lambda} (r\lambda' - 1)}{r^2}$$

$$8\pi T_{rr} = \frac{1 - e^{-\lambda} (1 + r\nu')}{r^2}$$

$$8\pi T_{\theta\theta} = \frac{e^{-\lambda}}{4r} (2\lambda' - 2\nu') - \frac{e^{-\lambda}}{4} (2\nu'' - \lambda'\nu' + \nu'^2) - \frac{e^{-\nu}}{4} (\dot{\lambda}\dot{\nu} - 2\ddot{\lambda} - \dot{\lambda}^2)$$

$$G_{\theta\theta} = G_{\phi\phi} \sin(\theta)$$

$$8\pi T_{rt} = -\frac{e^{-\lambda}\dot{\lambda}}{r}$$

Aproximación
Cuasi-Estática...

$$\dot{\lambda}\dot{\nu} - 2\ddot{\lambda} - \dot{\lambda}^2 = -16\pi e^{\nu} \left[rP' + \frac{1}{2}r\nu'(\rho + P) - 2(P_{\perp} - P) \right]$$

$$P' + \frac{1}{2}\nu'(\rho + P) - 2\frac{(P_{\perp} - P)}{r} = 0$$

$$\rho = \frac{m'}{4\pi r^2}$$

$$P = -\frac{m}{4\pi r^3} + \frac{\nu'}{8\pi r} \left(1 - \frac{2m}{r} \right)$$

$$P_{\perp} = \frac{1}{16\pi r} \left[\frac{1}{2} \left(1 - \frac{2m}{r} \right) (2\nu''r + \nu'^2r + 2\nu') - \left(m' - \frac{m}{r} \right) \left(\nu' + \frac{2}{r} \right) \right]$$

$$\omega = -\frac{4\pi r^2 \mathcal{F} + \dot{m}e^{(\lambda-\nu)/2}}{4\pi r^2 (P + \rho)}$$

¿Cómo se comporta la Radiación para el caso de peeling y varias relaciones de cierre?

- Peeling
- Variables de Radiación [4]

Factor de flujo

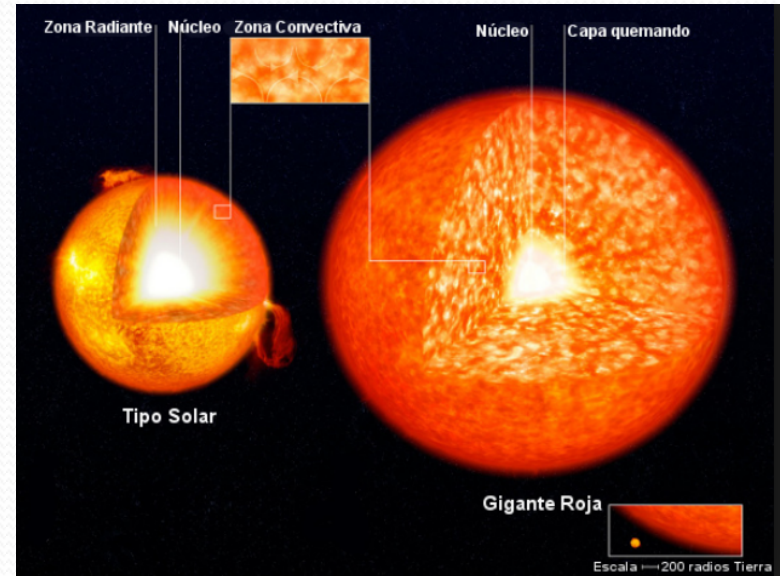
$$f = \frac{\mathcal{F}}{\rho_R}$$

$$0 \leq f \leq 1$$

Factor de Eddington
Variable

$$\chi = \frac{P_R}{\rho_R}$$

$$\frac{1}{3} \leq \chi(f) \leq 1$$



Peeling. <http://simplementeeluniverso.blogspot.com/2013/07/clasificacion-estelar.html>

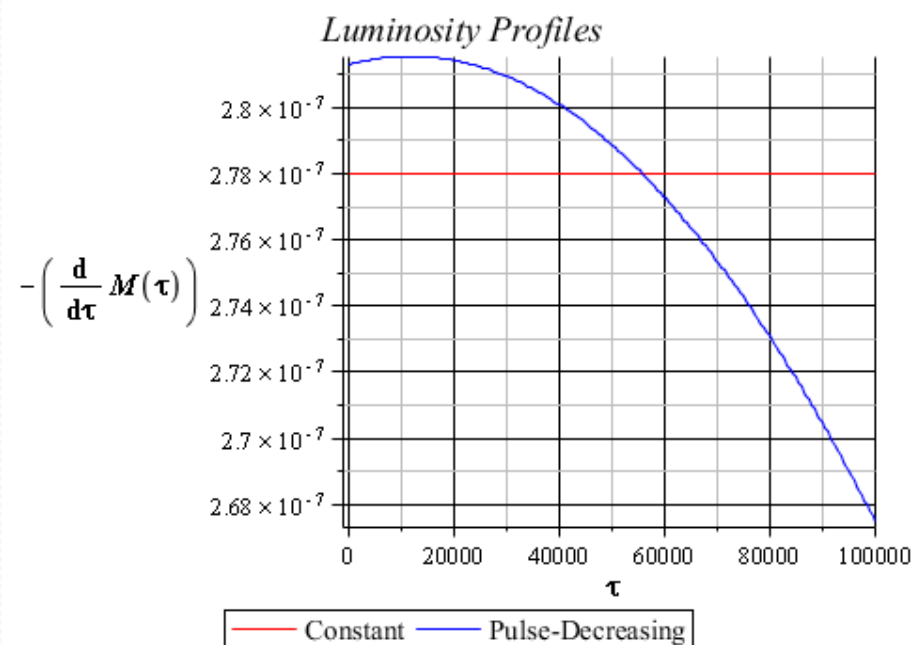
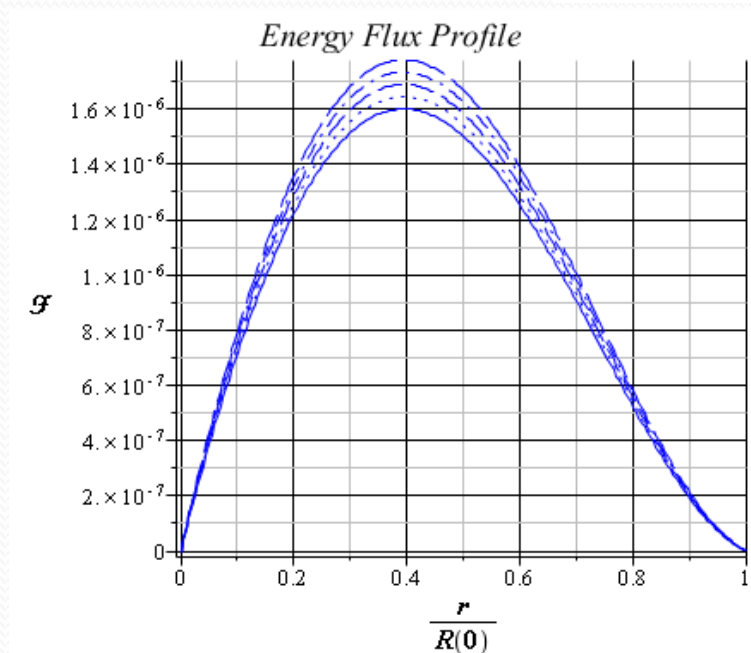
Closure	$\chi(f)$	$\left. \frac{d\chi}{df} \right _{f=1}$	$\left. \frac{d\chi}{df} \right _{f=0}$
<i>Lorentz-Eddington</i> (LE)	$\frac{5}{3} - \frac{2}{3}\sqrt{4 - 3f^2}$	2	0
<i>Bowers-Wilson</i>	$\frac{1}{3}(1 - f + 3f^2)$	$\frac{5}{3}$	$-\frac{1}{3}$
<i>Janka (Monte Carlo)</i> (MC)	$\frac{1}{3}(1 + \frac{1}{2}f^{1.31} + \frac{3}{2}f^{4.13})$	2.28	0
<i>Maximum Packing</i> (MP)	$\frac{1}{3}(1 - 2f + 4f^2)$	2	$-\frac{2}{3}$
<i>Minerbo</i> (Mi)	$\chi(f) = 1 - \frac{2f}{\kappa}$ where $f = \coth \kappa - \frac{1}{\kappa}$	2	0
<i>Levermore-Pomraning</i>	$\chi(f) = f \coth \beta$ where $f = \coth \beta - \frac{1}{\beta}$	1	0

[4] F. Aguirre, L. A. Nunez, T. Soldovieri. Variable Eddington Factor and Radiating Slowly Rotating Bodies in General Relativity. arXiv:gr-qc/0503085. <http://arxiv.org/abs/gr-qc/0503085>

Perfil del Flujo de Energía y de Luminosidad

$$L = -\frac{d}{dt}M(t) = 4\pi R(t)^2 \mathcal{F} \left[1 - \frac{2M(t)}{R(t)} \right]$$

$$R(t) = M(t) \left[1 \pm \left(\sqrt{1 - \frac{\dot{M}(t)}{(M(t))^2 4\pi \mathcal{F}_R}} \right) \right]$$

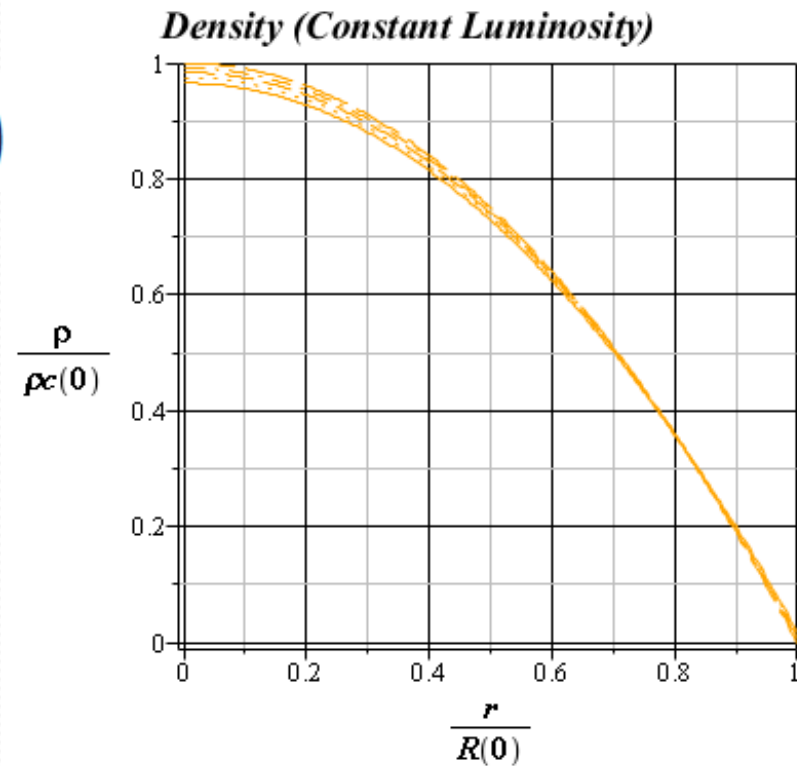


[5] L. Becerra, H. Hernandez, L. A. Nunez. Thermal slow evolution of compact objects. arXiv:1308.3077.
<http://arxiv.org/abs/1308.3077>

Perfil de Densidad y Presión (Florides-Gokhroo-Mehra)

$$P_F(t, r) = P_{c_F}(t) \frac{f_F(t)}{f_F(0)} \left(1 - \frac{2m(r, t)}{r} \right) \left(1 - \frac{g_F(t)r^2}{R^2(t)} \right)$$

$$\rho_F(t, r) = \rho_{c_F}(t) \frac{f_F(t)}{f_F(0)} \left[1 - \frac{f_F(t)r^2}{R^2(t)} \right]$$



- [6] Gokhroo, M K, and A L Mehra. 1994. "Anisotropic Spheres with Variable Energy Density in General Relativity." *General Relativity and Gravitation* 26 (1): 75–84. doi:10.1007/BF02088210.
- [7] H. Hernandez and L. A. Nuñez. Plausible families of compact objects with a nonlocal equation of state. *Can. J. Phys.*, 91:328{336, April 2013.

Fin de la Presentación

Gracias

Condiciones de Acoplamiento y Evolución de la Superficie

Exigiendo
continuidad de
las comp. de T

$$\begin{aligned}(T_{\mu\nu}n^\mu n^\nu)_\Sigma^{(+)} &= (T_{\mu\nu}n^\mu n^\nu)_\Sigma^{(-)} \\ (T_{\mu\nu}n^\mu v^\nu)_\Sigma^{(+)} &= (T_{\mu\nu}n^\mu v^\nu)_\Sigma^{(-)}\end{aligned}$$

$$\mathcal{F} = P = P_M + P_R$$

Exigiendo
continuidad en
las métricas

$$e^{-\lambda_\Sigma} = \left(1 - 2 \frac{M(t)}{R(t)}\right)$$

$$e^{\nu_\Sigma} = \left(1 - 2 \frac{M(t)}{R(t)}\right)$$

$$L = -\frac{d}{dt}M(t) = 4\pi R(t)^2 \mathcal{F} \left[1 - \frac{2M(t)}{R(t)}\right]$$

Luminosidad

$$R(t) = M(t) \left[1 \pm \left(\sqrt{1 - \frac{\dot{M}(t)}{(M(t))^2 4\pi \mathcal{F}}}\right)\right]$$

Evolución de la Frontera de Distribución