

ESTUDIO ANISOTRÓPICO DE UN SISTEMA ACOPLADO POLITROPO—WYMAN IIA



Jorge Gallegos¹, Domenica Quizhpe¹, Julio Andrade¹, Marlon Moscoso-Martínez¹

¹ Facultad de Ciencias; Escuela Superior Politécnica de Chimborazo; Panamericana Sur km 1 1/2; Riobamba-Ecuador

Desacople Gravitacional por deformación geométrica minima extendida

Las EFE vienen dadas por [2, 3]:

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}Rg_{\mu\nu} = \kappa T_{\mu\nu}.$$
 (1)

El interior de un cuerpo estelar compacto se lo modela a través de la siguiente métrica:

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

El sector material efectivo:

$$\kappa \rho = \frac{1}{r^2} - e^{-\lambda} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{\lambda'}{r} \right), \tag{3}$$

$$\kappa p_r = \frac{1}{r^2} - e^{-\lambda} \left(\frac{1}{r^2} + \frac{\nu'}{r} \right), \tag{4}$$

$$\kappa p_t = -\frac{e^{-\lambda}}{4} \left(2\nu'' + \nu'^2 - \lambda'\nu' + 2\frac{\nu' - \lambda'}{r} \right). \tag{5}$$

El GD [8, 9] modifica el $T_{\mu\nu}$:

$$T_{\mu\nu} = T_{\mu\nu}^{(s)} + \alpha\theta_{\mu\nu},\tag{6}$$

Usando la ecuación (6) en el sistema de ecuaciones (3)-(5) obtenemos lo siguiente:

$$\kappa \left(T_0^{0(s)} + \alpha \theta_0^0 \right) = \frac{1}{r^2} - e^{-\lambda} \left(\frac{1}{r^2} - \frac{\lambda'}{r} \right). \tag{7}$$

$$\kappa \left(T_1^{1(s)} + \alpha \theta_1^1 \right) = \frac{1}{r^2} - e^{-\lambda} \left(\frac{1}{r^2} + \frac{\nu'}{r} \right) \tag{8}$$

$$\kappa \left(T_2^{2(s)} + \alpha \theta_2^2 \right) = -\frac{e^{-\lambda}}{4} \left(2\nu'' + \nu'^2 - \lambda'\nu' + 2\frac{\nu' - \lambda'}{r} \right). \tag{9}$$

La introducción de una segunda fuente gravitacional genera anisotropía en el sistema:

$$\Pi \equiv p_t - p_r. \tag{10}$$

Con MGDe, se deforma tanto el componente radial como el temporal del espaciotiempo:

$$\xi \to v = \xi + g,\tag{11}$$

$$e^{-\mu} \to e^{-\lambda} = e^{-\mu} + f,$$
 (12)

Por otro lado, usamos la restricción mímica para la densidad, es decir,

$$\varepsilon \sim \rho^{(s)},$$
 (13)

siendo esta la expresión más simple para $\varepsilon(r)$ que satisface la restricción (13) dada por:

$$\varepsilon(r) = \alpha(K, \Gamma)\rho(r)^{(s)}.$$
 (14)

Politropo y Fluido tipo Wyman lla

• **Politropo:** Es un modelo matemático que usamos para describir cómo se comporta la materia dentro de una estrella. [7, 1, 4, 5].

$$p = K\rho_0^{\Gamma} = K\rho_0^{\frac{n+1}{n}},\tag{15}$$

• Fluido Tipo Wyman IIa: Es una solución exacta de las ecuaciones de Einstein. [10].

$$e^{\xi} = (A - Br^2)^2$$

$$e^{-\mu} = 1 + cr^2(A - 3Br^2)^{-\frac{2}{3}}$$
(16)

Resultados

Las condiciones para este caso son: $B=0,45,\,\kappa=8\pi,\,R=1$ junto con

$$A = c_2 \left(c_3 B R^2 - \frac{c_4 \sqrt{R - 2M}}{\sqrt{R}} \right), \tag{17}$$

$$c = -\frac{2M\left(A - 3BR^2\right)^{2/3}}{R^3\left(\mathbf{K}^{\frac{1}{n}+1} + 1\right)}.$$
 (18)

Se maneja un n=0.5 que modela estrellas de neutrones y en las ilustraciones observamos que K=0.43 es la línea azul, K=0.44 es la línea negra y K=0.47 es la línea roja. Para la verificación del modelo este debe cumplir con las condiciones de aceptabilidad física [6]

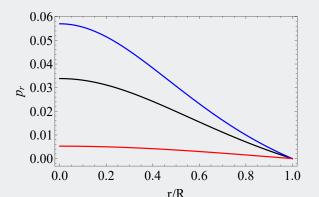


Figura 1. Presión radial para diferentes valores de ${\cal K}$

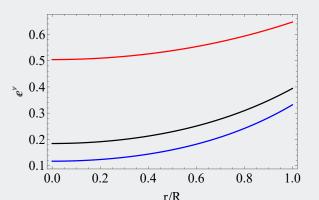


Figura 4. Métrica temporal para diferentes valores de K

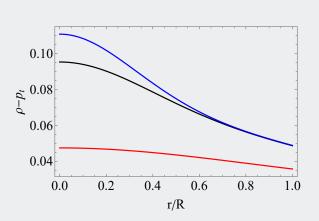


Figura 7. Energía dominante (II)

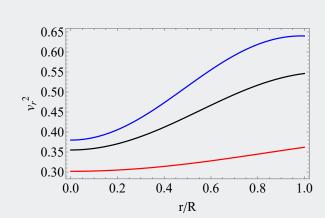


Figura 10. Velocidad radial

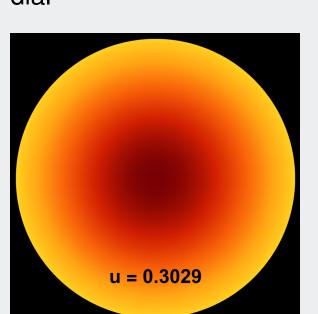


Figura 13. Anisotropía para K=0.43

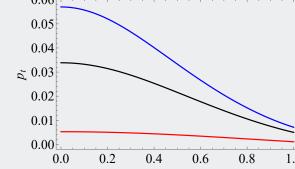


Figura 2. Presión tangencial para diferentes valores de K

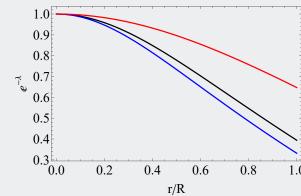


Figura 5. Métrica radial para diferentes valores de K

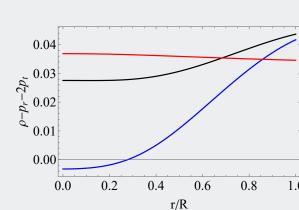


Figura 8. Condición de energía fuerte (II)

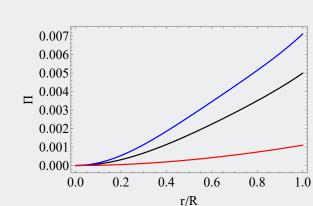


Figura 11. Anisotropía

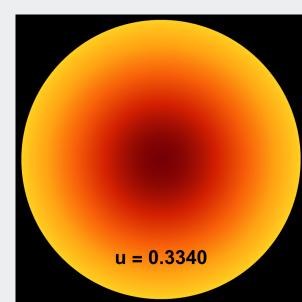


Figura 14. Anisotropía para K=0.44

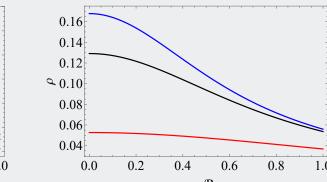


Figura 3. Densidad de energía para diferentes valores de K

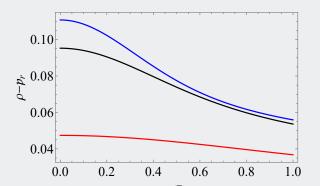


Figura 6. Energía dominante (I)

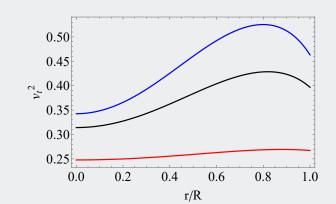


Figura 9. Velocidad tangencial

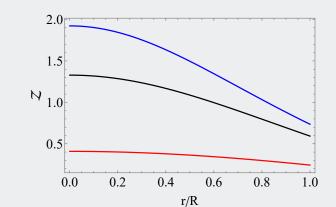


Figura 12. Factor de redshift Z(r)

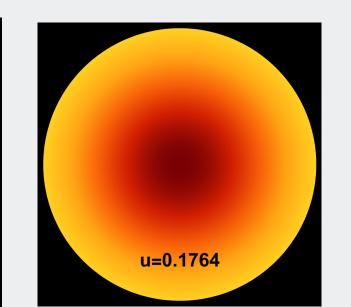


Figura 15. Anisotropía para K=0.47

Referencias



[1] G Abellán, E Fuenmayor, and L Herrera. "The double polytrope for anisotropic matter: Newtonian Case". In: *Physics of the Dark Universe* 28 (2020), p. 100549.

[2] Albert Einstein. "Die Feldgleichungen der Gravitation". In: *Annalen Der Physik* (1915). DOI: 10.1002/3527608958.ch5. URL: https://doi.org/10.1002/3527608958.ch5.

[3] Albert Einstein. "Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie". In: *Annalen Der Physik* (1916). DOI: 10.1002/andp. 19163540702. URL: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/andp.19163540702.

[4] L Herrera and W Barreto. "Newtonian polytropes for anisotropic matter: General framework and applications". In: *Physical Review D—Particles, Fields, Gravitation, and Cosmology* 87.8 (2013), p. 087303.

[5] G. P. Horedt. *Polytropes: Applications in Astrophysics and Related Fields*. 1st ed. Astrophysics and Space Science Library. Springer Dordrecht, 2004, pp. VIII, 724. ISBN: 978-1-4020-2350-7. DOI: 10.1007/1-4020-2351-0.

EDOI: 10.1007/1-4020-2351-0.

[6] B. V. Ivanov. "Analytical study of anisotropic compact star models". In: *The European Physical Journal C* 77.11 (Sept. 2017), p. 738. ISSN: 1434-6052. DOI: 10.1140/epjc/s10052-017-5322-

7. URL: https://doi.org/10.1140/epjc/s10052-017-5322-7.
[7] Rudolf Kippenhahn, Alfred Weigert, and Achim Weiss. *Stellar structure and evolution*. Vol. 192. Springer, 1990.
[8] J. Ovalle. "Decoupling gravitational sources in general relativity: The extended case". In: *Physics Letters B* 788 (2019), pp. 213–218.

ISSN: 0370-2693. DOI: https://doi.org/10.1016/j.physletb. 2018.11.029. URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0370269318308700.

[9] Jorge Ovalle. "Decoupling gravitational sources in general relativity: From perfect to anisotropic fluids". In: *Phys. Rev. D* 95 (10 May 2017), p. 104019. DOI: 10.1103/PhysRevD.95.104019. URL:

https://link.aps.org/doi/10.1103/PhysRevD.95.104019. [10] Max Wyman. "Schwarzschild interior solution in an isotropic coordinate system". In: *Physical Review* 70.1-2 (1946). Cited by: 12, pp. 74–76. DOI: 10.1103/PhysRev.70.74. URL: https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-33244488618&doi=10.1103%2fPhysRev.70.74&partnerID=