



# Estrellas de neutrones en la teoría generalizada de Proca $SU(2)$

Jhan Nicolás Martínez Lobo  
Director: Yeinzon Rodríguez García  
CoDirector: José Fernando Rodríguez

#LaUISqueQueremos



Universidad  
Industrial de  
Santander





# Resumen



Universidad  
Industrial de  
Santander

La teoría generalizada de Proca  $SU(2)$  busca ser la teoría clásica de la gravedad, y para ello se ha probado que reproduce inflación y expansión tardía. De otra parte dicha teoría debe reproducir también, las observaciones a escalas astrofísicas en el régimen de campo fuerte obtenidas recientemente.



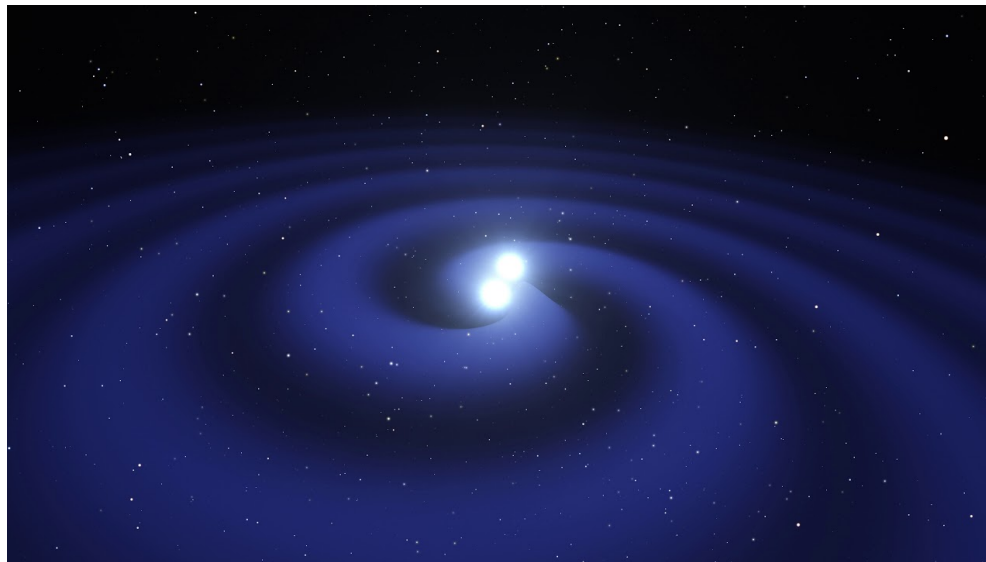
Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)



# GW170817 y GRB170817A

$d \approx 40 \text{ Mpc}$ ,



Universidad  
Industrial de  
Santander

B. P. Abbott et al., Phys. Rev. Lett., 2017.

B. P. Abbott et al., Astrophys. J., 2017.

B. P. Abbott et al., Astrophys. J., 2017.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)





# GW170817 y GRB170817A



Universidad  
Industrial de  
Santander

$$R < 13.5 \text{ km},$$

$$M_{max} \lesssim 2.17 M_{\odot},$$

$$M = 2.14^{+0.10}_{-0.09} M_{\odot},$$

$$M = 2.01 \pm 0.04 M_{\odot},$$

B. P. Abbott et al., Phys. Rev. Lett., 2018.  
B. Margalit et al., Astrophys. J., 2017.  
H. Cromartie et al., Nat. Astron., 2019.  
J. Antoniadis et al., Science, 2013.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)

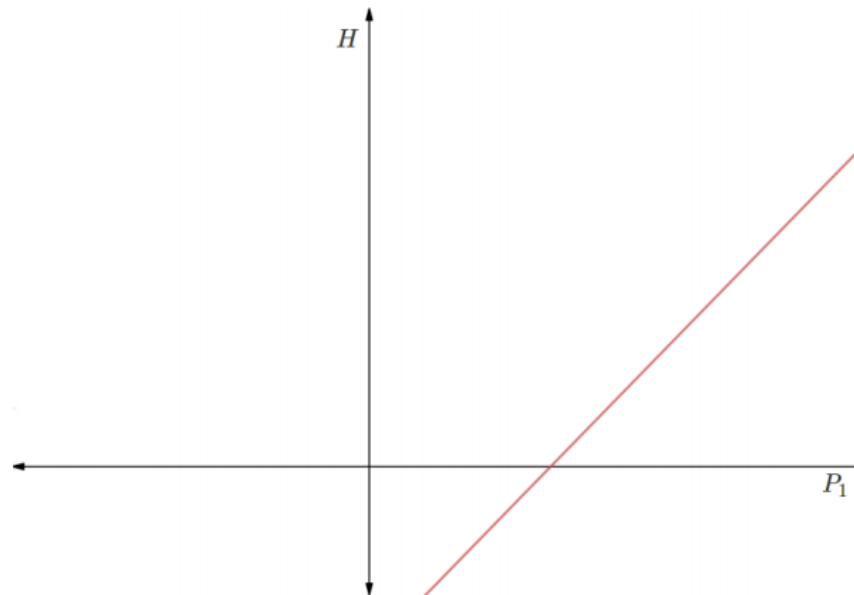




# Inestabilidad de Ostrogradski



Universidad  
Industrial de  
Santander



M. Ostrogradski, Mem. Ac. St. Petersburg, 1850.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)





# Teoría generalizada de Proca SU(2)



Universidad  
Industrial de  
Santander

$$S = \int \left[ \frac{M_p^2}{2} R - \frac{1}{4} F_{\mu\nu}^a F_a^{\mu\nu} + \frac{1}{2} m^2 A_a^\mu A_\mu^a + \sum_{N=2}^4 \mathcal{L}_{N,A}^{Gal} + \sum_{m=1}^5 \mathcal{L}_{Curv,A}^{Gal} \right] \sqrt{-g} d^4 x,$$

$$\mathcal{L}_{Curv,1,A}^{Gal} \equiv f_1^{Curv} G_{\mu\nu} A_a^{\mu a} A_a^\nu,$$

$$\mathcal{L}_{Curv,2,A}^{Gal} \equiv f_2^{Curv} L_{\mu\nu\rho\sigma} F_a^{\mu\nu a} F_a^{\rho\sigma},$$

$$\mathcal{L}_{Curv,3,A}^{Gal} \equiv f_3^{Curv} \epsilon_{abc} L_{\mu\nu\rho\sigma} F_a^{\mu\nu a} A^{\rho b} A^{\sigma c},$$

$$\mathcal{L}_{Curv,4,A}^{Gal} \equiv f_4^{Curv} L_{\mu\nu\rho\sigma} A_a^{\mu a} A_a^\nu A^{\rho b} A_b^\sigma,$$

$$\mathcal{L}_{2,A}^{Gal} \equiv f_2(A_\mu^a, F_{\mu\nu}^a, \tilde{F}_{\mu\nu}^a),$$

$$\mathcal{L}_{3,A}^{Gal} \equiv 0,$$

$$L^{\mu\nu\alpha\beta} = -\frac{1}{2} \epsilon^{\mu\nu\rho\sigma} \epsilon^{\alpha\beta\gamma\delta} R_{\rho\sigma\gamma\delta},$$

E. Allys et al., Phys. Rev. D, 2016.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)





# Teoría generalizada de Proca SU(2)



Universidad  
Industrial de  
Santander

$$S = \int \left[ \frac{M_p^2}{2} R - \frac{1}{4} F_{\mu\nu}^a F_a^{\mu\nu} + \frac{1}{2} m^2 A_a^\mu A_\mu^a + \sum_{N=2}^4 \mathcal{L}_{N,A}^{Gal} + \sum_{m=1}^5 \mathcal{L}_{Curv,A}^{Gal} \right] \sqrt{-g} d^4 x,$$

$$\begin{aligned} \mathcal{L}_{4,A}^{Gal} \equiv & f_4^1 \left\{ (A_b \cdot A^b) \left[ (\nabla \cdot A_a)(\nabla \cdot A^a) - (\nabla_\mu A_a^\nu)(\nabla^\mu A_\nu^a) - \frac{1}{4}(A_a \cdot A^a)R \right] \right. \\ & \left. + 2(A_a \cdot A_b) \left[ (\nabla \cdot A^a)(\nabla \cdot A^b) - (\nabla_\mu A^{\nu a})(\nabla^\mu A_\nu^b) - \frac{1}{4}(A^a \cdot A^b)R \right] \right\} \\ & + f_4^2 \left\{ (A_a \cdot A_b) \left[ (\nabla \cdot A^a)(\nabla \cdot A^b) - (\nabla_\mu A^{\nu a})(\nabla^\mu A_\nu^b) - \frac{1}{4}(A^a \cdot A^b)R \right] \right. \\ & \left. + (A^{\mu a} A^{\nu b}) \left[ (\nabla_\mu A_a^\alpha)(\nabla_\nu A_{\alpha b}) - (\nabla_\nu A_a^\alpha)(\nabla_\mu A_{\alpha b}) + \frac{1}{2} A_a^\rho A_b^\sigma R_{\mu\nu\rho\sigma} \right] \right\} \\ & + f_4^3 \tilde{G}_{\mu\sigma}^b A_a^\mu A_{\alpha b} S^{\alpha\sigma a}, \end{aligned}$$

$$F_{\mu\nu}^a \equiv \nabla_\mu A_\nu^a - \nabla_\nu A_\mu^a + g\epsilon^a_{bc} A_\mu^b A_\nu^c, S_{\mu\nu}^a \equiv \nabla_\mu A_\nu^a + \nabla_\nu A_\mu^a,$$

E. Allys et al., Phys. Rev. D, 2016.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)





# Perfil del campo vectorial



Universidad  
Industrial de  
Santander

$$A^{(0)} = \frac{\tau^j}{2e} \left\{ A_0 \frac{x_j}{r} dt + A_1 \frac{x_j x_k}{r^2} dx_k + \frac{\phi_1}{r} \left( \delta_{ij} - \frac{x_i x_j}{r^2} \right) dx_k - \epsilon_{ijk} \frac{1 - \phi_2}{r^2} x_k dx_l \right\},$$

$$ds^2 = -T^{-2} dt^2 + (1 - 2m/r)^{-2} dr^2 + r^2 (d\theta^2 + \sin^2 \theta d\varphi^2),$$

E. Witten, Phys. Rev. Lett., 1977.  
S. Weinberg, John Wiley & Sons, 1972.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)





# Fase 1

$$\mathcal{L} = -R + F_{\mu\nu}^a F_{\mu\nu}^a,$$

Solve[{Ec3, Ec2, Ec}, {Y[x], Λ[x], V''[x]}]

|resuelve

$$\left\{ \left\{ \begin{aligned} Y[x] &\rightarrow -\frac{Y[x] (-1 + 2V[x]^2 - V[x]^4 + 2x\Lambda[x] + 2x^2V'[x]^2 - 4x\Lambda[x]V'[x]^2)}{2x^2(x - 2\Lambda[x])}, \\ \Lambda'[x] &\rightarrow -\frac{-1 + 2V[x]^2 - V[x]^4 - 2x^2V'[x]^2 + 4x\Lambda[x]V'[x]^2}{2x^2}, \quad V''[x] \rightarrow -\frac{xV[x] - xV[x]^3 - V'[x] + 2V[x]^2V'[x] - V[x]^4V'[x] + 2x\Lambda[x]V'[x]}{x^2(x - 2\Lambda[x])} \end{aligned} \right\} \right\}$$

R. Bartnik and J. McKinnon, Centre for Mathematical Analysis, 1988.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)



Universidad  
Industrial de  
Santander



# Fase 1



Universidad  
Industrial de  
Santander

$$2m = 4b^2r^3 + \frac{16}{5}b^3r^5 + O(r^7),$$
$$w = 1 + br^2 + \left(\frac{4}{5}b^3 + \frac{3}{10}b^2\right)r^4 + o(r^6),$$

R. Bartnik and J. McKinnon, Centre for Mathematical Analysis, 1988.

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)



# Fase 1



Universidad  
Industrial de  
Santander

$$\mathcal{L} = -R + F_{\mu\nu}^a F_a^{\mu\nu} + f_1 A_a^\mu A_\mu^a + f_2 G_{\mu\nu} A_a^\mu A^{\nu a},$$

0	0	0	0
0	0	$-\frac{f_2 \cot(\vartheta) (\cot(\vartheta)^2 - 2 \csc(\vartheta)^2)}{r^3}$	0
0	$-\frac{f_2 \cot(\vartheta) (\cot(\vartheta)^2 - 2 \csc(\vartheta)^2)}{r^3}$	0	0
0	0	0	0

ab

Somos **el mejor** escenario  
de creación e innovación.

[www.uis.edu.co](http://www.uis.edu.co)



Universidad  
Industrial de  
Santander

#LaUISqueQueremos

# ¡Gracias!

