

Curvas de rotación como pruebas a gravedad modificada

Resumen

En la actualidad el problema de la masa faltante en las curvas de rotación galácticas, tiene dos ideas enfrentadas: por un lado, suponer que existe una materia que no interactúa electromagnéticamente, pero sí gravitacionalmente, la cual recibe el nombre de materia oscura (Cold Dark Matter - CDM) [12] y por otro lado, creer que es necesario realizar alguna modificación a las leyes que describen el movimiento (Modificate of Newtonian Dynamics -MOND) [10][5]. Sin embargo, desde hace ya un tiempo han comenzado a surgir otras teorías alternativas, como teorías $f(R)$ [7], teorías de espacios tiempos multifraccionales [4], entre muchas otras. Las cuales quieren dar respuesta a la fenomenología observada, aceptando o negando alguna de las dos consideraciones anteriores.

Debido a la gran cantidad de modelos existentes, la presente investigación encuentra su motivación al estudiar un tipo particular de propuesta, donde no se descarta la materia oscura pero se reduce la cantidad necesaria para reproducir la curva de rotación galáctica [1]. Esto se logra, al adicionar una interacción materia bariónica - materia oscura tipo potencial tipo Yukawa. Es decir, para esta idea el potencial total que actúa sobre los bariones, se describiría como $\phi = \phi_N + \beta\phi_Y$, donde ϕ_N es el potencial Newtoniano usual descrito por la ecuación Poisson:

$\nabla^2\phi_N = 4\pi G(\rho_B + \rho_D)$ Perola contribución de Yukawa, obedece la ecuación de Helmholtz modificada: $(\nabla^2 - \lambda^{-2})\phi_Y = 4\pi G\rho_D$ Donde ρ_D es la distribución de densidad de materia oscura. El parámetro β mide la fuerza de esta interacción, mientras que el segundo parámetro λ , determina el rango. En concreto, toda la componente de materia oscura actuando sobre los bariones se describiría como: $\Phi_D(\mathbf{x}) = -G \int \frac{\rho_D(\mathbf{x}')}{|\mathbf{x}-\mathbf{x}'|} (1 + \beta e^{-|\mathbf{x}-\mathbf{x}'|/\lambda}) d^3\mathbf{x}'$ Para analizar la validez de esta propuesta, se seleccionó el potencial NFW [11] y adicionalmente, se tomaron las

En cuando al manejo de los datos, cada curva de rotación debe pasar por un proceso de ajuste, es decir, se debe estimar la cantidad de masa presente en dicho objeto. Para ello se emplea la estadística Bayesiana, la cual, a través del proceso MCMC genera un estimativo de la masa, este resultado debe ser contrastado con la literatura [9][2][3]. Una vez ajustada la curva, se vuelve a repetir el proceso pero incluyendo el potencial de Yukawa. Evidenciando con ello, como modifica la cantidad de materia oscura necesaria para adecuarse a la curva de rotación.

Tomando la galaxia NGC2403 como dato de prueba, se ha logrado obtener un estimativo de $\lambda = (2.35^{+0.250}_{-0.247}) kpc$ $\beta = 1.888^{+0.295}_{-0.202}$. Resultado que es relevante, por dos motivos: primero, desde la estadística se puede

Referencias

- [1] A. Almeida, L. Amendola, and V. Niro. "Galaxy rotation curves in modified gravity models". In: Journal of Cosmology and Astroparticle Physics JCAP 012 (2018), pp. 1–22. doi: <https://doi.org/10.1088/1475-7516/2018/08/012>.
- [2] Michael Casallas. Curvas de rotación de galaxias de bajo brillo superficial con la base SPARC. Bachelor Thesis. Universidad Nacional de Colombia 2022.
- [3] Juan Camilo Torres. Estudio de la razón Materia Bariónica - Materia Oscura con curvas de rotación galáctica. Bachelor Thesis. Universidad Nacional de Colombia 2020.
- [4] G. Calcagni and G.U. Variaschi. "Gravitational potential and galaxy rotation curves in multifractional spacetimes". In: J. High Energy. Phys. 4 (2022). doi: [https://doi.org/10.1007/JHEP08\(2022\)024](https://doi.org/10.1007/JHEP08(2022)024).
- [5] B. Famaey and S. McGaugh. "Modified Newtonian Dynamics (MOND): Observational Phenomenology and Relativistic Extensions". In: Living Rev. Relativ 015 (2012). doi: <https://doi.org/10.12942/lrr-2012-10>.
- [6] Andrés Granados et al. "GalRotpy: a tool to parametrize the gravitational potential of disc-like galaxies". In: New Astronomy 82 (2021), p. 101456. issn: 1384-1076. doi: <https://doi.org/10.1016/j.newast.2020.101456>. url: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1384107619301526>.
- [7] Luisa Ostorero Ivan De Martino Antonaldo Diaferio. "Dynamics of dwarf galaxies in f(R) gravity". In: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society 519 (3 2023), pp. 4424–4433. doi:

<https://doi.org/10.1093/mnras/stad010>.

[8] F. Lelli., S. McGaugh., and J. Schombert. “SPARC: Mass Models for 175 disk Galaxies with Spitzer Photometry and Accurate Rotation Curves”. In: *Astro-Physycal Journay* 152 (Nov. 2016), p. 157.

[9] Itamar López. “Reconstrucción de los perfiles de masa en galaxias de disco con base en sus propiedades de lente gravitacional y curvas de rotación”. MA thesis. Universidad Nacional de Colombia, 2020.

[10] M. Milgrom. “A modification of the newtonian dynamics as a possible alternative to the hidden mass hypothesis”. In: *Astrophysycal Journal* 270 (1983), pp. 365–370. doi: <https://doi.org/10.1086/161130>.

[11] J. Navarro., C. Frenk., and S. White. “A univeral denisty profile from hierarchical clustering”. In: *The AstroPhysical Journay* 490 (Dec. 1997), pp. 493–507. doi: <https://doi.org/10.1086/304888>.

[12] V. Rubin, W.Ford, and N. Thonnard. “Rotatona properties of 21 Sc Galaxies with large range of luminosities and radii, from NGC4605 ($R = 4\text{kpc}$) to UGC2885 ($R = 122\text{kpc}$)”. In: *The Astrophysical Journal*.238 (1980), pp. 471–487. doi: <https://doi.org/10.1086/158003.2>

Nivel de formación

Maestría

Autores primarios: TORRES ROJAS, Juan Camilo (Estudiante); Dr. TORRES, Leonardo (Docente)

Presentador: TORRES ROJAS, Juan Camilo (Estudiante)

Clasificación de la sesión: Posters