

VOZES DIVERSAS

DIFERENTES SABERES



SALÃO DE
INICIAÇÃO CIENTÍFICA
XXX SIC

15 A 19
OUTUBRO
CAMPUS DO VALE



Modelos viáveis de matéria escura em física de partículas e sua relação com dados observacionais cosmológicos

Aluno: Alexandre Andreas Prieto Sauerwein
Orientador: Magno Valério Trindade Machado

Introdução

A compreensão e o estudo de matéria escura é sem dúvidas um dos principais problemas abertos na física atualmente. Dessa forma, neste trabalho foi desenvolvido um estudo teórico acerca das propriedades fenomenológicas de candidatos a matéria escura, utilizando-se de modelos atuais de físicas de partículas no contexto de modelos cosmológicos da evolução do Universo.

Pouco se sabe a respeito da natureza das partículas que compõem o que chamamos de matéria escura. Sabemos de sua existência pois uma série de dados observacionais (curvas de rotações de galáxias, anisotropias na radiação cósmica de fundo, etc) indicam a existência de uma interação gravitacional (ou seja, massa) pela qual a massa bariônica conhecida (estrelas, neutrinos, gás interestelar) é insuficiente para ser responsável. Como nenhuma detecção direta ainda não foi observada, assume-se que todo candidato a matéria escura não interage por meio de campos eletromagnéticos e sua correspondente interação com a matéria bariônica deve ser apenas gravitacional.

Neste trabalho, a partir de uma extensão do Modelo Padrão de física de partículas - o modelo supersimétrico (MSSM) -, investigou-se a possibilidade do candidato a matéria escura ser um WIMP (em inglês, weakly interacting massive particle), isto é, uma partícula massiva que interage fracamente.

Metodologia

Para uma descrição do Universo em escala astrofísica, devemos utilizar Relatividade Geral, onde as Equações de Einstein relacionam a geometria do Universo - representada pelo tensor da métrica - e a energia dos objetos que o compõem, representada pelo tensor de energia-momento, no lado direito da equação:

$$G_{\mu\nu} \equiv R_{\mu\nu} - \frac{1}{2}g_{\mu\nu}\mathcal{R} = 8\pi GT_{\mu\nu}$$

Fortes evidências observacionais indicam que o Universo está em expansão. Com isso, é útil introduzir o fator de escala a ao qual as distâncias físicas entre objetos são proporcionais. Ou seja, se dois objetos se encontram inicialmente ($t=0$) a uma distância r , no tempo t eles estarão separados a uma distância $r(t) = a(t)r(t=0)$.

Assumindo um Universo plano, a componente 00 das Equações de Einstein implica que:

$$\frac{H^2(t)}{H_0^2} = \frac{\rho}{\rho_{cr}}, \quad \rho_{cr} \equiv \frac{3H_0^2}{8\pi G}$$

Onde H é a constante de Hubble, definida como a razão entre a derivada temporal do fator de escala e o fator de escala, enquanto que ρ é a densidade de energia. H_0 é o valor de $H(t)$ no tempo atual.

Para alguma espécie i , é conveniente definir a quantidade adimensional $\Omega_i \equiv \frac{\rho_i}{\rho_{cr}}$. Através de dados observacionais e cosmológicos, temos que para a matéria escura (dark matter), $\Omega_{dm} \approx 0.3$.

Por outro lado, toda partícula deve obedecer à equação de Boltzmann, que basicamente corresponde a um balanço de espécies: a taxa com que a abundância de uma dada partícula varia é a diferença entre as taxas com que se produz e elimina esta partícula. Sob algumas aproximações, a equação de Boltzmann para duas partículas massivas X aniquilando-se em duas partículas pouco massivas torna-se:

$$a^{-3} \frac{d(n_X a^3)}{dt} = \langle \sigma v \rangle \left[(n_X^{(0)})^2 - n_X^2 \right]$$

Onde n é a densidade de número e $\langle \sigma v \rangle$ é a média tomada sobre a temperatura da seção de choque do processo. É possível obter Ω_{dm} via a equação de Boltzmann [1]. Para que obtenhamos um valor próximo de 0.3, a seção de choque deve ser da ordem de 10^{-39} cm^2 . Ou seja, para que uma partícula seja um bom candidato para matéria escura, é preciso que as seções de choque desta partícula sejam dessa ordem de grandeza, a fim de estar de acordo com as observações cosmológicas.

Resultados e Conclusão

Um modelo que possui partículas com seções de choque dessa magnitude é o MSSM, uma teoria na qual toda partícula possui um parceiro com estatística oposta. A partícula deve ser neutra, massiva (pois ainda não foi observada nos aceleradores) e estável. A partícula que satisfaz tais condições no modelo supersimétrico é a LSP (lightest supersymmetric partner).

Assim, implementou-se o código micrOmegas para se obter a seção de choque e outros parâmetros deste WIMP via Monte Carlo para verificar se este candidato a matéria escura é compatível com dados observacionais e constatou-se que de fato a LSP é um bom candidato para partícula de matéria escura.

Futuras análises com outros modelos possíveis para candidatos a matéria escura podem ser implementadas de maneira semelhante. O próprio código micrOmegas conta com outros 7 modelos de física de partículas, entre eles o LHM (Little Higgs Model), IDM (Inert Doublet Model), Z3IDM (Inert Doublet Model with Z3 Symmetry).

Referências

- [1] Dodelson, S. (n.d.). *Modern cosmology*. Amsterdam: Academic Press.
- [2] Ryden, Barbara. *Introduction to Cosmology*. Pearson, 2014.
- [3] Jungman, G., Kamionkowski, M., & Griest, K. (1996). Supersymmetric dark matter. *Physics Reports*, 267(5-6), 195-373.