

# Candidatos a Materia Oscura

April 19, 2025

## 1 WIMPs (Weakly Interacting Massive Particles)

Las WIMPs son partículas hipotéticas masivas que interactúan débilmente con la materia ordinaria. Son predichas en teorías como la supersimetría, donde el neutralino podría ser la partícula supersimétrica más ligera y estable.

El mecanismo de congelamiento térmico describe cómo la densidad relicta de WIMPs se establece a través de la ecuación de Boltzmann:

$$\frac{dn}{dt} + 3Hn = -\langle\sigma v\rangle(n^2 - n_{\text{eq}}^2), \quad (1)$$

donde  $n$  es la densidad numérica de WIMPs,  $H$  es la constante de Hubble y  $\langle\sigma v\rangle$  es la sección eficaz de aniquilación.

## 2 Axiones

Los axiones son partículas ultraligeras postuladas para resolver el problema de la violación CP en la cromodinámica cuántica (QCD). Su lagrangiano de acoplamiento con el electromagnetismo es:

$$\mathcal{L}_{\text{axión}} = \frac{a}{f_a} \frac{g^2}{32\pi^2} F_{\mu\nu} \tilde{F}^{\mu\nu}. \quad (2)$$

## 3 Neutrinos Estériles

Los neutrinos estériles son neutrinos hipotéticos que no interactúan con el Modelo Estándar excepto gravitacionalmente. Su densidad de energía relicta está dada por:

$$\Omega_{\nu_s} h^2 = \frac{m_{\nu_s}}{94 \text{ eV}}. \quad (3)$$

## 4 Agujeros Negros Primordiales (PBHs)

Los PBHs podrían haber surgido en el universo temprano debido a fluctuaciones de densidad. Su masa está determinada por la escala de Hubble en el momento de formación:

$$M_{\text{PBH}} \approx \frac{c^3}{G} \frac{1}{H(T)}. \quad (4)$$

## 5 Fótons Oscuros

Los fotones oscuros son bosones gauge asociados a un grupo  $U(1)$  oculto, con un acoplamiento cinético con el fotón ordinario:

$$\mathcal{L} = -\frac{1}{4} F'_{\mu\nu} F'^{\mu\nu} + \frac{\epsilon}{2} F_{\mu\nu} F'^{\mu\nu}. \quad (5)$$

## 6 Q-Balls

Los Q-balls son soluciones solitónicas en teorías supersimétricas que podrían ser estables y formar materia oscura. Su energía está relacionada con su carga  $Q$ :

$$E \sim Q^{4/3}. \quad (6)$$

## 7 Gravitinos

Los gravitinos son fermiones supersimétricos asociados al gravitón. Su densidad relicta es:

$$\Omega_{3/2} h^2 \sim \left( \frac{m_{3/2}}{100 \text{ eV}} \right). \quad (7)$$

## 8 Campos escalares ultraligeros

Estos campos oscilan a escalas cósmicas y forman estructuras coherentes en el universo. Se describen por la ecuación de Klein-Gordon:

$$\ddot{\phi} + 3H\dot{\phi} + m^2\phi = 0. \quad (8)$$

## 9 Partículas de Kaluza-Klein

En teorías con dimensiones extra, se predicen excitaciones de Kaluza-Klein de partículas conocidas. Estas pueden ser estables y constituir materia oscura. Su masa está dada por:

$$m_{KK} = \frac{n}{R}, \quad (9)$$

donde  $R$  es el radio de compactificación de la dimensión extra.

## 10 Partículas Autointeractivas (SIDM)

La materia oscura con auto-interacción (SIDM) resuelve problemas de la estructura galáctica. Su sección eficaz satisface:

$$\sigma/m \sim 0.1 - 10 \text{ cm}^2/\text{g}. \quad (10)$$

## 11 WIMPzillas

Son partículas extremadamente masivas ( $m \sim 10^{12} \text{ GeV}$ ) que podrían haberse producido por procesos fuera del equilibrio térmico en el universo temprano.

## 12 Campos Vectoriales Ocultos

Estos modelos incluyen bosones vectoriales masivos asociados con nuevos sectores de interacción, que pueden formar materia oscura coherente.

## 13 Monopolos Magnéticos

Los monopolos magnéticos, predichos en teorías de gran unificación, pueden formar materia oscura si su densidad relictas es lo suficientemente baja para no ser excluida por restricciones cosmológicas.