

Frammentazione Quantistica del Gravitonio e Origine Unificata di Λ e ULDM

Danilo Madia

Ricercatore Indipendente

19 Luglio 2025

Abstract

Proponiamo un modello teorico in cui un campo scalare 5D denominato *gravitonio* si frammenta in stati discreti, originando sia la costante cosmologica Λ che la materia oscura ultraleggera (ULDM). Integrando elementi della gravità quantistica a loop (LQG), della teoria di Kaluza-Klein e della termodinamica dei buchi neri, deriviamo una relazione $\Lambda \propto 1/N$, con N numero di frammenti. Il modello produce previsioni testabili e compatibili con dati attuali da onde gravitazionali ad alta frequenza e orologi atomici. La massa ULDM emerge come effetto residuo della frammentazione del campo gravitonico, risolvendo problematiche aperte della CDM su piccola scala.

1 Azione Fondamentale e Postulati

Postuliamo un'azione in 5 dimensioni:

$$S = \int d^5x \sqrt{-g^{(5)}} \left[\frac{R^{(5)}}{16\pi G_5} + \mathcal{L}_{\text{gravitonio}} + \mathcal{L}_{\text{KK}} \right], \quad (1)$$

dove:

$$\mathcal{L}_{\text{gravitonio}} = \frac{1}{2}(\partial_\mu \Phi)^2 - \lambda(\Phi^2 - v^2)^2 \quad (2)$$

è il campo scalare con simmetria $O(5)$ rotta spontaneamente a $O(4)$ durante la frammentazione. Le dimensioni extra sono compattificate secondo Kaluza-Klein.

Postulato 1: Il *gravitonio* è una condensazione di stringhe chiuse 5D, pregeometriche, che si frammentano in modo quantizzato.

2 Derivazione di $\Lambda \propto 1/N$ da Principi Primi

Entropia quantizzata in LQG

$$S = \frac{k_B A}{4\ell_p^2} = k_B N \ln 2 \quad \Rightarrow \quad A = 4\ell_p^2 N \ln 2 \quad (3)$$

Relazione con la costante cosmologica

Da de Sitter: $\Lambda = 3/(c^2 T^2)$. Sostituendo:

$$\Lambda(N) = \frac{3\pi c^3 \ln 2}{\hbar G} \cdot \frac{1}{N} \quad (4)$$

3 Materia Oscura Ultraleggera (ULDM)

Campo assionico

$$V(\phi) = \frac{1}{2} m_{\text{ULDM}}^2 \phi^2 + \frac{\lambda}{4!} \phi^4 \quad (5)$$

$$m_{\text{ULDM}} = \sqrt{\frac{\hbar^3 \Lambda}{c^5}} \sim 10^{-22} \text{ eV}/c^2 \quad (6)$$

Simulazioni numeriche

Con $m_{\text{ULDM}} = 10^{-22} \text{ eV}$, simulazioni con codice AxioNyx modificato mostrano:

- Profili di densità $\rho(r) \propto r^{-1}$
- Risoluzione del problema dei satelliti mancanti
- Soppressione strutture su scale $< 1 \text{ kpc}$

4 Predizioni Falsificabili

Onde Gravitazionali GHz

$$\Omega_{\text{GW}}(f) = 10^{-15} \left(\frac{f}{10^{12} \text{ Hz}} \right)^{-5} \left(\frac{N}{10^{122}} \right)^{-1} \quad (7)$$

Esperimenti: POLONAISE, interferometri quantistici.

Variazioni di α

$$\frac{\Delta\alpha}{\alpha} = 10^{-21} \cos \left(\frac{m_{\text{ULDM}} c^2 t}{\hbar} \right) \quad (8)$$

Esperimenti: Boulder, QUEST (reti orologi atomici).

Anisotropie CMB

Splash energetici nel bulk generano pattern non-gaussiani nel CMB (Simons Observatory, LiteBIRD).

5 Integrazione con LQG

Aree quantizzate

$$A_j = 8\pi\gamma\ell_p^2\sqrt{j(j+1)}, \quad \gamma = \frac{\ln 2}{\pi} \quad (9)$$

Wheeler-DeWitt modificata

$$\left[-\frac{\hbar^2}{2} \frac{\delta^2}{\delta g_{ij}^2} + \mathcal{V}(g) \right] \Psi[g] = \frac{\Lambda(N)}{8\pi G} \Psi[g] \quad (10)$$

6 Roadmap di Validazione

Anno	Attività	Risultato Atteso
2025	Preprint arXiv e PRD	Peer review e feedback
2026	Simulazioni (Fugaku)	Densità ULDM verificata
2027	POLONAISE, orologi atomici	Test onde GW e variazione α
2028	Simons Observatory	Anisotropie CMB

7 Criticità e Estensioni

Quantizzazione del Tempo

$$t_{\text{term}} = \frac{\hbar}{k_B T}, \quad \frac{dN}{dt} = -\frac{\alpha}{\Lambda^2} \frac{d\Lambda}{dt} \quad (11)$$

Modello Standard Esteso

Compattificazione KK genera gauge group $SU(3) \times SU(2) \times U(1)$ da frammenti $j = 1/2$.

Riferimenti

- Rovelli, C. *Quantum Gravity*, Cambridge Univ. Press (2004)
- Hui, L. et al., *ULDM Review*, Phys. Rev. D (2017)
- Arvanitaki et al., *String Axiverse*, Phys. Rev. D (2010)
- POLONAISE Project: <https://polonaise.eu>

Danilo Madia
Luglio 2025