

# Teoria della Frammentazione Vibrazionale del Gravitonio

Danilo Madia

21 Luglio 2025

## Abstract

Proponiamo un modello cosmologico basato su un campo scalare a cinque dimensioni, denominato *gravitonio*, il cui comportamento oscillatorio quantizzato origina, per frammentazione vibrazionale, una pluralità di universi fisicamente differenziati. Ogni frammento corrisponde a una modalità armonica quantizzata, determinante le costanti fondamentali e le leggi fisiche di ciascun universo emergente. Questa struttura fornisce un quadro unificato per la nascita del multiverso, potenzialmente riconducendo l'energia oscura e la materia oscura a stati vibrazionali del campo di origine.

## 1 Contesto e Motivazione

Nel contesto delle teorie a più dimensioni e della cosmologia quantistica, ipotizziamo un campo scalare  $\phi$  definito in uno spazio-tempo a 5 dimensioni, dotato di dinamiche interne capaci di generare universi differenti per frammentazione. Questo campo, il *gravitonio*, rappresenta una generalizzazione dei meccanismi di rottura di simmetria e inflazione, ma con un'origine puramente vibrazionale.

## 2 Formulazione Matematica

### 2.1 Azione in 5D

$$S = \int d^5x \sqrt{-g} \left[ \frac{1}{2} \partial_A \phi \partial^A \phi - V(\phi) + \frac{1}{2\kappa_5^2} R + \mathcal{L}_{\text{gauge}} + \mathcal{L}_{\text{fermioni}} \right] \quad (1)$$

dove  $R$  è la curvatura scalare in 5D,  $\kappa_5^2 = 8\pi G_5$ , e il potenziale:

$$V(\phi) = \lambda(\phi^2 - v^2)^2 + \sum_i g_i \phi^2 \chi_i^2 \quad (2)$$

include accoppiamenti con altri campi scalari  $\chi_i$ .

### 2.2 Equazione di moto e quantizzazione

L'equazione di Klein-Gordon risulta:

$$\square_5 \phi + \frac{dV}{d\phi} = 0 \quad (3)$$

Separando le variabili:

$$\phi(x^A) = \sum_n \chi_n(x^\mu) \psi_n(y) \quad (4)$$

si ottiene uno spettro discreto di modi normali  $\psi_n(y)$ , con frequenze  $\omega_n$  e masse efficaci  $m_n$  in 4D.

### 2.3 Condizione di frammentazione

Postuliamo che, quando l'ampiezza di un modo supera una soglia critica:

$$|A_n| > A_c \quad (5)$$

il modo  $n$  si distacca e forma un frammento separato – un nuovo universo.

### 2.4 Relazione tra frequenza e costanti universali

Si definiscono i legami:

$$\Lambda_n \propto \omega_n^{-\alpha}, \quad m_n \propto \omega_n^\beta \quad (6)$$

con  $\alpha, \beta > 0$  determinati dal mezzo e dal potenziale.

## 3 Simulazione Computazionale

### 3.1 Evoluzione vibrazionale

Usando metodi numerici avanzati (es. Runge–Kutta di ordine superiore), si evolve:

$$\phi(t, x, y) \quad (7)$$

da condizioni iniziali fluttuanti.

### 3.2 Rilevazione frammentazione

Si monitora l'energia locale:

$$\rho_n(t, x) = \frac{1}{2}(\dot{\phi})^2 + \frac{1}{2}(\nabla\phi)^2 + V(\phi) \quad (8)$$

e si genera un frammento quando  $\rho_n > \rho_c$ .

### 3.3 Evoluzione dei frammenti

Ogni frammento segue:

$$\left(\frac{\dot{a}}{a}\right)^2 = \frac{8\pi G_n}{3}\rho_n + \frac{\Lambda_n}{3} - \frac{k}{a^2} \quad (9)$$

$$\dot{\rho}_n + 3\frac{\dot{a}}{a}(\rho_n + p_n) = 0 \quad (10)$$

### 3.4 Analisi statistica del multiverso

Si estrae la distribuzione dei parametri  $(\Lambda_n, m_n, \Omega_{dark,n})$  e se ne valuta la compatibilità con il nostro universo.

## 4 Interpretazioni e Previsioni

- L'universo osservabile corrisponde a un modo a bassa frequenza  $\omega_0$ .
- Energia oscura/materia oscura: residui di modi marginali o interazioni tra frammenti.
- Anomalie cosmologiche potrebbero derivare da interferenze tra modi adiacenti.

## 5 Ruolo della LQG

Elementi della Loop Quantum Gravity (spaziotempo discreto, entropia di buco nero, tempo emergente) rafforzano la plausibilità della frammentazione quantistica come sintesi tra scala planckiana e fenomeni cosmici [1].

## 6 Conclusioni

La frammentazione vibrazionale del gravitonio fornisce un modello teorico unificato per multiverso, costante cosmologica ed ULDM. È derivabile da principi noti, simulabile e potenzialmente falsificabile.

## 7 Prossimi Passi: Sviluppo Matematico e Simulativo (Estensione)

Lo sviluppo completo della teoria richiede l'articolazione formale di tre assi fondamentali: (i) la formalizzazione Hamiltoniana, (ii) l'implementazione simulativa numerica, e (iii) l'analisi delle predizioni confrontabili con l'osservazione cosmologica.

### 7.1 Formalizzazione Hamiltoniana

Un'estensione logica consiste nel riscrivere l'azione in 5D in termini canonici per l'analisi quantistica:

$$\mathcal{H} = \pi_\phi \dot{\phi} - \mathcal{L}, \quad \pi_\phi = \frac{\partial \mathcal{L}}{\partial \dot{\phi}} \quad (11)$$

Si prevede:

- Decomposizione modale del campo  $\phi$  in operatori di creazione/annichilazione  $a_n^\dagger, a_n$ .
- Costruzione di uno spazio di Fock per i modi del gravitonio.
- Studio della dinamica dei modi coerenti nel limite semiclassico.

Questa struttura consentirà di testare la stabilità quantistica dei frammenti e la soglia di decoupling vibrazionale.

## 7.2 7.2 Simulazione Numerica

L'obiettivo è simulare l'evoluzione della funzione d'onda  $\phi(t, x, y)$  su griglie 4D+1, utilizzando discretizzazioni temporali e spaziali (es. metodi pseudo-spettrali o reti tensoriali).

Si definiranno:

- Condizioni iniziali fluttuanti:  $\phi(t = 0, x, y) = \phi_0 + \delta\phi(x, y)$ .
- Potenziale instabile tipo "double-well" per consentire biforcazioni.
- Evoluzione con step numerici, rilevando regioni con  $|\phi| > \phi_c$ .

Ogni frammento sarà tracciato con identificativo e proprietà  $(\omega_n, \Lambda_n, m_n)$  calcolate a posteriori. Il codice sarà scritto in Python/C++ e validato con simulazioni note (es. condensati di Bose-Einstein o campi inflazionari).

## 7.3 7.3 Analisi Statistica e Previsioni Osservabili

Una volta generato un campione numeroso di universi, si eseguirà un'analisi statistica sulla distribuzione di  $\Lambda$ ,  $m$ ,  $\Omega_{\text{dark}}$ , con l'obiettivo di:

- Identificare se l'universo osservabile ricade in una regione statisticamente plausibile dello spettro.
- Prevedere eventuali correlazioni tra costante cosmologica e masse delle particelle leggere (es. ULDM).
- Confrontare le firme spettrali simulate con dati CMB, LSS, e misure di energia oscura.

## 7.4 7.4 Integrazione con LQG

Infine, si studierà la compatibilità con la Loop Quantum Gravity, sfruttando:

- L'idea di tempo emergente da stati spaziotemporali quantizzati.
- La discrezione dell'area e del volume come analoghi alla frammentazione.
- Le strutture spin-network come possibili descrittori discreti dei frammenti.

La LQG potrebbe fornire un supporto strutturale alla descrizione della topologia emergente post-frammentazione, nonché al confinamento di ogni universo all'interno di una cella causale autosufficiente.

## 7.5 7.5 Falsificabilità e Osservabilità

Il modello sarà considerato scientificamente valido solo se almeno una tra le seguenti condizioni sarà soddisfatta:

1. Esistenza di relazioni testabili tra costante cosmologica e frequenze vibrazionali (es.  $\Lambda \propto \omega^{-2}$ ).
2. Predizione verificabile di particelle scalari leggere compatibili con ULDM, con massa inferiore a  $10^{-22}$  eV.

3. Anomalie nei dati CMB/LSS riconducibili a interazioni tra modi vibrazionali adiacenti.

In assenza di tali evidenze, il modello verrà trattato come ipotesi speculativa non confermata.

## References

- [1] C. Rovelli, *Quantum Gravity*, Cambridge Univ. Press, 2004.

**Danilo Madia**

21 Luglio 2025