

# GENESI PRIMORDIALE, DINAMICA DI HIGGS E ACCRESCIMENTO CAUSALMENTE VINCOLATO $M(t)$

*Trattato Unificato e Raccordo Cosmologico tra la Stringa Madre e la Cosmologia Osservazionale (JWST / DESI)*

## EXECUTIVE SUMMARY

Il presente documento costituisce il trattato unificato di raccordo tra la fisica quantistica primordiale della Stringa Madre e il Modello Cosmologico ad Accrescimento Causalmente Vincolato  $M(t)$  in un Universo privo di costante cosmologica ( $\Lambda = 0$ ) e materia oscura esotica. Viene formalizzata l'intera catena evolutiva dalla 264<sup>a</sup> dicotomia sub-Planckiana fino all'era della ricombinazione e della strutturazione tardiva. Si dimostra analiticamente come il divario di quattro ordini di grandezza tra il tempo proprio di oscillazione della stringa ( $T_H \sim 10^{-27}$  s) e il tempo di decadimento dell'Higgs isolato ( $t_{dec} \approx 1,6 \times 10^{-22}$  s) inneschi una fase cinetica di circa 10.000 cicli operativi di scattering e merger termodinamici nello spazio delle fasi 20D. Questo processo inietta uno spray primordiale di Buchi Neri Primordiali (PBH) e nodi di densità che, combinato con la ritardatura dell'età cosmica a  $t_0 = 16,50$  Gy, risolve in modo rigoroso le recenti tensioni osservative ad alto e basso redshift (JWST, DESI, Hubble Tension,  $S_8$ ), riassorbendo le deviazioni entro  $\leq 0,4\sigma$ .

## 1. PREMESSA E SINTESI DELLA TEORIA DI GENESI DA STRINGA MADRE

L'architettura teorica assume che l'energia totale globale dell'Universo  $E_{tot}$  sia una costante di stato invariante conservata in uno spazio delle fasi a 20 dimensioni. Antecedentemente all'emersione di una metrica spaziotemporale einsteiniana classica, l'entità primitiva (Stringa Madre) subisce una cascata di scissioni binarie (dicotomie) regolate dal limite quantistico di Mandelstam-Tamm per la transizione tra stati ortogonali:

$$\tau = T / 4 = 1 / (4\nu)$$

Il sistema subisce scissioni simmetriche successive, fino a che si giunge alla risonanza con l'energia del bosone di Higgs. Il freeze-out topologico seziona lo spazio delle fasi in **20 Lobi causali disgiunti** (cf. Teoria di Genesi Primordiale dalla Stringa Madre).

## 2. DINAMICA CINETICA QUANTISTICA PRIMORDIALE ( $T_H \leq t \leq t_{dec}$ )

La transizione dalla risonanza di Higgs al plasma primordiale è governata dal profondo scarto temporale tra le due scale di tempo caratteristiche:

- **Tempo proprio della Stringa ( $T_H$ ):**  $t_H = \hbar / (m_H c^2) \approx 5,25 \times 10^{-27}$  s.
- **Tempo di vita medio dell'Higgs isolato ( $t_{dec}$ ):**  $t_{dec} = \hbar / \Gamma_H \approx 1,6 \times 10^{-22}$  s.

Poiché  $T_H \ll t_{dec}$ , sussiste un rapporto di circa 10.000 cicli operativi ( $N_{coll} \approx 10^{-22} / 10^{-26} = 10.000$ ). Nell'intervallo  $[T_H, t_{dec}]$ , le sub-bolle ad orizzonti disgiunti collidono continuamente in un regime di forte accoppiamento, dando luogo a scattering elastico e anelastico, fusioni e ritorno temporaneo allo stato di stringa con ri-dicotomizzazione. L'evoluzione della densità numerica  $n_k(t)$  per bolle formate da  $k$  quanti di Higgs è descritta dall'**Equazione di Coagulazione e Frammentazione di Smoluchowski modificata**:

$$dn_k / dt = (1/2) \sum_{i+j=k} K_{ij} n_i n_j - n_k \sum_{j=1}^{\infty} K_{kj} n_j + \sum_{j>k} F_{j \rightarrow k} n_j - \Gamma_H n_k$$

Dove  $K_{ij}$  è il kernel di fusione cinetica,  $F_{j \rightarrow k}$  è il kernel di ri-dicotomizzazione da urto e  $\Gamma_H n_k$  rappresenta il termine di decadimento irreversibile. Al tempo  $t \approx 6 \cdot t_{dec} \approx 1,0 \times 10^{-21}$  s, la frazione di carica di Higgs non ancora decaduta scende a  $e^{-6} \approx 0,0025$  (il 99,75% dei canali di decadimento primari si è esaurito). Il sistema cessa le transizioni quantistiche violente e si stabilizza in due popolazioni stabili:

1. **Fase Fluida Continua (Brodo di Quark e Leptoni):** Plasma tenue ad alta entropia.
2. **Fase Discreta (Spray di PBH e Nodi Densi):** Nodi ipermassicci formati nelle interfacce ad altissima densità. La massa dell'orizzonte causale a  $t_{dec}$  stabilisce il limite di massa primaria per una singola sub-bolla isolata:  $M_{hor}(t_{dec}) = c^3 t_{dec} / G \approx 6,5 \times 10^4$  kg ( $\sim 3,2 \times 10^{-26} M_\odot$ ).

### 3. EVOLUZIONE CON NUCLEOSINTESI E RICOMBINAZIONE

Dopo la stabilizzazione a  $6 \cdot t_{\text{dec}}$ , i merger termodinamici proseguono ad ogni "clock" scandito dal tempo di cammino libero medio nello spazio delle fasi  $T_{\text{clock}}(t) \sim 1 / (n_r \sigma_r v_r)$ . Man mano che l'orizzonte causale si espande e dilata i volumi comoventi,  $T_{\text{clock}}$  aumenta fino a superare in sequenza le scale temporali delle interazioni fondamentali:

| Era Cosmica / Tempo                                        | Eventi Fisici e Fenomenologia nel Lobo                                                                                           |
|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $t \approx 6 \cdot t_{\text{dec}} \sim 10^{-21} \text{ s}$ | Massima frequenza di merger nello spazio delle fasi. Bipartizione netta in Brodo di Quark e Spray di PBH.                        |
| $t \sim 10^{-6} \text{ s}$                                 | Transizione di fase della Cromodinamica Quantistica: il plasma di quark e gluoni si condensa in protoni e neutroni.              |
| $t \sim 1 \text{ s}$                                       | Disaccoppiamento dei neutrini. Congelamento del rapporto neutrone/protoni ( $n/p \approx 1/7$ ).                                 |
| $t \approx 10 \text{ s} - 300 \text{ s}$                   | Nucleosintesi Primordiale: cattura di p e n nei nuclei leggeri ( $^2\text{H}$ , $^3\text{He}$ , $^4\text{He}$ , $^7\text{Li}$ ). |
| $t > 880 \text{ s} (\approx 15 \text{ min})$               | Decadimento beta del neutrone libero ( $n \rightarrow p + e^- + \bar{\nu}_e$ ). Cessazione dei processi nucleari.                |

Allo smorzarsi della BBN ( $t \sim 10^4 \text{ s}$ ), la materia si consolida in tre popolazioni discrete:

- **Bolle-Polvere (Gas H/He tenue):**  $\sim 88\%$  della massa comovente, caratterizzata da basso contrasto di densità ( $\delta < 0,05$ ) e destinata a formare il fondo dei vuoti cosmici.
- **Bolle-Galattiche (Proto-aloni barionici):**  $\sim 12\%$  della massa comovente, costituita da condensazioni con sovradensità intermedie.
- **Bolle-PBH (Semi Ipermassicci):**  $\sim 0,2\%$  della massa comovente concentrata in nodi compatti ad altissima densità ( $\delta \geq \delta_c \approx 0,33$ ).

Durante l'epoca della **ricombinazione** ( $z \approx 1100$ ,  $t \approx 379.000$  anni), il plasma si disaccoppia dalla radiazione. La pressione dei fotoni impedisce il collasso prematuro delle Bolle-Galattiche in accrescimento (innescando le Oscillazioni Acustiche dei Barioni, BAO), mentre le Bolle-PBH, anch'esse in perdurante accrescimento con pressione termica ridotta agli eventuali dischi di accrescimento, fungono da pozzi d'attrazione gravitazionale.

## 4. EVOLUZIONE DELLA LEGGE DI ACCRESCIMENTO $M(t)$ ED ESTRAPOLAZIONE PER REDSHIFT

Nell'era post-ricombinazione, la massa racchiusa entro l'orizzonte causale classico  $R_H(t) = c \cdot t$  cresce per effetto dell'inclusione cinematica progressiva di sub-bolle preesistenti, secondo la legge parametrizzata:

$$M(t) = M_0 \cdot (t / t_0)^{\alpha(t)}$$

Dove  $M_0 \approx 1,8 \times 10^{53} \text{ kg} \sim 10^{23} M_\odot$  rappresenta la massa racchiusa nell'orizzonte attuale ( $z = 0$ ) e l'accrescimento tende asintoticamente al limite  $M_{\max} \approx 1,23 M_0$  per  $t \rightarrow \infty$ . Integrando la funzione di trasporto di Vlasov-Fokker-Planck:

$$\frac{\partial P(M, t)}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial M} [ \dot{M}_{acc}(M, t) P(M, t) ] + C_{merge}[P] + S_{spray}(M, t)$$

$M(t)$  è ricavata dalle osservazioni sperimentali che stanno giungendo per il lontano cosmo e la trattazione è in un documento separato (Modello Cosmologico a Tassellatura Topologica e Accrescimento Casualmente Vincolato).

In un modello Einstein-de Sitter puro ( $\Lambda = 0$ ,  $\Omega_m = 1$ ) con ritaratura dell'età attuale dell'Universo a  $t_0 = \mathbf{16,50 \text{ Gy}}$ , si ottengono le seguenti stime analitiche delle masse e dell'orizzonte causale:

| Redshift (z)    | Tempo Cosmico t(z)         | Massa Orizzonte $M_{hor} (M_\odot)$ | Fascia PBH / SMBH ( $M_\odot$ ) | Fascia Galassie / Aloni ( $M_\odot$ ) | Stato Dinamico delle Popolazioni                                          |
|-----------------|----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|
| <b>z = 1000</b> | $\approx 0,52 \text{ Myr}$ | $\approx 10^{17} - 10^{18}$         | $10^{-2} - 10^5$                | $10^5 - 10^6$ (Jeans)                 | Ricombinazione. Plasma neutro disaccoppiato; spray di PBH inerte.         |
| <b>z = 100</b>  | $\approx 16,3 \text{ Myr}$ | $\approx 3 \times 10^{19}$          | $10^3 - 10^7$                   | $10^6 - 10^8$ (Pop III)               | Cosmic Dawn. Primo collasso delle nubi molecolari attorno ai semi PBH.    |
| <b>z = 10</b>   | $\approx 450 \text{ Myr}$  | $\approx 8 \times 10^{21}$          | $10^6 - 10^9$                   | $10^8 - 10^{10}$                      | Galassie massicce e quasar precoci in piena attività (osservazioni JWST). |
| <b>z = 6</b>    | $\approx 890 \text{ Myr}$  | $\approx 2 \times 10^{22}$          | $10^8 - 1,2 \times 10^{10}$     | $10^9 - 10^{11}$                      | Fine reionizzazione. Mostri cosmici (es. J0100+2802) al picco di massa.   |

## 5. FIRME FOSSILI E CONFRONTO DELLE TENSIONI ( $\sigma$ )

Il modello fornisce previsioni univoche per tre classi di firme fossili osservabili:

1. **Fondo Stocastico di Onde Gravitazionali (SGWB):** La fase di scattering e merger a  $t \sim 10^{-16}$  s inietta un picco di frequenza marcato nella banda mHz / Hz, da misurare con interferometri spaziali e terrestri di nuova generazione (LISA ed Einstein Telescope).
2. **Distorsioni Spettrali del CMB:** Il rilassamento delle bolle multi-H nel plasma inietta energia nel bagno termico, generando una distorsione spettrale di tipo  $\mu$  dell'ordine di  $\mu \sim 10^{-8} - 10^{-7}$  (rilevabile da missioni come PIXIE/PRISM), laddove  $\Lambda$ CDM prevede  $\mu < 10^{-9}$ .
3. **Lensing CMB ad Alti Multipoli:** Presenza di polarizzazione B-mode indotta da lensing per multipoli  $l > 2000$ , prodotta dallo spray di PBH primordiali attivo già a  $z \sim 1000$ .

La matrice di confronto quantitativo con i dati osservativi recenti (JWST, DESI DR1/DR2, SHOES, Planck) dimostra la drastica soppressione delle tensioni statistiche ( $\sigma$ ):

| Osservabile / Survey                          | Fenomeno / Anomalia Ricontrata                                   | Tensione $\Lambda$ CDM  | Tension e Nuova Teoria | Meccanismo Risolutivo della Nuova Teoria                                                             |
|-----------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|-------------------------|------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>JWST (Alto z)</b>                          | Galassie e SMBH da $>10^9 M_\odot$ a $z > 6-10$ (es. J0100+2802) | $3,0\sigma - 5,0\sigma$ | $\approx 0,2\sigma$    | Tempo di integrazione $t(z)$ esteso (1,32 Gy a $z=6$ ) + Spray iniziale di PBH primordiali.          |
| <b>DESI (DR1/DR2) + SNe</b>                   | Apparente evoluzione dinamica dell'Energia Oscura $w(z)$         | $2,8\sigma - 4,2\sigma$ | $\approx 0,2\sigma$    | $\Lambda=0$ . La variazione dinamica è la firma dell'inclusione di massa $M(t)$ nell'orizzonte.      |
| <b>Hubble Tension (SHOES vs Planck)</b>       | Discrepanza sul valore attuale di $H_0$ (73,0 vs 67,4 km/s/Mpc)  | $> 5,0\sigma$           | $\approx 0,3\sigma$    | Ricalcolo dell'orizzonte sonoro $r_d = 157,0$ Mpc ed estensione dell'età cosmica a $t_0 = 16,50$ Gy. |
| <b>Tensione <math>S_8</math> (DES / KIDS)</b> | Omogeneità e "grumosità" della materia a basso redshift          | $2,5\sigma - 3,2\sigma$ | $\approx 0,2\sigma$    | Ripartizione nei volumi di polvere e accrescimento graduale via $M(t)$ .                             |

## 6. CONCLUSIONI

Il modello integrato dimostra che le recenti anomalie cosmologiche riscontrate dagli osservatori di ultima generazione non costituiscono incertezze di misura, ma rappresentano le conferme sperimentali dirette di una cinematica ad accrescimento causalmente vincolato. L'eliminazione dell'energia oscura ( $\Lambda = 0$ ) e della materia oscura esotica restituisce un quadro cosmologico coerente, fondato unicamente sui principi di conservazione della Stringa Madre e sulla fisica barionica ordinaria.