Desarrollo matemático formal a partir del Caso Fundacional – TCDS

Versión robusta y racionalmente cruda para interacción técnica

1. Observables y funcional de coherencia (Sincronograma)

Sea $X(t) \in \blacksquare^n$ el vector de observables humanos registrados (marcadores fisiológicos, afectivos y cognitivos). Definimos el Sincronograma como la trayectoria $\Gamma := \{X(t)\}$ en un espacio métrico ($\blacksquare$, d). La coherencia instantánea $C(t)$ se define como un funcional sobre ventanas móviles $W\tau$:

$$C(t) := 1 - (1/n) \Sigma_i \mathrm{Var}_{W\tau}[x_i(t)] / \mathrm{Var}_{W\tau,ref}[x_i] \in [0,1].$$

Definimos el Índice de Locking (LI) entre señal de control c(t) y respuesta y(t) como: $LI := |\blacksquare e^{i(\phi_y - \phi_c)}\blacksquare|$, estimado vía Hilbert o STFT. $\kappa\Sigma$ denota el parámetro de curvatura informacional que modula d.

2. Campo de coherencia Σ y principio de mínima acción

Postulamos un escalar Σ sobre una variedad ($\blacksquare$, $g_{\mu\nu}$). La acción efectiva a baja energía:

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \, [(1/2) \partial_\mu\Sigma \, \partial^\mu\Sigma - V(\Sigma) + (\alpha/\Lambda^4)(\partial\Sigma)^4 + \xi\Sigma R + \blacksquare_{int}(\Sigma,\Psi) + \blacksquare_m],$$

con $V(\Sigma)= (m_\Sigma^2/2)(\Sigma-\Sigma_0)^2 + (\lambda_3/3!)(\Sigma-\Sigma_0)^3 + (\lambda_4/4!)(\Sigma-\Sigma_0)^4$. $\blacksquare_{int}$ codifica acoplamientos portales suaves a sectores de materia Ψ (espinores, gauge, medios efectivos).

Ecuación de campo (Euler–Lagrange):

$$\blacksquare_g \Sigma - V'(\Sigma) - (4\alpha/\Lambda^4) \nabla_\mu[(\partial\Sigma)^2 \partial^\mu\Sigma] + \xi R + \partial\blacksquare_{int}/\partial\Sigma = 0.$$

3. Proyección Γ = Π[Σ, χ, ■] y métricas Σ■metrics

Sea Π un operador de proyección de campos a observables: $\Gamma = \Pi[\Sigma, \chi, \blacksquare]$, con ■ el conjunto de instrumentos. Definimos KPIs sobre Γ: LI, R (coeficiente de determinación del modelo causal), RMSE_SL (error de línea de sincronía), ventanas p:q (lenguas de Arnold) y $\kappa\Sigma$.
$LI \geq 0.9$, $R > 0.95$, $RMSE_{SL} < 0.1$, reproducibilidad ≥ 95% son umbrales de validez experimental (ΣFET/CSLH).

4. Formulación hamiltoniana

Momento conjugado $\Pi_\Sigma := \partial\blacksquare/\partial(\partial_0 \Sigma) = \sqrt{-g} \, (\partial^0\Sigma + (4\alpha/\Lambda^4)(\partial\Sigma)^2 \partial^0\Sigma)$. La densidad hamiltoniana:

$$\blacksquare = \Pi_\Sigma \partial_0\Sigma - \blacksquare = (1/2)(\partial_0\Sigma)^2 + (1/2)(\nabla\Sigma)^2 + V(\Sigma) - (\alpha/\Lambda^4)(\partial\Sigma)^4 - \xi\Sigma R - \blacksquare_{int} - \blacksquare_m.$$

5. Estabilidad y lenguas de Arnold (locking forzado)

Para un oscilador maestro–esclavo con fase θ y control externo $A \cos(\omega_c t)$, el régimen de captura p:q cumple:

$|\omega_0 - (p/q)\,\omega_c| \leq (K A^q)/2 \Rightarrow \Delta f_{p:q} \propto A^q$, con K dependiente de acoplamientos efectivos de Σ.

Predicción operativa: ensanchamiento monótono de Δf con $A_{control}$ y supresión total de locking si $A=0$.

6. Acoplamientos sectoriales y métricas efectivas

(i) Dirac: $■_{int} \supset g_\psi\, \Sigma\, \psi■\psi \Rightarrow m_{\psi,eff} = m_\psi + g_\psi\, \Sigma$. (ii) Gauge (Proca efectivo): $■_{int} \supset -(1/4)F_{\mu\nu}F^{\mu\nu} - (\mu^2/2)\, A_\mu A^\mu + g_A\, \Sigma\, A_\mu A^\mu$. (iii) Conformidad geométrica: $■_{\mu\nu} = e^{2\beta\Sigma} g_{\mu\nu}$.
En el límite lineal, las geodésicas experimentan una deflexión efectiva $\delta\theta \approx \beta \int \nabla_\perp\Sigma\, dl$. Para potencial Yukawa sub■mm: $V(r) = -G\, m_1 m_2\, r^{-1} [1 + \alpha\, e^{-r/\lambda}]$, con α, λ funciones de (m_Σ, g).

7. Predicciones falsables y dominios experimentales

(a) Bancos ópticos/RF: deflexión diferencial $\delta\theta(A_{control})$ y $\Delta f(A_{control})$ con curva de captura p:q. (b) Relojes/cavidades: shift fraccional $\Delta\nu/\nu \approx \zeta\, \Sigma$, correlacionado con gradientes controlados. (c) Fuerzas sub■mm: límites en (α, λ) compatibles con V_{Yukawa} y proyecciones para m_Σ.

8. Estimación bayesiana y cierre lógico■operativo

Definimos $■(data|\theta)$ con $\theta=\{m_\Sigma, \lambda_4, g_\psi, g_A, \beta, \dots\}$. Criterio de aceptación: $LI \geq 0.9 \wedge R>0.95 \wedge RMSE_{SL}<0.1 \wedge$ reproducibilidad$\geq$95%. Falla en cualquiera $\Rightarrow$ rechazo o re■parametrización.

9. ΣFET: realizador mínimo del acoplamiento efectivo

Modelo de fase inyectada: $d\theta/dt = \omega_0 - K A \sin(\theta - \omega_c t) + \xi(t)$. En presencia de Σ, $K=K(\Sigma)$ y $A=A_{control}$. El locking estable satisface $■\sin(\theta-\omega_c t)■ = (\omega_0-\omega_c)/(K A)$.

KPIs se miden sobre la banda de captura. Requerido: histéresis mínima y estabilidad inter■día $\geq$95%.

10. Consistencia teórica: dominios de validez

Validez del EFT: $E ■ \Lambda$, unitariedad perturbativa y cotas de positividad en (λ_4, α). Compatibilidad con pruebas de equivalencia: $\beta■1$ en regímenes macroscópicos. RG: flujo suave que no induzca inestabilidades IR/UV en $V(\Sigma)$.

11. Autocrítica y trazabilidad

Fortalezas: ancla lagrangiana/hamiltoniana explícita; mapa operativo a KPIs; predicciones falsables. Riesgos: ambigüedad en $■_{int}$ y elección de Π; degeneraciones parámetro■instrumento. Cómo llegué: elevé el Caso Fundacional a un campo Σ en ■ con acción mínima y proyecté a observables vía Π, con pruebas estándar (locking, Yukawa, relojes). Criterio: si LI/R/RMSE fallan en ΣFET bajo controles nulos, el programa se detiene o re■parametriza.