

Estudio Formal de la Dinámica de Campos en la TMRCU

Introducción: El Motor Matemático de la Realidad

Más allá de la ontología y las aplicaciones, el corazón de la TMRCU reside en su **motor matemático**: un formalismo de teoría de campos que no solo describe la realidad, sino que dicta sus reglas, su estabilidad y las partículas que pueden existir en ella. Este estudio detalla ese motor, desde su Lagrangiano hasta las condiciones cuánticas que aseguran su coherencia.

1. El Lagrangiano y las Simetrías Fundamentales

La "receta" universal de la TMRCU se codifica en un Lagrangiano para los campos de Coherencia (Σ) y del Medio (χ). Esta es la fórmula que contiene toda la dinámica.

$$\mathcal{L}_{\text{TMRCU}} = \frac{1}{2}(\partial_\mu \Sigma)(\partial^\mu \Sigma) + \frac{1}{2}(\partial_\mu \chi)(\partial^\mu \chi) - V(\Sigma, \chi)$$
El potencial $V(\Sigma, \chi)$ es el que define las interacciones:

$$V(\Sigma, \chi) = (-21\mu^2\Sigma^2 + 41\lambda\Sigma^4) + 21m\chi^2 + 2g\Sigma\chi^2$$

- Análisis:** Este Lagrangiano describe dos campos escalares reales. La parte crucial es el término $-21\mu^2\Sigma^2$, que cuando $\mu^2 > 0$, introduce una inestabilidad en el punto $\Sigma=0$. Esto fuerza al campo de Coherencia a "elegir" un nuevo estado de mínima energía, un proceso conocido como **ruptura espontánea de la simetría**, que es el mecanismo que da origen a un universo con una coherencia de base no nula.

2. Las Ecuaciones de Movimiento (Las "Leyes" Clásicas)

Al aplicar el principio de mínima acción, el Lagrangiano genera las ecuaciones de movimiento, que son las "leyes" que los campos deben obedecer:

$$\square \Sigma + \Sigma(-\mu^2 + \lambda \Sigma^2 + g\chi^2) = 0$$

$$\square \chi + \chi(m\chi^2 + g\Sigma^2) = 0$$

- **Análisis:** Estas ecuaciones describen una danza interconectada. La evolución de la Coherencia (Σ) depende de sí misma y del valor del Medio (χ). A su vez, la evolución del Medio (χ) depende de la intensidad de la Coherencia.

3. La Estructura del Vacío (El "Suelo" de la Realidad)

El "vacío" es el estado de energía más bajo posible del universo. Al resolver las ecuaciones en un estado estacionario, encontramos dos posibilidades:

1. **Vacío Simétrico:** $\Sigma=0, \chi=0$. Este es un estado de "no-coherencia", que resulta ser inestable.
 2. **Vacío de Coherencia (Roto):** $\Sigma=v=\pm\mu^2/\lambda, \chi=0$. Este es el **mínimo global de energía**, el verdadero "suelo" de nuestra realidad. Es un universo donde la Coherencia tiene un valor de base constante y no nulo.
- **Condición de Estabilidad:** Para que este vacío sea estable y el universo no colapse, los parámetros del potencial deben cumplir unas reglas no negociables: **$\lambda > 0$ y $g \geq 0$** .

4. El Espectro de Excitaciones (La "Tabla Periódica" de la TMRCU)

Las partículas son las vibraciones o excitaciones de los campos alrededor de su estado de vacío. Al analizar estas vibraciones, predecimos las partículas que existen en la teoría:

- Masa del Sincronón (σ): Las vibraciones del campo Σ alrededor de su vacío v definen al Sincronón. Su masa al cuadrado es:

$$m_\sigma^2 = 2\mu^2$$

- Masa Efectiva del Medio (χ): La partícula del medio no tiene una masa fija. Su masa efectiva depende del nivel de coherencia del vacío:

$$m_{\chi, \text{eff}}^2 = m\chi^2 + gv^2 = m\chi^2 + \lambda g\mu^2$$

- **Interpretación Física:** Esto es profundo. Significa que en un universo más coherente (un v más alto), se necesita más energía para crear una excitación en el medio. **La coherencia dota de inercia al sustrato de la realidad.**
- Interacciones (Decaimiento): El término de acoplamiento $g/2 \Sigma^2 \chi^2$ dicta cómo interactúan las partículas. Esto permite que un Sincronón se desintegre en dos partículas del medio

($s \rightarrow \chi\chi$), pero solo si es cinemáticamente posible, es decir, si la masa del Sincronón es mayor que el doble de la masa efectiva de las partículas del medio:

$$m_s > 2m_{\chi, \text{eff}}$$

5. La Consistencia Cuántica (Renormalización y Cierre del Modelo)

- **El Punto Crítico:** En la física cuántica, las interacciones virtuales pueden generar nuevos tipos de interacciones que no estaban en el Lagrangiano original. Un análisis riguroso (a 1-loop) muestra que la interacción g inevitablemente genera una auto-interacción para el campo χ .
- La Solución: Para que la teoría sea consistente y predictiva a nivel cuántico, el potencial debe ser extendido para incluir este término desde el principio:

V debe extenderse a $V \supset \kappa \chi^4$ ($\kappa \geq 0$)

- **El Significado:** Este no es un añadido arbitrario. Es una **exigencia de la propia consistencia matemática de la teoría a nivel cuántico**. Demuestra que la TMRCU es un marco renormalizable y, por lo tanto, fundamentalmente sólido.

6. Conclusión Operativa (Decisiones de Diseño)

Este análisis matemático nos da un conjunto de **decisiones de diseño claras y accionables** para cualquier simulación o experimento:

1. **Imponer Estabilidad:** Siempre se deben usar parámetros con $\lambda > 0$ y $g \geq 0$.
2. **Garantizar Consistencia Cuántica:** El potencial debe incluir el término $\kappa/4 \chi^4$.
3. **Definir un Benchmark:** Se debe elegir un punto en el espacio de parámetros (ej. fijar μ y λ en un régimen perturbativo) para hacer predicciones concretas.
4. **Verificar Cinemática:** Comprobar si, para ese punto, el canal de decaimiento $s \rightarrow \chi\chi$ está abierto o cerrado, lo que define la fenomenología esperada.

Este marco matemático es el motor que permite a la TMRCU pasar de la ontología a las **predicciones cuantitativas y falsables**.