

# Hipoteza Emergentnej Grawitacji z Fazy Podłoża

Arkadiusz Okupski

2025.08.25

## Streszczenie

Przedstawiamy hipotezę, w której czasoprzestrzeń i materia stanowią różne stany fazowe fundamentalnego bytu, zwanego Podłożem. Grawitacja emerguje jako makroskopowy przejaw dynamicznej relaksacji stanu wzbudzonego Podłoża (materii) do jego stanu podstawowego. Proponujemy wymiarowo spójny model matematyczny, w którym materia jest opisana jako metastabilna konfiguracja solitonowa, a geometria czasoprzestrzeni emerge z konfiguracji i dynamiki Podłoża.

## 1 Postulaty Podstawowe

### 1.1 Podłoże i jego Fazy

Hipoteza zakłada istnienie fundamentalnego Podłoża opisanego bezwymiarowym polem porządkowym  $\psi(x^\mu)$ :

- $\psi \approx 0$ : **Faza podstawowa** - postrzegana jako próżnia czasoprzestrzenna.
- $\psi \approx 1$ : **Faza wzbudzona** - metastabilna, postrzegana jako materia.

Różnica gęstości energii między fazami wynosi  $\Delta V = V(1) - V(0) = \varepsilon$ .

### 1.2 Elastyczność i Geometria Podłoża

Podłoże charakteryzuje się:

- **Elastycznością**: opisaną stałą  $K$  ( $[K] = [L^{-2}]$ ), która kwantyfikuje opór przeciwko zmianom stanu fazowego.
- **Geometryczną odpowiedź**: Zakrzywienie Podłoża mierzone skalarą  $\mathcal{R}$  generuje energię opisaną potencjałem  $U(\mathcal{R})$ .

## 2 Struktura Matematyczna

### 2.1 Działanie

Dynamikę Podłoża opisuje działanie:

$$S = \int d^4x \sqrt{-g} \left[ \frac{1}{2} K g^{\mu\nu} \partial_\mu \psi \partial_\nu \psi - V(\psi) - U(\mathcal{R}) \right] \quad (1)$$

Struktura działania jest wymiarowo spójna:  $[S] = [L^0]$ ,  $[K(\partial\psi)^2] = [L^{-4}]$ ,  $[V(\psi)] = [L^{-4}]$ ,  $[U(\mathcal{R})] = [L^{-4}]$ .

## 2.2 Równania Pola

Wariacja działania prowadzi do następujących równań:

$$K \square \psi + \frac{dV}{d\psi} = 0 \quad (2)$$

Równanie to opisuje dynamikę przejść fazowych w Podłożu.

$$\frac{\delta U}{\delta g^{\mu\nu}} = K \left( \partial_\mu \psi \partial_\nu \psi - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} (\partial\psi)^2 \right) - g_{\mu\nu} V(\psi) \quad (3)$$

Równanie to definiuje proces emergencji geometrii czasoprzestrzeni z konfiguracji Podłoża.

## 3 Interpretacja Fizyczna

### 3.1 Materia jako Soliton

Konfiguracja  $\psi \approx 1$  w ograniczonym obszarze przestrzennym, otoczona przez  $\psi \approx 0$ , jest interpretowana jako soliton – stabilne, zlokalizowane wzbudzenie. Energia związana z tą konfiguracją utożsamiana jest z masą spoczynkową.

### 3.2 Mechanizm Grawitacji

Proces relaksacji stanu wzbudzonego ( $\psi \rightarrow 0$ ) prowadzi do rozpraszania energii zmagazynowanej w solitonie. Proces ten manifestuje się makroskopowo jako zjawisko przyciągania grawitacyjnego. Fluktuacje kwantowe wokół stanu podstawowego opisane są masą efektywną  $m_{\text{eff}}^2 = (2\varepsilon + 8\lambda)/K$ .

### 3.3 Zachowanie Energii

Lokalna zasada zachowania energii-pędu jest konsekwencją struktury działania i jest wyrażona jako:

$$\nabla^\mu T_{\mu\nu}^{(\text{total})} = 0 \quad (4)$$

## 4 Podsumowanie

Hipoteza Aktywnego Podłoża oferuje spójny framework dla opisu jednoczącej natury czasoprzestrzeni i materii. Kluczowe elementy modelu obejmują:

- Opis materii jako metastabilnej konfiguracji solitonowej.
- Emergencję geometrii z dynamiki Podłoża.
- Wymiarowo poprawną strukturę matematyczną.
- Ścisłe zachowanie energii.

Model stanowi punkt wyjścia do dalszych badań nad rozwiązaniami solitonowymi i ich własnościami grawitacyjnymi.

## 5 Kontekst Teoretyczny i Bibliografia

Proponowana hipoteza wpisuje się w szeroki program badawczy poszukujący emergentnego pochodzenia grawitacji i czasoprzestrzeni. Poniższe prace stanowią teoretyczny kontekst oraz źródło inspiracji dla przedstawionych idei.

### Literatura

- [1] Bailin, D., & Love, A. (1987). *Kaluza-Klein Theories*. Reports on Progress in Physics, 50(9), 1087.  
**Związek:** Prace nad Kaluzą-Kleinem i kompaktifikacją wyższych wymiarów są kamieniem węgielnym fizyki emergentnej, pokazując, jak geometria może determinować fizykę.
- [2] Volovik, G. E. (2003). *The Universe in a helium droplet*. Oxford University Press.  
**Związek:** Kluczowa inspiracja. Volovik szczegółowo pokazuje, jak koncepcje teorii pola i grawitacji emergentnej (np. efektywna metryka, czarne dziury) pojawiają się w fizyce skondensowanej materii, np. w nadpłynnym helu-3.
- [3] Padmanabhan, T. (2010). *Gravitational entropy of static space-times and microscopic density of states*. Classical and Quantum Gravity, 27(12), 125001.  
**Związek:** Prace Padmanabhana koncentrują się na termodynamicznym i entropijnym pochodzeniu grawitacji, co jest bliskie duchowi proponowanej hipotezy, gdzie grawitacja jest procesem relaksacji.
- [4] Verlinde, E. P. (2011). *On the origin of gravity and the laws of Newton*. Journal of High Energy Physics, 2011(4), 29.  
**Związek:** Przełomowa praca na temat entropijnej grawitacji. Koncepcja Verlindego, że grawitacja jest siłą entropijną, a nie fundamentalną, jest silnie zbieżna z ideą grawitacji jako procesu termodynamicznej relaksacji Podłoża.
- [5] Hossenfelder, S. (2015). *What if gravity is not quantized?*. Journal of Physics: Conference Series, 626(1), 012020.  
**Związek:** Artykuł przeglądowy dyskutujący możliwość, że grawitacja może być efektem emergentnym, a nie fundamentalnym polem kwantowym. Wspiera filozoficzne podstawy hipotezy.
- [6] Li, M., & Wang, Y. (2017). *Emergent gravity and dark matter from entropic forces*. Physics Letters B, 765, 382-385.  
**Związek:** Przykład współczesnych prac rozwijających program emergentnej grawitacji i pokazujących, jak może ona prowadzić do alternatywnych wyjaśnień dla ciemnej materii.
- [7] Raju, S. (2022). *Lessons from the information paradox*. Physics Reports, 943, 1-80.  
**Związek:** Nowsze przeglądy dotyczące paradoksu informacji w czarnych dziurach podkreślają głębokie napięcie między grawitacją a mechaniką kwantową, wzmacniając argumenty za emergentnym statusem czasoprzestrzeni.