

Ewolucja niejednorodnych rozkładów pola Higgsa

Tomasz Krajewski

Streszczenie

W pracy opisano powstawanie oraz ewolucję niejednorodnych konfiguracji pola Higgsa we wczesnym Wszechświecie. Rozważamy dwa mechanizmy powstawania takich konfiguracji pól: poprzez fluktuacje termiczne w gorącym Wszechświecie oraz poprzez fluktuacje kwantowe w zakrzywionej czasoprzestrzeni podczas ery inflacyjnej. Ze względu na istnienie dwóch minimów potencjału efektywnego Modelu Standardowego możliwe jest uformowanie się z tych konfiguracji ścian domenowych. Sieci kosmologicznych ścian domenowych pola Higgsa stanowią główny temat tej pracy. Wyznaczamy w niej właściwości tych ścian oraz badamy ich ewolucję.

W pracy podaliśmy algorytm obliczania szerokości ścian domenowych (wielkości charakteryzującej skalę energii przy której zachodzi dynamika ścian) dla dowolnego potencjału. Udowodniliśmy także niestabilność ścian w modelach z potencjałami o niezdegenerowanych minimach.

Nasze symulacje numeryczne pokazują, że ściany domenowe pola Higgsa są nietrwałe i rozpadły się tuż po uformowaniu. Ich krótkie czasy życia wykluczają możliwość zaburzenia obserwacji kosmologicznych w znaczący sposób. Ponadto odkryliśmy, że powstanie sieci ścian, której ewolucja kończy się w obserwowanej próżni elektrosłabej, nie jest aż tak mało prawdopodobne jak można by przypuszczać.

W naszych dalszych badaniach wykorzystaliśmy formalizm efektywnej teorii pola do ustalenia wpływu nowych, nieznanych dotąd i nieopisywanych przez Model Standardowy oddziaływań na dynamikę ścian domenowych pola Higgsa. Symulacje numeryczne pokazały, że sieci tych ścian nie są czułe na oddziaływanie spoza Modelu Standardowego, jeżeli masy nowych cząstek są większe niż 10^{12} GeV. W przypadku lżejszych cząstek postać potencjału efektywnego może być zmodyfikowana w zakresie natężeń pola istotnych dla ewolucji ścian domenowych.

Ponadto badaliśmy wpływ na ewolucję sieci ścian stanu termicznego tła cząstek Modelu Standardowego odpowiadającego wczesnemu, gorącemu i gęstemu Wszechświatowi. Zaobserwowaliśmy istotną zależność właściwości ścian od temperatury stanu termicznego. Dla temperatur większych niż 10^{11} GeV charakterystyczna skala energii (położenie maksimum potencjału efektywnego jak i szerokość ścian) jest rzędu wartości tej temperatury. Nasze symulacje pokazały, że ściany domenowe pola Higgsa w tle termicznym są mniej stabilne niż można by przypuszczać bazując na wcześniejszych wynikach. Z tego względu powstanie sieci ścian rozpadającej się do próżni elektrosłabej jest mało prawdopodobne. Określiśmy także widmo energetyczne fal grawitacyjnych emitowanych przez rozpadające się ściany domenowe pola Higgsa i możliwość ich detekcji. Pokazaliśmy, że gęstość energii tych fal w Modelu Standardowym i w jego rozszerzeniach, jest zbyt mała by fale wyemitowane przez ściany domenowe pola Higgsa mogły być zaobserwowane w działających oraz planowanych detektorach.