
Streszczenie

W niniejszej rozprawie badamy przechłodzoną przemianę fazową (PF) zachodzącą we wczesnym Wszechświecie. Wykorzystując wysokotemperaturową redukcję wymiarową (DR ang. dimensional reduction), obliczamy prawdopodobieństwo nukleacji do następnego rzędu po wiodącym (NLO, ang. next-to-leading order) w rachunku perturbacyjnym, zwracając uwagę na uwzględnienie poprawek wyższych rzędów oraz zależności od skali renormalizacji (skali RG, ang. renormalisation scale). Obliczamy także wyznaczniki fluktuacyjne, co prowadzi do najbardziej precyzyjnego opisu nukleacji bąbli na poziomie NLO. Przedmiotem naszych badań jest model zwany $SU(2)cSM$, który rozszerza konforemna wersję Modelu Standardowego o dodatkowy sektor z symetrią $SU(2)_X$. Nowy sektor zawiera również dodatkowe pole skalarnie, które uzyskuje niezerową wartość oczekiwaną w próżni poprzez radiacyjne łamanie symetrii. Łamanie symetrii $SU(2)_X$ zachodzi w wyniku przechłodzonej PF pierwszego rzędu.

Pierwsza część pracy stanowi wprowadzenie teoretyczne. Opisujemy działanie efektywne oraz zależność potencjału efektywnego od skali RG. Następnie przechodzimy do teorii pola w skończonej temperaturze, omawiając związek między energią swobodną a potencjałem efektywnym. Przedstawiamy podstawy rachunku zaburzeń w skończonej temperaturze oraz rozwinięcia perturbacyjne w ramach efektywnej teorii pola. Na końcu omawiamy termiczną nukleację bąbli.

W drugiej części rozprawy stosujemy ten formalizm do modelu $SU(2)cSM$ oraz zachodzącej w nim przechłodzonej PF. Uwzględniając wszystkie istotne wkłady, konstruujemy potencjał efektywny, po czym omawiamy łamanie symetrii oraz dostępny obszar przestrzeni parametrów modelu. Aby rozwiązać problem zależności od skali RG, wyprowadzamy ulepszony potencjał efektywny (ang. RG-improved) dla ciemnego sektora $SU(2)$. Następnie dodajemy poprawki termiczne i pokazujemy, w jaki sposób efekty wysokotemperaturowe mogą wpływać nawet na przechłodzoną PF. Po raz pierwszy w literaturze stosujemy DR do modelu z klasyczną symetrią skalowania oraz z przechłodzoną PF. Następnie omawiamy otrzymaną efektywną teorię oraz zakres jej stosowalności. W dalszej części wyprowadzamy prawdopodobieństwo nukleacji na poziomie NLO, omawiamy różne przybliżenia stosowane w literaturze oraz ich ograniczenia. W szczególności numerycznie obliczamy wyznaczniki fluktuacyjne, co prowadzi do najbardziej precyzyjnego opisu nukleacji bąbli. Pokazujemy także bezpośrednie porównanie różnych metod dla wybranego punktu w przestrzeni parametrów modelu $SU(2)cSM$.

W trzeciej części przedstawiamy wyniki fenomenologiczne. Opisujemy wszystkie parametry PF oraz prezentujemy wyniki skanów przestrzeni parametrów w modelu $SU(2)cSM$. Następnie omawiamy sygnały fal grawitacyjnych generowane przez kosmologiczną PF i przedstawiamy przewidywania sygnału w modelu $SU(2)cSM$. Obliczamy stosunek sygnału do szumu dla detektora LISA (ang. Laser Interferometer Space Antenna) i pokazujemy, że przechłodzona PF w modelu $SU(2)cSM$ prowadzi do silnego sygnału fal grawitacyjnych, który będzie obserwowalny przez eksperyment LISA w całym rozważanym zakresie przestrzeni parametrów modelu. Dzięki temu model $SU(2)cSM$ może zostać empirycznie zweryfikowany w przyszłych eksperymentach. Na końcu omawiamy wpływ niepewności teoretycznych na przewidywania dotyczące sygnału fal grawitacyjnych i pokazujemy, że uwzględnienie poprawek wyższych rzędów może znacząco zmienić zarówno parametry przemiany, jak i ostateczne widmo fal grawitacyjnych.