

Cel niniejszego projektu stanowi uogólnienie teorii pola wykorzystywanych w fizyce teoretycznej do opisu materii i oddziaływań podstawowych do przypadku przestrzeni fazowych o zwartej topologii. W ramach tej nowatorskiej konstrukcji zwykłą liniową przestrzeń fazową danej teorii pola uważa się jedynie za przybliżenie, działające dla odpowiednio małych wzbudzeń pola powyżej jego stanu próżni. Zakłada się, że zwarta przestrzeń fazowa lokalnie jest przestrzenią liniową, umożliwiając odzyskanie poprawnej granicy niskoenergetycznej.

Proponowane podejście zostanie zastosowane zarówno do pól bozonowych i fermionowych, jak i do pól cechowania. Pozwoli to skonstruować uogólnienia Modelu Standardowego charakteryzujące się zwartymi przestrzeniami fazowymi. Spodziewamy się, że zwartość przestrzeni fazowej, poprzez zapobieżenie osiągnięcia przez pole konfiguracji o dowolnie wysokiej energii, naturalnie zregularyzuje teorię w granicy ultrafioletowej. Szczególnie interesującym przypadkiem, na którym chcielibyśmy skoncentrować nasze badania, jest sferyczna przestrzeń fazowa, równoważna przestrzeni fazowej momentu pędu lub spinu. W tej sytuacji istnieje możliwość by potraktować znane teorie pola jako niskoenergetyczne przybliżenia pewnych układów spinowych, w szczególności tych rozważanych w fizyce materii skondensowanej.

Możliwość taka została wysunięta przez autorów niniejszego projektu i zanalizowana dla prostego przypadku pola skalarnego. Pokazano w szczególności, że ciągły model XXZ Heisenberga w granicy liniowej przestrzeni fazowej i przy dążącym do zera parametrze anizotropii redukuje się do relatywistycznego pola Kleina-Gordona. Znalezienie podobnych uogólnień układów spinowych dla teorii pól podstawowych będzie jednym z naszych zadań.

W istocie, omawiana konstrukcja teoriopolowa zrodzona została w kontekście poszukiwań kwantowej teorii oddziaływania grawitacyjnego. Długofalowym celem jest uogólnienie pola grawitacyjnego do przypadku zwartej przestrzeni fazowej. Niewykluczone, że w podobny sposób jak wprowadzenie zakrzywienia czasoprzestrzeni zmieniło nasze rozumienie grawitacji klasycznej, tak wprowadzenie zwartości przestrzeni fazowej pozwoli nam zbudować konsystentną kwantową teorię grawitacji.

Jesteśmy przekonani, że planowane badania rzucą nowe światło na wiele problematycznych kwestii związanych z Modelem Standardowym, jak i grawitacją kwantową, takich jak rozbieżności ultrafioletowe oraz renormalizowalność, czy problem hierarchii. W szczególności, jak wskazują wstępne wyniki dla pola skalarnego, zwartość przestrzeni fazowej ma wpływ na gęstość energii próżni i przez to może się wiązać z wartością stałej kosmologicznej. Ponadto pokazano również, że istnieją obiecujące perspektywy dla zastosowania pól ze zwartą przestrzenią fazową w kosmologii. Rozważana konstrukcja, zapewniając pomost łączący teorię pola i materię skondensowaną, będzie niewątpliwie generować wiele nowych pomysłów i kierunków do eksploracji. Już na obecnym etapie można wskazać szereg jej potencjalnych zastosowań, jak np. badanie układów o bardzo dużych amplitudach pola, symulacje teorii pola na komputerach kwantowych, wykorzystanie metod teoriopolowych w fizyce ciała stałego, konstruowanie ciałostałowych modeli analogowych grawitacji i rozszerzenie fenomenologii grawitacji kwantowej, a także zastosowania w zagadnieniach interdyscyplinarnych, jak na przykład w modelach pól neuronowych. Oraz niewątpliwie dużo, dużo więcej, o czym pozwoli nam się przekonać realizacja niniejszego projektu.