

Abstract

Dynamika kinku w modelu sinus-Gordona: oddziaływanie z niejednorodnościami

Niniejsza rozprawa doktorska koncentruje się w szczególności na badaniu rozwiązań kinkowych w zmodyfikowanym modelu sinus-Gordona. Obejmuje ona kompleksową analizę efektów łamania niezmienniczości translacyjnej ze względu na obecność zlokalizowanych niejednorodności. W analizie tej uwzględniano także obecność szumu termicznego. Rozważania zostały również uogólnione na większą liczbę wymiarów przestrzennych.

Badania te rozpoczynają się od uzyskania zmodyfikowanego modelu sinus-Gordona z zależnym od położenia członem dyspersyjnym, którego obecność jest niezbędna do zrozumienia dynamiki niezmienniczej różnicy faz makroskopowych funkcji falowych opisujących elektrody nadprzewodzące z złączach Josephsona. Te modyfikacje równania sinus-Gordona sprawiają, że ma ono zastosowanie do złącz o różnych krzywiznach. Praca ta porównuje uproszczone opisy ruchu kinku w złączu z dokładnym modelem polowym, zwracając uwagę na ograniczenia tradycyjnych podejść opartych o współrzędne kolektywne, a zarazem proponując inną, wykazującą lepsze przybliżenia w niektórych sytuacjach, alternatywę.

W następnej części zbadano wpływ szumu termicznego na propagację kinku w układach niejednorodnych, w szczególności w zakrzywionych, długich złączach Josephsona. Opracowano wzór analityczny, oparty na równaniu Fokkera-Plancka, w celu oszacowania prawdopodobieństwa transmisji kinku przez barierę potencjału w funkcji temperatury układu. Przybliżenie analityczne w tym przypadku okazuje się być zgodne z symulacjami numerycznymi, szczególnie dla temperatur powyżej 1K.

Ponadto dokładnie przeanalizowano interakcję kinku ze zlokalizowanymi niejednorodnościami. Badania te koncentrują się na wpływie bariery potencjału, wynikającej z niejednorodności, na ruch i stabilność kinku szczególnie dla prędkości bliskich wartościom krytycznym. Efektywne modele niskowymiarowe są wykorzystywane do symulacji dynamiki kinku, zapewniając wgląd w zachowanie systemu zarówno w środowiskach dyssypatywnych, jak i nierozprasających. Modele te dokładnie odtwarzają wyniki oryginalnego modelu polowego.

Zwieńczeniem prowadzonych badań było zbadanie wpływu niejednorodności na ruch frontu kinkowego w 2+1 wymiarach. Opracowano efektywne równanie reprezentujące ruch frontu kinkowego w różnych scenariuszach, w tym z quasi-jednowymiarowymi i czysto dwuwymiarowymi niejednorodnościami. Stanowi to znaczący postęp w naszym zrozumieniu charakterystyki widmowej kinku i dynamicznych interakcji z niejednorodnościami. Przewidywania analityczne i wyniki obliczeń numerycznych w tych scenariuszach zgadzają się, potwierdzając słuszność zaproponowanych modeli.