

W proponowanym projekcie badane będą doświadczalnie i teoretycznie jednowymiarowe układy otwarte, takie jak sieci mikrofalowe i grafy kwantowe. Grafy kwantowe mają olbrzymie znaczenie ponieważ mogą być traktowane jako idealizacja rzeczywistych sieci fizycznych, przy założeniu, że długości ramion grafu są dużo większe niż ich średnica. Graf kwantowy posiada N wierzchołków połączonych przez B ramion. W większości badań matematycznych grafy traktowane są jako układy zamknięte, całkowicie odizolowane od otaczającego je świata. Grafy kwantowe charakteryzują się wieloma ciekawymi właściwościami. Do najbardziej niezwykłych należy właściwość izospektralności. Mianowicie wykazano, że istnieją grafy o różnych kształtach, które posiadają dokładnie takie samo widmo stanów energetycznych! Czyli są izospektralne. W świecie rzeczywistym grafy nie są układami zamkniętymi. Mogą być na przykład podłączone za pomocą przewodów do układu pomiarowego.

W przełomowych badaniach wykonanych w Instytucie Fizyki PAN wykazano, że grafy kwantowe z symetrią i bez symetrii ze względu na odwrócenie czasu mogą być eksperymentalnie symulowane przez sieci mikrofalowe. Ponieważ sieci mikrofalowe mogą symulować druty kwantowe i wiele innych struktur, proponowane badania pogłębią naszą wiedzę o właściwościach tych układów, która jest bardzo ważna z perspektywy badań podstawowych a także przyszłych zastosowań.

W projekcie tym będą badane właściwości grafów i sieci z symetrią i bez symetrii ze względu na odwrócenie czasu, włączając w to grafy i sieci nieweylowskie i jednakowo rozpraszające. W wypadku grafów nieweylowskich liczba rezonansów układu jest mniejsza niż przewidywana przez formułę Weyla. Grafy te nie były do tej pory badane doświadczalnie. Badania doświadczalne obejmą także układy ze złamaną symetrią czasową oraz z wewnętrzną absorpcją, które do tej pory nie były studiowane teoretycznie. Grafy i sieci jednakowo rozpraszające powstają w wyniku połączenia grafów i sieci izospektralnych z pewną liczbą nieskończonych przewodów. Ten bardzo ważny kierunek badań matematycznych i fizycznych został zapoczątkowany przez słynne pytanie Marka Kaca „Czy słyszymy kształt bębna?”, które w wypadku systemów jednowymiarowych może być zmienione na pytanie „Czy słyszymy kształt grafu?”. W tym projekcie badane będą nowe, bardziej złożone grafy i sieci jednakowo rozpraszające. Zostanie także wprowadzona nowa miara jednakowego rozpraszania. Miara ta zostanie wykorzystana do badania właściwości tych układów i wpływu na te właściwości warunków brzegowych i wewnętrznej absorpcji. W badaniach doświadczalnych sieci mikrofalowych macierz rozpraszania układów zostanie wyznaczona za pomocą analizatora wektorowego oraz specjalnych kabli testowych. Przeanalizowane dane eksperymentalne zostaną porównane z przewidywaniami teoretycznymi.

Bardzo ważne badania zostaną również przeprowadzone w domenie czasowej. W projekcie badany będzie rozkład czasów transmisji sygnału przez sieci symulujące grafy kwantowe z symetrią i bez symetrii ze względu na odwrócenie czasu. Wyniki najnowszych badań teoretycznych przewidują, że rozkład ten powinien zależeć od właściwości grafów, takich jak sposób połączenia ramion, ich długości i warunków brzegowych. Rozkład czasów transmisji przez sieci będzie badany za pomocą szybkiego generatora kształtu fali oraz oscyloskopu cyfrowego. W projekcie przewidujemy zakup tych urządzeń. Podczas analizy danych doświadczalnych specjalna uwaga zostanie poświęcona możliwości uzyskania możliwie pełnej informacji o strukturach wewnętrznych badanych sieci.

Realizacja tego wniosku w sposób istotny pogłębi naszą wiedzę o właściwościach otwartych układów jednowymiarowych. Uzyskane rezultaty zostaną opublikowane w prestiżowych czasopismach oraz będą przedstawione na międzynarodowych konferencjach.