

Sztucznie tworzone architektury fotoniczne stanowią względnie proste układy do badania fundamentalnej fizyki. Są to zaprojektowane od podstaw sieci elementów fotonicznych, takich jak falowody, mikrowęki lub nanocząstki. Układ sieci jest inspirowany rozmieszczeniem atomów w materiałach 2D. Poszczególne elementy fotoniczne odgrywają tam rolę sztucznych "atomów" tworzących sieć. Na przykład nanoskalowe dyski dielektryczne mogą być ułożone w sześciokątny rozkład, analogicznie do atomów węgla tworzących arkusz grafenu. Gdy rozmiar tych dysków i odległości między nimi są porównywalne z długością fali elektromagnetycznej, światło może tunelować z jednego dysku do drugiego, podobnie jak elektron porusza się od atomu do atomu w sieci materiału. W konsekwencji w matrycach fotonicznych światło może podlegać analogicznemu zjawiskom fizycznym jak elektrony w materiałach niskowymiarowych. Przykładami są fotoniczne odpowiedniki słynnego kwantowego efektu Halla, w których przepływ światła zachodzi w wyznaczonych kierunkach, albo lokalizacja światła na defektach, np. dyskach o nieco innej geometrii.

Układy fotoniczne pozwalają jednak na znacznie większą swobodę konstrukcji niż konwencjonalne materiały ze względu na możliwość projektowania poszczególnych ich komponentów. Wśród różnorodnych zastosowań, które wynikają z tej swobody, jest realizacja nowych typów tak zwanych laserów topologicznych ze źródeł przestrzennie rozciągniętych wzdłuż ścian domeny - krawędzi między nieco różnymi geometriami architektury fotonicznej. Zjawiska te są tylko przykładami bogatej fizyki wynikającej z potencjału architektur fotonicznych, wykraczającego daleko poza możliwości materiałów, które je zainspirowały. **Celem tego projektu jest wykorzystanie fotonicznego potencjału do realizacji nowych kontrolowalnych warunków fizycznych w celu uzyskania obserwacji o charakterze fundamentalnym oraz ich wykorzystania do nowych zastosowań.**

Unikalne możliwości architektur fotonicznych, które leżą u podstaw tego teoretycznego projektu, obejmują

- Perspektywa modulacji geometrii sieci może zostać wykorzystana w celu opracowania nowych podejść do projektowania materiałów o właściwościach dostosowanych do określonych długości fal lub opracowania nowatorskich technik sterowania wiązką.
- Łamanie symetrii poprzez wprowadzanie nieporządku lub strukturyzowanie ścian domen w sieci. Wzdłuż takich ścian może przebiegać przepływ światła z określoną prędkością, w zadanym kierunku i wysoce odporny na strukturalne niedoskonałości.
- Wprowadzanie symetrii trudnodostępnych w materiałach, np. w wielowarstwowych architekturach z indywidualnie projektowanymi warstwami.
- Wykorzystanie optycznej przestrajalności współczynnika załamania światła materiału tworzącego elementy fotoniczne, np. poprzez zależność od natężenia światła w materiale. Efekt ten jest przykładem nieliniowości optycznej. Na poziomie podstawowym nieliniowości mogą być wykorzystywane do imitacji nowych rodzajów oddziaływań niedostępnych elektronom w materiałach. Na poziomie zastosowań, nieliniowe zjawiska są wzmocnione w obszarach silnej lokalizacji światła, którą w architekturach fotonicznych można osiągnąć przez inżynierię geometrii. Nieliniowe zjawiska są wykorzystywane np. w zastosowaniach laserowych.

Efekty te będą dokładnie badane w trakcie realizacji projektu.

Kluczem do skutecznego rozwiązania tych problemów jest analogia między równaniami rządzącymi dynamiką elektronów w materiałach a ewolucją światła w architekturach fotonicznych. Projekt ten rozszerza ramy metodologiczne i oparty o nie zestaw narzędzi numerycznych opracowane wcześniej przez kierownik projektu i jej partnerów w kontekście materiałów 2D. W trakcie realizacji projektu metodologia i narzędzia zostaną dostosowane, aby uchwycić fizykę fotonicznych architektur i nowe możliwości z nimi związane. Zastosowana metodologia pozwala na wydajne symulacje numeryczne przy znacznie niższych kosztach obliczeniowych w porównaniu do tradycyjnego podejścia opartego o rozwiązywanie równań Maxwella. Stworzony kod numeryczny zostanie udostępniony w formie otwartej, tak aby mógł być używany przez wszystkich zainteresowanych obliczeniami do celów podstawowych i zorientowanych na zastosowania a dotyczącymi zagadnień związanych z architekturami fotonicznymi.