

Funkcja falowa cząstki kwantowej prowadzi do wyraźnie nieklasycznych efektów mechanicznych. Ważnym przykładem jest tunelowanie kwantowe, które umożliwia skaningową mikroskopię tunelową, łączy Josephsona oraz pamięci flash. Równie zagadkowym zjawiskiem jest kwantowy przepływ wsteczny — efekt interferencyjny, w którym swobodna cząstka kwantowa o dodatnim pędzie wykazuje ujemny prąd prawdopodobieństwa w pewnym punkcie czasoprzestrzeni, pozornie poruszając się wstecz. Zjawisko to można wyjaśnić różnicą między lokalnymi właściwościami, takimi jak gęstość prawdopodobieństwa i prąd prawdopodobieństwa, a globalnymi właściwościami, takimi jak pęd, które wymagają znajomości całej funkcji falowej.

Termin „*kwantowy*” w przepływie wstecznym podkreśla wyraźny kontrast między klasyczną a kwantową dynamiką cząstek. Szersza koncepcja „*przepływu wstecznego*” — zjawiska falowego, w którym przepływ pewnej wielkości (takiej jak energia lub prawdopodobieństwo) w określonych obszarach czasoprzestrzeni jest przeciwny do kierunku przepływu jego składowych fal elementarnych — jest badana doświadczalnie i teoretycznie w świetle klasycznym i kwantowym w tej rozprawie. Nasze obserwacje anomalnego poprzecznego „*lokalnego*” pędu liniowego i orbitalnego momentu pędu w prostych superpozycjach dwóch wiązek światła przy użyciu sensora frontu falowego Shacka-Hartmanna demonstrują, że „*przepływ wsteczny*” w takich scenariuszach jest dość powszechny, z uwagi na praktyczną niemożność stworzenia wiązek składowych o idealnie równych amplitudach. Obserwacje te zostały rozszerzone do reżimu pojedynczych fotonów.

Należy zauważyć, że przepływ energii, kwantyfikowany poprzez wektor Poyntinga, jest współkierunkowy z mierzonym lokalnym pędem jedynie w przypadku liniowo spolaryzowanych przyosiowych pól w wolnej przestrzeni. Jak omówiono w dedykowanym rozdziale rozprawy, założenie to przestaje być prawdziwe dla pól wektorowych.

Pomimo obserwacji przepływu wstecznego w układach optycznych, perspektywa eksperymentalnego zaobserwowania tego zjawiska dla masywnej cząstki kwantowej, takiej jak elektron, pozostaje interesującym wyzwaniem. W pracy omówiono propozycję zaobserwowania tego zjawiska przy użyciu elektronów w transmisyjnym mikroskopie elektronowym.