

Woda w stanie ciekłym składa się z dużej ilości mikroskopijnych cząsteczek (H_2O molekuł). Ale można ją traktować jako substancję ciągłą o właściwościach, które zwykle definiują płyn. Wśród jej właściwości znajdujemy na przykład propagację fal. Teoria fizyczna opisująca dynamikę płynów nazywa się hydrodynamiką. Sukces hydrodynamiki w opisie ciekłej wody opiera się na tym, że do jej opisu nie jest konieczna znajomość mikroskopijnych szczegółów układu; wystarczy założyć, że mikroskopijne cząsteczki zachowują się w sposób kolektywny, co redukuje problem znalezienia wszystkich ich prędkości do znajomości prędkości w każdym punkcie płynu oraz pewnych zmiennych termodynamicznych w zależności od lokalnej temperatury i gęstości.



Celem tego projektu jest opis właściwości hydrodynamicznych elektronów wewnątrz pewnych niedawno odkrytych materiałów, nazywanych półmetalami topologicznymi. Charakterystyczne dla przepływu elektronów wewnątrz tych materiałów jest to, że egzotyczne efekty kwantowe pozwalają na transport elektronów wewnątrz drutu wykonanego z tego materiału bez utraty energii. Zrozumienie tych właściwości da podstawy do budowy bardziej wydajnych urządzeń do magazynowania energii i może również posłużyć do konstrukcji komputerów kwantowych.



U góry: Woda poza stanem równowagi; widoczne jest rozchodzenie się fal. U dołu: pierwszy obraz czarnej dziury uzyskany przy użyciu Teleskopu Horyzontu Zdarzeń (ang. Event Horizon Telescope). Świetlisty pierścień odpowiada ugięciu światła spowodowanemu silną grawitacją tuż za horyzontem. Źródło: Event Horizon Telescope Collaboration.

Pochodzenie tych egzotycznych właściwości opiera się na pewnych podobieństwach modeli matematycznych opisujących właściwości fizyczne elektronów wewnątrz materiału oraz modeli opisujących oddziaływanie cząstek o wysokiej energii, takich jak te produkowane w zderzaczach cząstek elementarnych, np. w genewskim LHC. Formalizm matematyczny fizyki wysokich energii nazywa się relatywistyczną kwantową teorią pola. W pewnym sensie poznanie właściwości rozważanych materiałów zapewni nam nie tylko istotny postęp technologiczny, lecz także pomoże na głębsze zrozumienie podstawowych praw fizyki odpowiedzialnych za strukturę wszechświata.

Opierając się na analogii do relatywistycznych cząstek subatomowych, proponujemy w tym projekcie zastosowanie technik teorii pola do opisu pozornie odmiennego układów, czyli elektronów wewnątrz materiału. Wykorzystamy zasadę holograficzną, która łączy fizykę czarnej dziury oraz dynamikę cząstek kwantowych w reżimie hydrodynamicznym. Zasada holograficzna, zwana też dualizmem cechowania/grawitacji, w zaskakujący sposób powiązuje dynamikę horyzontu zdarzeń czarnej dziury z teoriami dynamiki płynów. Innymi słowy, czarne dziury zachowują się jak ciecz. W szczególności, holografia okazuje się użytecznym narzędziem, gdy oddziaływanie pomiędzy cząstkami jest tak silne, że standardowe techniki obliczeniowe zawodzą.

Podsumowując, w ramach tego projektu spodziewamy się przewidzieć istnienie nowych właściwości transportu elektronowego w materiałach topologicznych oraz stworzyć podstawy dla istotnego postępu technologicznego w elektronice.