Po 80 latach fizykom udało się stworzyć kryształ Wignera

18 sierpnia 2021

Przez 80 lat fizycy próbowali zrealizować pomysł pioniera mechaniki kwantowej, Eugene'a Wignera, który w 1934 roku zaproponował stworzenie niezwykłego rodzaju materii – kryształu zbudowanego z elektronów. W ubiegłym miesiącu na łamach „Nature" poinformowano o pierwszych eksperymentalnych obserwacjach kryształów Wignera.

Pozornie może wydawać się, że zbudowanie kryształu z elektronów nie powinno być trudne. Odpychają się one od siebie, chłodzenie zmniejszyłoby ich poziom energetyczny, więc powinny tworząc odpowiedni kształt, tak jak zastyga schłodzona woda. Problem jednak w tym, że zimne elektrony podlegają zasadom mechaniki kwantowej i zachowują się jak fala. Nie zastygają w miejscu w uporządkowanej postaci, a poruszają się i zderzają ze sobą.

Zespół z Uniwersytetu Harvarda, na czele którego stał Hongkun Park, uzyskał kryształ Wignera niemal przypadkiem. Uczeni badali, jak zachowują się elektrony w bardzo cienkich warstwach półprzewodnika, oddzielonych od siebie warstwami materiału, przez który elektrony nie mogą się przedostać. Naukowcy schłodzili swój materiał poniżej -230 stopni Celsjusza i eksperymentowali z różną liczbą elektronów w każdej z warstw. W pewnym momencie zauważyli, że gdy w warstwie znajduje się określona liczba elektronów, przestają się one poruszać. „Z jakiegoś powodu elektrony w półprzewodniku nie mogły się ruszyć. To nas zaskoczyło" – mówi You Zhou.

Autorzy badań zwrócili się o pomoc w wyjaśnieniu tego fenomenu do teoretyków, a ci przypomnieli sobie, że Wigner obliczył, iż elektrony w cienkim dwuwymiarowym materiale powinny utworzyć

trójkątny wzorzec, co uniemożliwi im poruszanie się.

W krysztale uzyskanym przez grupę Zhou siły elektrony ułożyły się w regularny krystaliczny wzór dzięki odpychaniu się zarówno w ramach jednej warstwy, jak i pomiędzy warstwami. Siła odpychania uniemożliwiła im poruszanie się. Jednak takie zachowanie elektronów miało miejsce jedynie wtedy, gdy liczba elektronów w warstwach do siebie dopasowana. Mniejsze trójkąty w jednej warstwie, musiały dokładnie wypełniać przestrzeń wewnątrz większych kryształów w innej warstwie.

Gdy naukowcy z Harvarda zdali sobie sprawę, że mają do czynienia z kryształem Wignera, doprowadzili do jego „rozpuszczenia się", wymuszając przejście fazowe, jednak bez dodatkowego ogrzewania. Teoretycy już wcześniej opisywali warunki konieczne do zaistnienia takiego przejścia. Teraz udało się je uzyskać. „To naprawdę ekscytujące, obserwować w praktyce to, o czym czytaliśmy w podręcznikach" – mówi Park.

Naukowcy oświetlali warstwy półprzewodnika laserem, co doprowadziło do powstania ekscytonu. Następnie materiał albo odbijał albo emitował światło. Analiza tego światła pozwalała stwierdzić, czy ekscytony wchodziły w interakcje ze zwykłymi swobodnymi elektronami czy też elektronami zamrożonymi w kryształ Wignera. „Zdobyliśmy bezpośrednie dowody na istnienie kryształu Wignera o trójkątnej strukturze" – mówi Park.

Zespół z Uniwersytetu Harvarda chce wykorzystać swoje osiągnięcie do badań kryształów Wignera i silnie skorelowanych elektronów. Chcą m.in. odpowiedzieć na pytanie, co się dzieje, gdy kryształ Wignera rozpuszcza się. Ponadto już teraz udało im się zaobserwować kryształ w wyższych temperaturach i z większą liczbą elektronów, niż przewidywali to teoretycy. Zbadanie, dlaczego tak się stało może dać wiele odpowiedzi na pytania o zachowania silnie skorelowanych elektronów.

Autorstwo: Mariusz Błoński
Na podstawie: News.harvard.edu

Źródło: KopalniaWiedzy.pl