

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Bez wątplenia jednym z najbardziej intrygujących zjawisk w fizyce ciała stałego jest zjawisko nadprzewodnictwa, odkryte w roku 1911 przez Kamerlingha Onnesa podczas badań nad własnościami materiałów w niskich temperaturach. Wówczas to, podczas pomiaru oporu elektrycznego rtęci zaobserwowano, że opór elektryczny tego materiału w niskiej temperaturze spada o wiele rzędów wielkości. Obecnie wiemy już, że materiały w stanie nadprzewodzącym nie wykazują żadnego oporu elektrycznego. Nie trzeba być naukowcem aby wyobrazić sobie, jakie perspektywy otwiera ta intrygująca. Wyobraźmy sobie bowiem komputery nadprzewodzące, czy inne urządzenia elektroniczne, które działają przy bardzo znikomym, lub wręcz zerowym poborze mocy. Chociaż zjawisko nadprzewodnictwa zostało odkryte na początku XX wieku, jego wyjaśnienia doczekaliśmy się dopiero 46 lat później, kiedy to John Bardeen, Leon Cooper oraz John Schrieffer opublikowali swoją kwantową teorię nadprzewodnictwa, nazwaną od ich nazwisk teorią BCS. Teoria ta zakłada, że istotą powstawania nadprzewodnictwa jest kreacja par nośników ładunków, zwanych parami Coopera. Zgodnie z teorią BCS, pary takie składają się z elektronów o przeciwnych spinach oraz pędach, tak że całkowity pęd pary Coopera równy jest zeru. Niestety zarówno teoria BCS jak i eksperymenty jednoznacznie pokazywały, że temperatura w których niektóre materiały metaliczne przechodzą w stan nadprzewodzący, jest bardzo niska i równa kilku kelwinom. Tak niska temperatura przejścia stała się poważnym ograniczeniem z punktu widzenia zastosowań tych materiałów we współczesnej elektronice. Dlatego obecne badania prowadzone w laboratoriach na całym świecie mają jeden główny cel, a mianowicie zwiększenie temperatury przejścia w stan nadprzewodzący do temperatury pokojowej. W tym względzie istotnym krokiem milowym były odkrycia lat 80-tych które pokazały, że wiele materiałów może znajdować się w stanie nadprzewodzący w znacznie wyższej temperaturze sięgającej ok. 160 K.

Wraz z ogromnym postępowaniem w nanotechnologii jaki dokonał się w ostatniej dekadzie, w laboratoriach rozpoczęły się równoległe badania nad nadprzewodnictwem w skali nano. W tym względzie zasadnym wydaje się pytanie co stanie się z nadprzewodnictwem jeśli wielkość próbki zmniejszymy do rozmiarów mniejszych niż rozmiar pary Coopera. Czy nadprzewodnictwo zniknie, czy powstanie inny rodzaj stanu nadprzewodzącego? Ostatnie badania w tym zakresie pokazały, że temperatura krytyczna takich nanoobjektów oscyluje w funkcji ich rozmiarów, osiągając wartości większe od temperatury mierzonej w litych materiałach. A zatem, po raz kolejny pojawiło się pytanie, czy poprzez ograniczenie rozmiarów próbki do rozmiarów nanometrowych jesteśmy w stanie zwiększyć temperaturę przejścia do stanu nadprzewodzącego tak, aby była ona porównywalna z temperaturą pokojową ?

Chociaż nadal nie udało się uzyskać nadprzewodnictwa w temperaturze pokojowej, badania nad nadprzewodnictwem w skali nano ujawniły szereg interesujących stanów nadprzewodzących, których nie da się ująć w ramach teorii BCS. Do stanów tych należą: faza FFLO, faza FFLO typu Rashby czy stan helikalny. Te niekonwencjonalne rodzaje nadprzewodnictwa charakteryzują się niezerowym pędem par Coopera, co prowadzi do szeregu interesujących zjawisk nie obserwowanych w nadprzewodnikach konwencjonalnych. Dlatego celem niniejszego projektu są badania własności oraz warunków stabilności niekonwencjonalnych stanów nadprzewodnictwa z niezerowym pędem par Coopera w cienkich warstwach metalicznych, w kontekście najnowszych eksperymentów, których wyniki w dużej mierze nadal pozostają niewyjaśnione. Ze względu na wielopasmowy charakter nadprzewodnictwa w takich układach, oczekujemy, że badania z uwzględnieniem parowania międzypasmowego, pozwolą odkryć i wyjaśnić wiele nowych, jeszcze nie poznanych własności takich faz. Zrealizowanie wszystkich celów projektu będzie stanowiło istotne poszerzenie istniejącego stanu wiedzy na temat niekonwencjonalnych faz nadprzewodnictwa w cienkich warstwach metalicznych.