

Tytuł: Niekonwencjonalne nadprzewodnictwo, topologia i silne korelacje elektronowe w dwuwymiarowych warstwach moiré dichalkogenidków metall przejściowych

Autor: WASEEM AKBAR

Streszczenie:

Dwuwymiarowe (2D) supersieci moiré stanowią, wysoce kontrolowalną, platformę do badania wzajemnie powiązanych, efektów silnych korelacji elektronowych, nietrywialnej topologii oraz niekonwencjonalnego nadprzewodnictwa. W niniejszej pracy koncentrujemy się na dwuwarstwach dichalkogenidków metall przejściowych (TMD), które prowadzą do powstania struktury moiré, gdy dwie identyczne monowarstwy, takie jak WSe_2 , są połączone, z niewielkim kątem skręcenia lub gdy różne monowarstwy, takie jak WS_2 i WSe_2 , są połączone, nawet bez skręcenia. Głównym celem pracy jest opracowanie spójnego opisu teoretycznego niekonwencjonalnego stanu nadprzewodzącego, w dwuwarstwach TMD w oparciu o efektywne niskoenergetyczne modele t-J oraz t-J-U, w których mechanizm parowania wynika z kinetycznej wymiany w reżimach umiarkowanych i silnych korelacji. Aby uwzględnić istotną rolę oddziaływań elektron-elektron, zastosowano metodę przybliżenia Gutzwillera. Nasza analiza ujawnia kilka kluczowych wyników: (i) pojawienie się topologicznego nadprzewodnictwa w skręconej dwuwarstwie WSe_2 w reżimie silnych korelacji, z dwiema topologicznie nietrywialnymi kopułami nadprzewodzącymi, o mieszanej symetrii singletowej (d+id) oraz trypletowej (p-ip), a także stan izolatora Motta przy połowicznym wypełnieniu, co jest zgodne z wcześniejszymi wynikami eksperymentalnymi; (ii) w reżimie umiarkowanych korelacji oraz w obecności oddziaływania kulombowskiego między węzłami (V) wykazujemy, że nadprzewodnictwo pojawia się jedynie w wąskim zakresie wartości prostopadłego pola elektrycznego, gdy osobliwość Van Hove'a pokrywa się z połowicznym wypełnieniem, co jakościowo zgadza się z późniejszymi danymi eksperymentalnymi; (iii) pokazujemy, że model Hubbarda z ujemnym U, prowadzący do konwencjonalnego stanu sparowanego, nie odtwarza w pełni sytuacji eksperymentalnej, co wskazuje, że niekonwencjonalny charakter parowania oraz istotna rola korelacji elektronowych są kluczowymi elementami opisu teoretycznego nadprzewodnictwa w dwuwarstwie WSe_2 ; (iv) nasze obliczenia numeryczne pokazują, że dzięki efektom renormalizacji rozważany mechanizm parowania pozwala na utrzymanie nadprzewodnictwa nawet dla stosunkowo dużych wartości V, charakterystycznych dla heterostruktuury WS_2/WSe_2 , co podkreśla potencjał tego układu jako kolejnego kandydata do niekonwencjonalnego nadprzewodnictwa w rodzinie układów z wąskimi pasmami moiré. Podsumowując, niniejsza praca pokazuje, że formalizm teoretyczny oparty na modelu t-J-U stanowi obiecującą drogę do spójnego opisu nadprzewodnictwa w dwuwarstwach moiré opartych o TMD.

