

EFEKT EKSCYTONÓW W KWANTOWYM SPINIE HALLA

Streszczenie

Kwantowe spinowe izolatory Halla to układy dwuwymiarowe z izolującą objętością i przewodzącymi krawędziami. Należą one do zupełnie nowej klasy materiałów, których nie da się połączyć adiabaticznie ze zwykłymi (topologicznie trywialnymi) izolatorami i półprzewodnikami. Podobnie jak kwantowy i kwantowy anomalny efekt Halla, kwantowy spinowy efekt Halla również wiąże się z topologią, co pozwala wyjaśnić jego wiele interesujących cech. Po ustaleniu kluczowych pojęć związanych ogólnie z materiałami topologicznymi, a w szczególności z kwantowym spinowym efektem Halla, niniejsza praca skupia się na badaniu korelacji elektron-dziura w układach dwuwarstwowych z odwróconymi pasmami. Oddziaływania kulombowskie sprzyjają tworzeniu ekscytonów, par elektronów i dziur odpowiednio z pasm przewodnictwa i walencyjnego, które kondensują, tworząc wysoce koherentną fazę. Korelacje ekscytonowe wzbogacają topologiczny diagram fazowy kwantowych spinowych izolatorów Halla, indukując fazę izolującą ze spontanicznie złamaną symetrią odwrócenia czasu, pomiędzy trywialną i nietrywialną fazą spinowego izolatora Halla. Jedną z charakterystycznych cech topologicznych przejść fazowych w bezkorelacyjnych izolatorach topologicznych jest zamykanie przerwy energetycznej. Obecność ekscytonów prowadzi jednakże do przejścia, w którym przerwa nie zamyka się. Można to interpretować jako wysięk systemu w celu zminimalizowania energii podczas przejścia topologicznego. Istnieje wiele niedawnych obserwacji doświadczalnych wskazujących na istnienie ekscytonów w układach dwuwarstwowych, ale jak dotąd nie zaobserwowano bezpośrednio spontanicznego łamania symetrii odwrócenia czasu. W oryginalnych badaniach przeprowadzonych na potrzeby tej rozprawy proponujemy układ doświadczalny do obserwacji tej właśnie fazy uporządkowanej. Numeryczne obliczenia transportu w dysku Corbino, badające przewodnictwo w objętości i na krawędziach, potwierdzają, że topologiczne przejście fazowe odbywa się bez zamykania przerwy energetycznej. Co więcej, proponujemy również wykorzystanie układu w jego stanie ze złamaną symetrią, wraz z nadprzewodnikiem typu s, do tworzenia, badania i manipulowania stanami zerowymi Majorany. Potwierdzamy, zarówno numerycznie jak i analitycznie, istnienie stanów zerowych Majorany na granicy tych dwóch układów. Przedstawiamy eksperymentalną konfigurację złącza Josephsona o budowie: nadprzewodnik/izolator ze złamaną symetrią/nadprzewodnik, pozwalającą zaobserwować prąd Josephsona o okresie 4π , wskazujący na stanami zerowymi Majorany zlokalizowane na interfejsach. Na koniec pokazujemy również, jak manipulować informacją kwantową przechowywaną w stanach zerowych Majorany i odczytywać stan kubitu topologicznego.



Tania Paul