

Efekty kwantowo-elektrodynamiczne w spektroskopii EPR ciała stałego

Miejsce realizacji: Instytut Fizyki Molekularnej PAN,
Zakład Nadprzewodnictwa i Przemian Fazowych

Kontakt:

Opiekun: dr hab. Maria Augustyniak-Jabłokow

Wprowadzenie:

Zjawisku elektronowego rezonansu paramagnetycznego (EPR) towarzyszą efekty, które w warunkach standardowego pomiaru są zwykle słabo wyrażone i z reguły nie brane pod uwagę. Jednym z nich jest silne sprzężenie spinów elektronowych ze stojącym polem elektromagnetycznym w rezonatorze, które można obserwować przy małej mocy mikrofal i dużej liczbie spinów oraz wąskim sygnale EPR. To kwantowo-elektrodynamiczne zjawisko jest analogiczne do próżniowego rozszczepienia Rabiiego, którego istotą jest silne oddziaływanie między atomem a fotonem spułapkowanym we wnęce. Wartość rozszczepienia Rabiiego charakteryzuje siłę sprzężenia między atomem a fotonem. Zjawisko to opisuje elektrodynamika kwantowa we wnęce rezonansowej.

Początkowo zjawisko to obserwowano głównie w zakresie optycznym. Ponieważ jednak czasy relaksacji spinowej w ciele stałym mogą być znacznie dłuższe od czasów życia atomu w stanie wzbudzonym, to obecnie, coraz częściej, badane jest silne sprzężenie układów spinowych w ciele stałym z fotonami z zakresu mikrofalowego w rezonatorze.

W przypadku spektroskopii EPR ciała stałego siła sprzężenia pojedynczego spinu z składową magnetyczną pola elektromagnetycznego jest mała, ale ulega wzmocnieniu w przypadku układu spinów we wnęce rezonansowej, ponieważ kolektywne sprzężenie jest proporcjonalne do pierwiastka z liczby spinów. W ostatnim okresie zjawisko to jest intensywnie badane ze względu na jego możliwe zastosowania w technologiach kwantowej informatyki. Wstępne badania i analiza wyników wskazują, że zastosowanie przewodzących elektrycznie materiałów węglowych może poszerzyć możliwości sterowania sprzężeniem spinów z rezonatorem.

Cel naukowy pracy i proponowane metody badawcze:

Celem pracy jest określenie własności silnie sprzężonych układów spiny-rezonator, przy uwzględnieniu oddziaływań obecnych w ciele stałym, w szczególności w materiałach węglowych. Badania doświadczalne będą wykonywane przy zastosowaniu zmodyfikowanej metody EPR umożliwiającej rejestrację częstotliwości rezonansowych sprzężonego układu spiny-rezonator. Zastosowanie układu temperaturowego umożliwi dodatkowo zmianę wartości stałej sprzężenia o rząd wielkości.

Opracowanie wyników wymagać będzie zaznajomienia się z teoriami zjawisk EPR i kwantowej elektrodynamiki we wnęce, a także teorii układów spinowych w materiałach przewodzących.