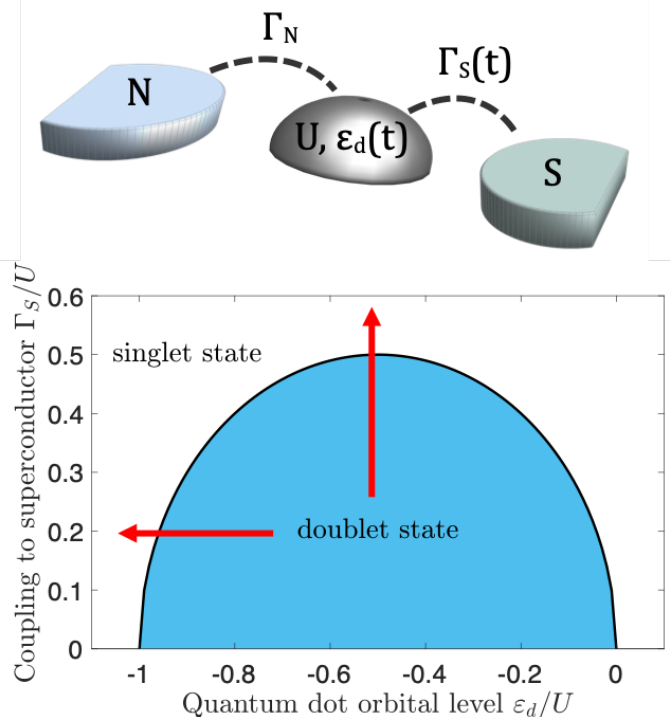


Zjawiska krytyczne i transportowe w skorelowanych nanostrukturach hybrydowych

Własności transportowe skorelowanych nanostruktur hybrydowych, obejmujących molekuly i atomy oraz ich sztuczne odpowiedniki, sprzężone z zewnętrznymi elektrodami są przedmiotem szeroko prowadzonych badań teoretycznych i eksperymentalnych nie tylko ze względu na istotne zagadnienia fundamentalne oraz nowe zjawiska fizyczne, ale także na możliwe zastosowania w nanoelektronice i technologiach kwantowych do przechowywania i przetwarzania informacji. Niewątpliwie jednak dla dalszego dynamicznego rozwoju technologii kwantowych kluczowe znaczenie ma pełne zrozumienie własności nanostruktur hybrydowych zarówno w warunkach równowagowych, jak i nierównowagowych, a także w stanach stacjonarnych oraz przejściowych. W związku z tym, w ostatnich latach szczególną uwagę zwrócono na efekty zależne od czasu i dynamiczne zjawiska krytyczne wywołane kontrolowaną zmianą parametrów układu, co w efekcie może prowadzić do wystąpienia dynamicznych przejść fazowych – odpowiednika klasycznych przejść fazowych, ale zachodzących w czasie. Do tej pory tego typu przejścia fazowe badano głównie w przypadku globalnych zmian parametrów rozważanego układu. Niedawno jednak wykazano, że dynamiczne przejścia fazowe mogą wystąpić w mezoskopowych układach hybrydowych obejmujących nanoskopowe elementy, takie jak adatomy, kropki kwantowe czy też molekuly. W układach tych lokalne zaburzenie może zostać wprowadzone w sposób w pełni kontrolowalny, co pozwala na systematyczne badanie zjawisk dynamicznych w sztucznych heterostrukturach. Jednym z prostszych mezoskopowych układów hybrydowych jest pojedyncza kropka kwantowa połączona z nadprzewodnikiem. Schemat takiego układu przedstawiono na rysunku. Po nagłym włączeniu sprzężenia do nadprzewodnika, układ ten wykazuje dynamiczne przejścia fazowe związane z przejściem pomiędzy odpowiednimi stanami układu. W tym kontekście ważnym zadaniem jest zbadanie dynamicznych zjawisk krytycznych oraz zdobycie rzetelnej wiedzy na temat zależnych od czasu właściwości fizycznych bardziej realistycznych i złożonych nanostruktur. Dlatego też głównym celem niniejszego projektu jest eksploracja dynamicznych przejść fazowych oraz dostarczenie nowych, dokładnych wyników dotyczących własności dynamicznych i transportowych złożonych nanostruktur hybrydowych, obejmujących m.in. molekuly o dużym spinie czy wielopoziomowe kropki kwantowe sprzężone z nadprzewodzącymi elektrodami, a także hybrydowe sztuczne molekuly i układy sprzężonych kropek kwantowych, które umożliwiają realizację tzw. molekuł Yu-Shiba-Rusinova, dimerów i trimerów. Tego typu układy są istotne w kontekście nowatorskich zastosowań w technologiach kwantowych, a badanie ich własności fizycznych pozwala również

odpowiedzieć na wciąż niezbadane, fundamentalne pytania istotne dla szerokiej społeczności naukowców. Badania naukowe prowadzone w niniejszym projekcie będą oparte na bardzo dokładnych metodach numerycznych, takich jak np. zależna od czasu metoda numerycznej grupy renormalizacji. Podejście to pozwala na uzyskanie wysokiej jakości wyników ilościowych z dokładnym uwzględnieniem różnego typu korelacji i oddziaływań. Zastosowanie takich unikatowych metod umożliwi dostarczenie wiarygodnych wyników dotyczących zjawisk zależnych od czasu oraz transportowych, co będzie miało znaczenie zarówno dla dalszych badań teoretycznych, jak i eksperymentalnych. Ponadto, otrzymane wyniki będą stymulować kolejne prace w obszarze nanoelektroniki i technologii kwantowych. Ponieważ badania w wysokospecjalistycznych obszarach, jak te opisane w niniejszym wniosku, są istotne nie tylko z punktu widzenia nauk podstawowych, ale także dla innowacji i potencjalnych zastosowań, realizacja projektu przyczyni się do rozwoju nowych, konkurencyjnych i przyjaznych środowisku technologii.



Rysunek: (Góra) Schemat hybrydowego układu mezoskopowego wykazującego dynamiczne kwantowe przejścia fazowe. Układ składa się z kropki kwantowej połączonej z elektrodą nadprzewodzącą (S) i normalną (N). (Dół) Stacjonarny diagram fazowy układu. Dynamiczne przejście fazowe występuje podczas przejścia układu pomiędzy fazami singletową i dubletową (co ilustrują czerwone strzałki).