

Projekt dotyczy opisu wybranych fundamentalnych aspektów układów (i związków) silnie skorelowanych fermionów (elektronów). Przez wybrane własności fundamentalne rozumiemy trzy zagadnienia:

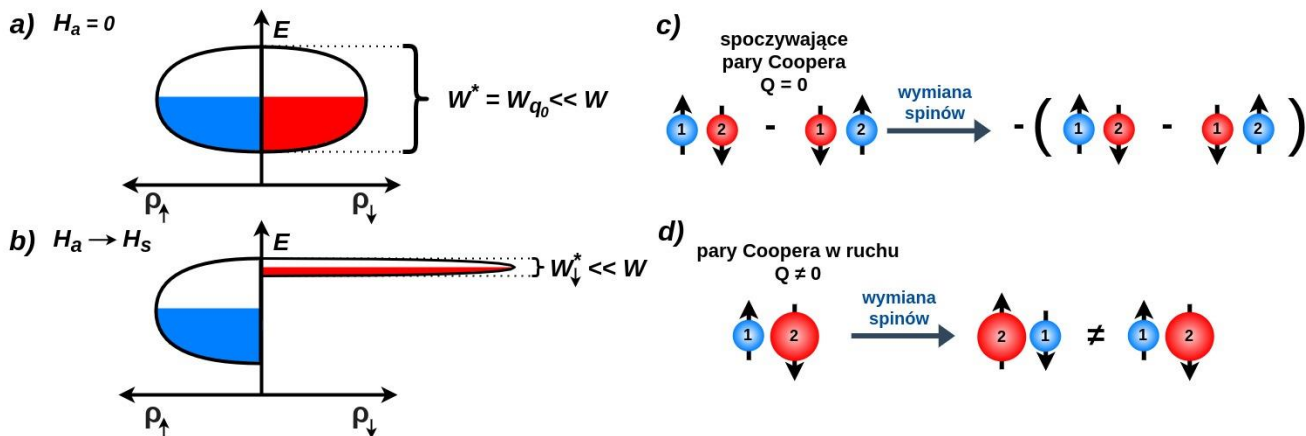
(i) Zamodelowanie przejścia od cząstek nierozróżnialnych do ich rozróżnialnych odpowiedników i związane z nim pojawienie się kwazicząstek ze spinowo zależnymi ciężkimi masami efektywnymi elektronów w polu magnetycznym. Przypadek ten jest ciekawy dlatego, że rozkład takich cząstek powstaje jako wypadkowa rozkładu klasycznego Boltzmanna ze względu na kierunek spinu i kwantowego ze względu na ich (kwazipęd). W efekcie prowadzi to do silnej korelacji rozkładów typu Fermiego-Diraca czy Bose-Einsteina tych cząstek.

(ii) Precyzyjne uwzględnienie korelacji między elektronowych w teorii wiązań chemicznych. Źródłem naszego zainteresowania było nasze ściśle rozwiązanie modelu Heitlera–Londona, który z kolei stanowi fundamentalny wkład do kwantowej chemii. To rozwiązanie pozwoliło na uwypuklenie nieścisłości w standardowej definicji kowalencyjności i precyzyjne zdefiniowanie *prawdziwej kowalencyjności* oraz stopnia *atomowości* w prostych molekułach. W obecnym projekcie zamierzamy rozszerzyć to podejście z *wiązań elektronowych* na *wiązania wodorowe* (protonowe), które w sposób przepiękny wiążą np. zasady purynowe w spirali DNA. To podejście będzie porównane z tym dla układów nano.

(iii) Jako trzecią część projektu proponujemy rewizję rodzajów oddziaływań wymiany w skorelowanych układach wieloorbitalowych. Okazuje się, że oprócz oddziaływania nadwymiany (kinetycznej wymiany), czy oddziaływania typu Kondo, występuje także czysto elektronowe oddziaływanie typu Działoszyńskiego-Moriy’i, z którego znaczenia zdaliśmy sobie sprawę całkiem niedawno. To nowe oddziaływanie dopełnia powyższe dwa i stanowi jeszcze jeden wkład oryginalny o znaczeniu fundamentalnym, szczególnie do teorii specyficznych własności magnetycznych, (np. magnetyzmu niekolinearnego). W tej części podamy także oryginalny opis własności spektralnych wzbudzeń dynamicznych dla wprowadzonych modeli efektywnych.

Jako zwieńczenie proponowanego projektu i dwóch poprzednich grantów OPUS (2019-2026) wystąpimy o specjalną zgodę na opracowanie monografii (*Concepts in Strongly Correlated Fermions*). Ma ona także włączyć nasze wcześniejsze oryginalne osiągnięcia: wyprowadzenie tak zwaną *modelu t-J* (1977-80), pierwszą termodynamiczną teorię przejścia Mota (metal-izolator) (1986-90), teorię nadprzewodnictwa wysokotemperaturowego wychodzącego w sposób systematyczny poza teorię pola średniego (2017-22), wprowadzenie spinowo-zależnych mas efektywnych (1990-2006), nowych statystyk kwantowo-klasycznych, a także precyzyjną dyskusję korelacji w molekułach i układach nanofizycznych (obecnie).

Jako ilustrację naszego podejścia podajemy na Rys.1 dwa przykłady nietypowych własności układów silnie skorelowanych (zob. wyjaśnienia pod rysunkiem).



Rys.1. **Lewa strona:** równoważne (a) i nierównoważne (b) podpasma spinowe dla przypadku skorelowanych elektronów. **Prawa strona:** ilustracja pary Coopera z jednakowymi (c) i różnymi (d) masami kwazicząstek, zależnymi od kierunku spinu. Strzałka pozioma – operacja zamiany spinów.