

# Abstrakt

**Autor:** Mgr. Dušan Kavický  
**Názov:** Identifikácia procesov tvorby a narúšania párov v supravodičoch pomocou riešenia inverzných úloh  
**Univerzita:** Univerzita Komenského  
**Fakulta:** Fakulta Matematiky Fyziky a Informatiky  
**Katedra:** Katedra experimentálnej fyziky  
**Školiteľ:** doc. RNDr. Richard Hlubina, DrSc.  
**Mesto:** Bratislava  
**Dátum:** 13.6. 2022  
**Typ práce:** Dizertačná práca

Supravodivosť vzniká Boseho-Einsteinovou kondenzáciou viazaných dvojíc elektrónov, tzv. Cooperových párov. Úlohou mikroskopickej teórie supravodivosti je rozhodnúť, ktoré procesy Cooperove páry vytvárajú, a naopak, ktoré procesy ich rozbíjajú. V literatúre bolo navrhnutých množstvo mechanizmov popisujúcich oba druhy procesov. Cieľom predkladanej práce je na základe dát z tunelových experimentov identifikovať tie procesy, ktoré podstatným spôsobom ovplyvňujú špecifické vlastnosti supravodičov pozorované v dvoch konkrétnych otvorených problémoch.

Prvý problém sa týka tenkých hliníkových filmov v paralelnom magnetickom poli pri nízkych teplotách. Hliník patrí medzi konvenčné supravodiče a tvorbu Cooperových párov v ňom možno vysvetliť pomocou štandardnej príťažlivej medielektrónovej interakcie sprostredkovanej fonónmi. Ukazuje sa však, že povaha procesov narúšajúcich páry, ktoré musia byť elastické, nie je známa. Úlohu najprv riešime zaužívaným spôsobom, t. j. v skúmanom prípade porovnávame predpovede teoretického modelu s dostupnými tunelovými dátami. Explicitne ukazujeme, že v jednopásovom modeli pre elektróny sú možné štyri druhy rozptylov: potenciálový rozptyl, rozptyl na magnetických nečistotách, orbitálna interakcia elektrónov s magnetickým poľom a spin-orbitálna väzba. Tieto rozptylové procesy následne skúmame v dvoch aproximáciách: jednak v rámci štandardnej selfkonzistentnej Bornovej aproximácie, no prezentujeme aj výsledky získané v priblížení koherentného potenciálu, ktoré predstavujú zovšeobecnenie mikroskopickej teórie Dynesovej supravodivosti. Žiaľ, výsledná teória je veľmi komplikovaná a neumožňuje jednoznačne identifikovať dominantné rozptylové mechanizmy v hliníkových filmoch. V predkladanej práci preto prezentujeme aj alternatívny prístup pomocou riešenia inverznej úlohy, t. j. extrakcie hustoty stavov priamo z tunelovej vodivosti spojov typu supravodič – izolant – supravodič, spolu s predbežnými výsledkami.

Druhý problém sa týka identifikácie mechanizmov, ktoré vedú ku kvantovému zániku supravodivosti (QBS) v silno znečistených supravodičoch. Existuje niekoľko súťažiacich

mechanizmov pre tento typ QBS: nárast odpudivých interakcií, ktoré potlačia tvorbu Cooperových párov, fluktuácie supravodivej fázy, ako aj rast priestorovej nehomogenity vlnových funkcií elektrónov. Je známe, že úplnú informáciu o mikroskopických procesoch prebiehajúcich v supravodiči nesie funkcia energetickej medzery  $\Delta(\omega)$ . Nanešťastie, v silno znečistených materiáloch hustota stavov v normálnom stave nie je konštantná, a preto nemožno použiť štandardné procedúry extrakcie  $\Delta(\omega)$ . Vyvinuli sme preto novú modelovo nezávislú metódu extrakcie  $\Delta(\omega)$ , ktorej vstupom sú iba merané hustoty stavov v supravodivom a normálnom stave. Použitelnosť tejto procedúry detailne demonštrujeme na tunelových dátach pre tenké filmy TiN. Súvisiacim problémom je skutočnosť, že normálny stav supravodiča sa experimentálne dosahuje napríklad vyhriatím nad kritickú teplotu. V takejto situácii tunelová vodivosť spoja medzi normálnym kovom a skúmaným materiálom nie je priamo úmerná hustote stavov v skúmanom materiáli a môže byť oproti nej značne teplotne rozmazaná. V práci preto zároveň navrhujeme niekoľko metód, ktoré odstraňujú teplotné rozmazanie z dát, no ich použiteľnosť si vyžaduje podrobnejšie overenie.

**Kľúčové slová:** mikroskopická teória supravodivosti, funkcia energetickej medzery, tunelové experimenty, inverzné úlohy