

## Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV –0346–07**  
**Supravodiče a silno korelované systémy v extrémnych experimentálnych podmienkach**

Zodpovedný riešiteľ **Prof. RNDr. Peter Samuely, DrSc.,**  
Príjemca **Ústav experimentálnej fyziky SAV, Košice**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

1. ÚEF SAV, Centrum fyziky veľmi nízkych teplôt
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

### Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

1. Institut Néel CNRS, Grenoble, Francúzsko
2. CEA-Institut Nanosciences et Cryogénie, Grenoble, Francúzsko
3. Ames Laboratory and Iowa State University, Ames, USA  
Institute for Problems of Materials Science, NASU, Kijev, Ukrajina  
High Magnetic Field Laboratory, Drážďany, Nemecko  
Helmholtz Zentrum Berlín, Nemecko  
National Institute for Materials Science, Tsukuba, Japonsko

### Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

- 1.
- 2.
- 3.

### Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. P. Szabó, Z. Pribulová, G. Pristáš, S. L. Bud'ko, P. C. Canfield, and P. Samuely: Evidence for two-gap superconductivity in Ba<sub>0.55</sub>K<sub>0.45</sub>Fe<sub>2</sub>As<sub>2</sub> from directional point-contact Andreev-reflection spectroscopy, Phys. Rev. B 79 (2009) 012503, 37 citácií & P. Samuely, Z. Pribulová, P. Szabó, G. Pristáš, S.L. Bud'ko, P.C. Canfield, invited paper in Superconductivity of Iron Pnictides, eds. Alexei Koshelev, Wai Kwok, Igor Mazin, Ulrich Welp,

Hai-Hu Wen, Special issue of Physica C 469, 507 (2009), 17 citácií.

2. J. Kačmarčík, Z. Pribulová, C. Marcenat, T. Klein, P. Rodiere, L. Cario, and P. Samuely: Specific heat measurements of a superconducting NbS<sub>2</sub> single crystal in an external magnetic field: Energy gap structure, Phys. Rev. B 82 (2010) 014518.
3. 30. M. Batkova, I. Batko, K. Flachbart, Z. Janu, K. Jurek, E. S. Konovalova, J. Kováč, M. Reiffers, V. Sechovský, N. Shitsevalova, E. Šantavá, and J. Šebek, Anomalous magnetoresistance of carbon-doped EuB<sub>6</sub>: Possible role of non-ferromagnetic regions, Phys. Rev. B 78 (2008) 224414
4. M. Človečko, E. Gažo, M. Kupka, and P. Skyba, New Non-Goldstone Collective Mode of BEC of Magnons in Superfluid 3He-B, Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 155301
5. D. I. Bradley, S. N. Fisher, A. M. Guénault, R. P. Haley, N. Mulders, G. R. Pickett, D. Potts, P. Skyba, J. Smith, V. Tsepelin, and R. C. V. Whitehead: Magnetic Phase Transition in a Nanonetwork of Solid 3He in Aerogel, Phys. Rev. Lett. 105, 125303 (2010)

### **Uplatnenie výsledkov projektu**

Projekt prispel ku základnému poznaniu významných materiálov s vysokým aplikačným potenciálom. Publikácie zaznamenali v krátkom čase 97 SCI citácií a dostali sme celý rad pozvaní na konferencie a spolupráce.

### **CHARAKTERISTIKA VÝSLEDKOV**

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku** (max. 20 riadkov)

Projekt priniesol fundamentálne poznatky v troch skupinách kondenzovaných látok - nových supravodičov, silne korelovaných elektrónových systémoch a v supratekutom hélíu-3.

R. 2007 priniesol prevratný objav vysokoteplotnej supravodivosti v železných pniktidoch. Polemika sa nesie okolo podobnosti týchto systémov s viac ako dvadsaťročnými vysokoteplotnými kuprátmi. Silný viacpásový charakter železných pniktidov naznačuje aj súvislosť s viacmedzerovou supravodivosťou, ktorá je najlepšie prebádaná v diboride horčíka. V pniktidoch s antiferomagnetizmom v pozadí viacmedzerová supravodivosť môže viesť ku mechanizmu supravodivosti s čisto elektrónovým párovaním s dvomi energetickými medzerami s opačným znamienkom. V projekte sme preskúmali niekoľko typov pniktidov. Naše práce s vysokým citačným ohlasom priniesli dôkazy o existencii dvoch energetických medzier, o rôznej anizotropii v systémoch 1111 a 122, o vplyve konkurenčného antiferomagnetického usporiadania. Prispeli sme aj k objavu a vysvetleniu supravodivosti v najvýznamnejšom polovodiči – kremíku a prebádali aj ďalšie supravodiče s konkurenčnými parametrami usporiadania.

Zo silne korelovaných systémov sme veľkú pozornosť venovali fázovému prechodu polovodičov kov vplyvom tlaku do 100 kbarov a v extrémne vysokých magnetických poliach do 54 Tesla. Správanie bolo vysvetlené zmenami elektrónovej štruktúry.

Supratekuté fázy 3He s unikátnymi vlastnosťami, pri teplotách pod 1 mK môže skúmať vo svete len niekoľko laboratórií. V rámci projektu sme v prácach publikovaných vo Physical Review Letters objavili v spektre excitácií vznik tzv. nie-Goldstonových módov s energetickou medzerou, ktoré vznikli z bezmedzerových módov vplyvom vľ poľa. Analogický (Higgsov) mechanizmus vedie k vzniku hmotnosti. Objavili sme tiež magnetický fázový prechod v tuhom 3He na povrchu aerogelu pri ultra nízkych teplotách.

#### **Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku** (max. 20 riadkov)

The project has yielded a fundamental knowledge in three groups of condensed matter – novel superconductors, strongly correlated electron systems and superfluid helium-3.

Year 2007 has brought a real breakthrough discovery in iron pnictides. Since then the hot debate is held on their possible similarity with more than 20 years old cuprates. Moreover a

strong multiband character of pnictides indicates another context – a multigap superconductivity which is best understood in MgB<sub>2</sub>. But in pnictides with antiferromagnetic correlations a multigap superconductivity can lead to a purely electronic coupling with two gaps of the opposite sign. Within the project we have investigated several types of pnictides. Our published works with a high citation rate have brought evidences on the existence of two energy gaps, on different superconducting anisotropies in different types of pnictides (1111 versus 122), on the role of antiferromagnetism there. We have also contributed to a discovery and explanation of superconductivity in the most important semiconductor – silicon and explored also other superconductors with competing orders.

Among strongly correlated electron systems we strongly focused on studies of the semiconductor-insulator transition triggered by high pressure up to 100 kbars and in extremely high field up to 54 Tesla. Behaviour of the systems has been explained by the electron structure reconfigurations.

Few laboratories in the world is capable to explore unique properties of the superfluid helium-3 below 1 mK. In the Phys. Rev. Lett. papers published within the project we have discovered in the excitation spectrum the so called non-Goldstone modes with energy gap, generated from the gapless modes by the high frequency field. Analogous (Higgs) mechanism leads to appearance of mass. We have also discovered a magnetic phase transition in the solid helium-3 on the surface of aerogel at ultra low temperatures.

Svojím podpisom potvrdzujem, že údaje uvedené v záverečnej karte sú pravdivé a úplné a súhlasím s ich zverejnením.

**Zodpovedný riešiteľ**

Prof. RNDr. Peter Samuely, DrSc.

V Košiciach 29.1.2011

**Štatutárny zástupca príjemcu**

Doc. RNDr. Karol Flachbart, DrSc.

V Košiciach 31.1.2011

.....  
podpis zodpovedného riešiteľa

.....  
podpis štatutárneho zástupcu príjemcu