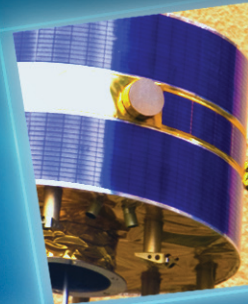




ÚSTAV EXPERIMENTÁLNEJ FYZIKY

SLOVENSKEJ AKADEMIE VIED, KOŠICE



oddelenie biofyziky
oddelenie fyziky kovov
oddelenie fyziky nízkych teplôt
oddelenie kozmickej fyziky
oddelenie fyziky magnetických javov
oddelenie subjadrovej fyziky
oddelenie teoretickej fyziky
laboratórium experimentálnej chemickej fyziky
laboratórium materiállovej fyziky
laboratórium nanomateriálov a aplikovaného magnetizmu



Úvod

Ústav experimentálnej fyziky Slovenskej akadémie vied (ÚEF SAV) v Košiciach vznikol 1. januára 1969 na základe rozhodnutia Predsedníctva SAV. Jeho zárodok je spojený s vytvorením detašovaného oddelenia bratislavského Fyzikálneho ústavu SAV v Košiciach v roku 1964, ktoré sa orientovalo na fyzikálny výskum v oblasti kozmického žiarenia, feromagnetizmu a fyziky vysokých energií. Prvým riaditeľom ústavu sa stal prof. Juraj Dubinský, ktorý pôsobil v tejto funkcii do konca roku 1979. V rokoch 1980 - 1985 vykonával funkciu riaditeľa prof. Vladimír Hajko, v rokoch 1986 - 1990 bol riaditeľom dr. Michal Seman., od roku 1991 do roku 2007 túto funkciu zastával doc. Peter Kopčanský, od roku 2007 je riaditeľom doc. Karol Flachbart.

Ústav je zameraný na základný výskum v oblasti fyzikálnych vied (vo fyzike kondenzovaných látok, subjadrovej fyzike, kozmickej fyzike a biofyzike), ako aj vo vybraných oblastiach chemických vied, biologických vied a nanotechnológie. Z hľadiska štruktúry má ústav 7 vedeckých oddelení a 3 vedecké laboratória:

- Oddelenie kozmickej fyziky
- Oddelenie subjadrovej fyziky
- Oddelenie magnetizmu
- Oddelenie fyziky nízkych teplôt
- Oddelenie fyziky kovov
- Oddelenie biofyziky
- Oddelenie teoretickej fyziky
- Laboratórium experimentálnej chemickej fyziky
- Laboratórium materialovej fyziky
- Laboratórium nanomateriálov a aplikovaného magnetizmu

V súčasnosti má ústav okolo 130 zamestnancov, z ktorých viac ako polovicu tvoria vedeckí pracovníci, a 15 doktorandov. Jeho podstatná časť sídli na Watsonovej ulici č. 47. V priestoroch Prírodovedeckej fakulty Univerzity P. J. Šafárika (PF UPJŠ) pôsobí Oddelenie fyziky nízkych teplôt, ktoré má s Ústavom fyziky PF UPJŠ spoločné výskumné laboratória. Oddelenie biofyziky a Oddelenie kozmickej fyziky sú

dislokované v rekonštruovaných priestoroch areálu na Bulharskej ulici č. 2 - 6. Tam sú umiestnené aj Prevádzkové dielne ústavu.

Na základe akreditácie ústavov SAV patrí ÚEF medzi špičkové pracoviská v rámci SAV. Ústav má tiež veľmi solídne postavenie v medzinárodnom a národnom kontexte, a disponuje pomerne dobrou experimentálnou infraštruktúrou. Viaceré experimentálne zariadenia vybudované na ústave sú unikátne aj v medzinárodnom kontexte. Ústav je napr. jedným z mála fyzikálnych pracovísk na svete, kde sa dosahujú veľmi nízke teploty (tisícina stupňa nad tzv. absolútnou nulou, čo je $-273,15$ oC) pri štúdiu látok v extrémnych podmienkach. Skúma sa tu široké spektrum problémov modernej fyziky kondenzovaných sústav (napr. vysokoteplotnú supravodivosť, magnetické kvapaliny, amorfné kovové sústavy, mikro a nanokryštalické materiály). Prístroje vyvinuté v ústave úspešne pracovali a pracujú na družiciach Zeme a ich údaje prispievajú k poznaniu fyzikálnych vlastností medziplanetárneho priestoru. Ústav sa zúčastňuje na výskume najmenejšej štruktúry hmoty na gigantických urýchľovačoch častíc v centrách ako sú FERMLAB v Bata-vii, USA, či CERN v Ženeve, Švajčiarsko. Pracuje na riešení problémov súčasnej biofyziky i chemickej fyziky.

Počas 40 rokov svojej existencie ÚEF SAV rozvinul bohatú spoluprácu so zahraničím a má pracovné kontakty vo všetkých vyspelých štátoch sveta. Okrem toho už tradične spolupracuje s vysokoškolskými a akademickými pracoviskami v susedných krajinách. V rámci mesta Košice ústav intenzívne spolupracuje hlavne s Univerzitou P. J. Šafárika a Technickou univerzitou, v rámci Slovenskej akadémie vied s viacerými ústavmi I. oddelenia vied SAV o neživej prírode a II. oddelenia vied SAV o živej prírode a chemických vedách.

Ústav realizuje doktorandské štúdium (v spolupráci s Prírodovedeckou fakultou Univerzity P.J. Šafárika) v troch študijných programoch. Sú to Fyzika kondenzovaných látok a akustika, Jadrová a subjadrová fyzika, a Všeobecná a matematická fyzika.

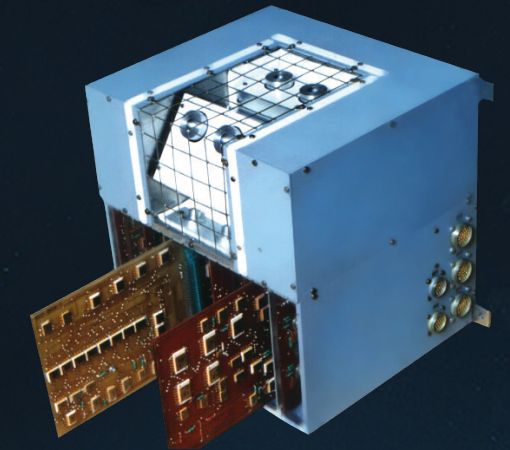
V ďalšom texte jednotlivé vedecké útvary ústavu predstavujú vybrané témy svojich výskumných programov.

Oddelenie kozmickej fyziky

Výskum je zameraný na štúdium fyzikálnych procesov v kozme, ktoré sa odohrávajú v extrémnych podmienkach a nemožno ich sledovať v laboratórnych podmienkach, a o ktorých energetické kozmické častice včítane kozmického žiarenia podávajú informácie. Analýza pozemných aj družicových meraní vrátane vlastných pozorovaní, simulácia kozmofyzikálnych procesov v heliosfére a magnetosfére Zeme, príprava nových kozmických experimentov.

Doteraz sa oddelenie zúčastnilo na vývoji častí experimentálnych zariadení pre prístroje umiestnené na 14 družiciach, dvoch kozmických sondách a dvoch výškových raketách. Pozemné merania neutrónovým monitorom prebiehajú spojitne na Lomnickom štíte, dáta v reálnom čase sú na <http://neutronmonitor.ta3.sk>.

Viac informácií o oddelení je na <http://space.saske.sk>.



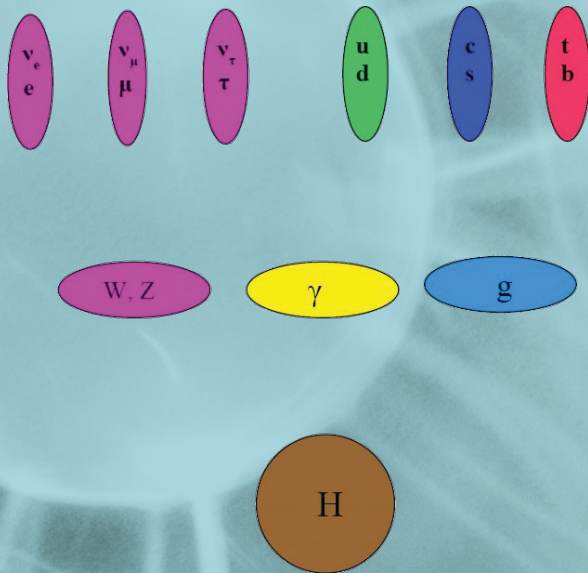
Hlavné oblasti výskumu:

- variácie nízkoenergetickej zložky kozmického žiarenia a vplyvy procesov v heliosfére a zemskej magnetosfére
- urýchľovanie, transport a straty častíc stredných energií (medzi slnečným vetrom a kozmickým žiarením) v zemskej magnetosfére a v blízkosti jej hraničných oblastí
- procesy urýchľovania na slnečnom povrchu a ich odozvy v medziplanetárnom prostredí a v blízkosti Zeme s osobitným zreteľom na neutrálne emisie (neutróny, gama žiarenie) vysokých energií
- súvislosti medzi energetickými kozmickými časticami a kozmickým počasím
- procesy v plazmových útvaroch v blízkosti iných planét



Top kvark

Poznanie základných elementárnych jednotiek štruktúry matérie je cieľom poznania už od čias Democrita, teda viac ako 2000 rokov. Avšak iba za posledných 100 rokov dostala táto snaha reálny obsah, ktorý za rovnaké obdobie prechádzal radikálnymi zmenami. Za najzákladnejšie jednotky matérie boli považované atómy, no čoskoro sa zistilo, že vnútri atómov existujú jadrá, v jadrách nukleóny, v nukleónoch kvarky.



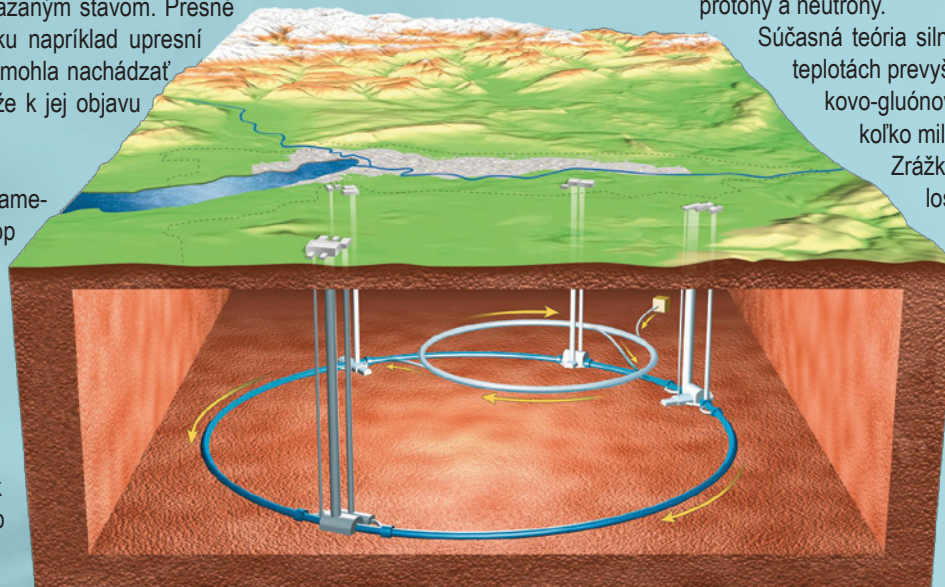
Súčasný pohľad na štruktúru matérie vyjadruje obrázok vyššie. Prvý riadok reprezentujú kvarky a leptóny, druhý riadok častice sprostredkujúce interakcie medzi kvarkami a leptónmi a v poslednom riadku sa nachádza jediná častica, ktorej existencia je teoreticky predpovedaná avšak zatiaľ nebola experimentálne objavená – tzv. Higgsova častica. Dôležitosť objavu tejto častice podčiarkuje skutočnosť,

že jej objav je hlavným cieľom mnohomiliardového projektu LHC v medzinárodnom centre pre jadrový výskum CERN v Ženeve.

Oddelenie subjadrovej fyziky (OSF) sa aktívne podieľalo na najvýznamnejšom objave vo fyzike vysokých energií za posledných dvadsať rokov – objave top kvarku a skúmaniu jeho vlastností. Top kvark bol experimentálne objavený v roku 1995 kolaboráciami CDF a D0 na urýchľovacom komplexe TEVATRON v Batavii, USA.

Top kvark má v porovnaní s ostatnými kvarkami rad unikátnych vlastností. Jeho hmotnosť je zhruba rovnaká ako u jadra wolfrámu. Rozpadá sa veľmi rýchlo, takže počas života nedokáže vytvoriť s iným kvarkom viazaný stav. Z rozpadových produktov top kvarku je možné zrekonštruovať jeho pôvodné parametre, ktoré nie sú deformované viazaným stavom. Presné meranie hmotnosti top kvarku napríklad upresní oblasť hmotností, kde by sa mohla nachádzať Higgsova častica a dopomôže k jej objavu na LHC.

Skupina z OSF sa zamerala na meranie parametrov top kvarku - hmotnosti, náboja, spinových vlastností. Vyvinula niekoľko originálnych metód merania týchto parametrov a výsledky (okrem publikácie v renomovaných časopisoch) získali aj niekoľkokrát ocenenie "Výsledok týždňa" v časopise Fermilab Today.



Oddelenie subjadrovej fyziky

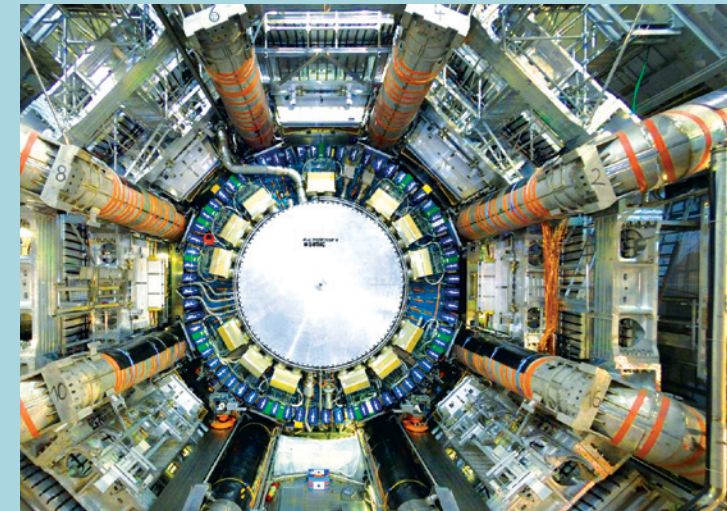
Oddelenie sa orientuje na výskum štruktúry elementárnych častíc a jadrovej hmoty v ambiciózných experimentálnych projektoch svetových urýchľovačových centier, akými boli Spojený ústav jadrových výskumov v Dubne pri Moskve alebo ústav Deutsches Elektronen Synchrotron v Hamburgu. V súčasnosti je to ústav Fermilab v Batavii v USA a hlavne CERN v Ženeve. Momentálne profilujú oddelenie dve hlavné výskumné témy a to štúdium vlastností top kvarku a skúmanie vlastností jadrovej hmoty v extrémnych podmienkach.

Skúmanie nového stavu jadrovej hmoty.

Protóny a neutróny sú tvorené kvarkami, ktoré spolu drží sila známa ako silná interakcia. Jej zdrojom je výmena častíc zvaných gluóny. Doposiaľ nebol pozorovaný žiaden izolovaný kvark ani gluón - sú navždy uväznené vnútri kompozitných častíc akými sú protóny a neutróny.

Súčasná teória silnej interakcie predpovedá „oslobodenie“ kvarkov a gluónov pri teplotách prevyšujúcich 2000 miliárd K a prechod jadrovej hmoty do stavu kvarkovo-gluónovej plazmy. Také extrémne podmienky existovali v prírode niekoľko milióntin sekundy po Veľkom Tresku.

Zrážka dvoch jadier olova urýchlených v LHC na rýchlosť blízku rýchlosti svetla nám umožní získať kvapku horúcej hmoty veľkosti atómového jadra a pozorovať ako prejde procesom rozpínania a ochladenia do stavu normálnej hmoty. Štúdiom takýchto zrážok na LHC nám experiment ALICE dovoľí nazrieť hlboko do procesov vyvolaných silnou interakciou a nakrátko zahliadnuť hmotu takú, aká bola okamžite po Veľkom Tresku. Naša účasť v experimente ALICE je pokračovaním 20-ročnej spolupráce s CERN na experimentoch HELIOS, WA-94, WA-97 a NA-57. Aj vďaka našim výsledkom mohol CERN v roku 2000 oficiálne oznámiť, že nový stav hmoty s charakteristikami kvarkovo-gluónovej plazmy bol laboratórne vytvorený. Naše výsledky boli odmenené v roku 2002 Cenou SAV.



Oddelenie fyziky magnetických javov

1. Magnetické kvapaliny

Dnes je v oddelení zvládnutá príprava magnetických kvapalín na báze rôznych nosných kvapalín (voda, petrolej, minerálny olej, vosk, atď.) s magnetom ako nosičom magnetického momentu. Okrem samotnej prípravy magnetických častíc rôznych tvarov a rozmerov (5-300nm) sa študujú základné fyzikálne vlastnosti, javy agregácie magnetických častíc, magnetooptické a magnetodielektrické vlastnosti magnetických kvapalín a ich kompozitných systémov s kvapalnými kryštálmi. Vzhľadom na fakt, že vlastnosti magnetických kvapalín sa dajú ľahko ovplyvňovať vonkajším magnetickým poľom, majú široké uplatnenie v priemyselnej praxi ako aj biomedicíne, predovšetkým pri cielenom transporte liečiv v onkológii, pri liečení kardiovaskulárnych chorôb, v rádiodiagnostike, atď. Za dosiahnuté výsledky bola kolektívu magnetických kvapalín udelená cena SAV za významný príspevok v medzinárodnej spolupráci a pridelené právo organizovať celosvetovú konferenciu o magnetických kvapalinách ICMF 11 v Košiciach v roku 2007.

2. Molekulárne magnety

V oblasti molekulárneho magnetizmu sa intenzívne študujú vlastnosti ferikyanidov vzácnych zemín. Podrobné poznanie kryštálovej štruktúry týchto látok môže významne prispieť k poznaniu fyzikálnych procesov a javov v nich prebiehajúcich a k ich interpretácii v oblasti základného výskumu, ale tiež

k optimalizácii úžitkových vlastností pripravovaných materiálov pre praktické aplikácie.

3. Intermetalické zlúčeniny

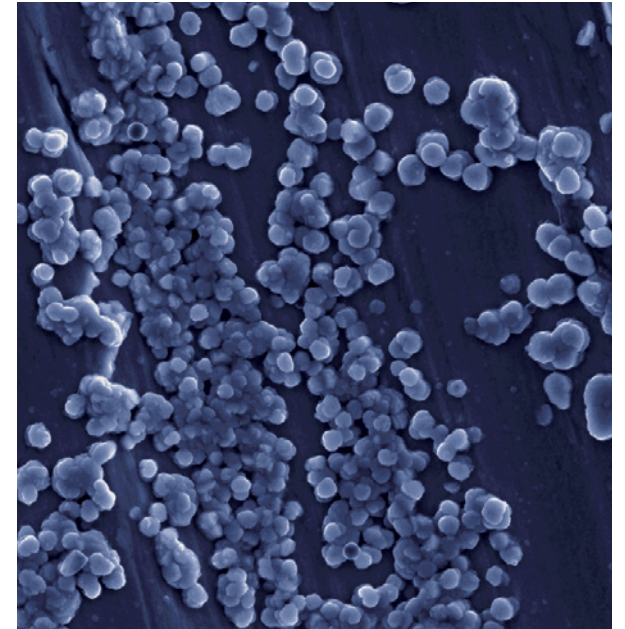
V oblasti intermetalických zlúčenín je výskum zameraný hlavne na štúdium kooperatívnych javov a silných elektrónových korelácií vo vybraných systémoch obsahujúcich 4f- a 5f- prvky s cieľom prispieť k pochopeniu takých javov ako je ťažko-fermiónové správanie, Kondo mriežky, spinové fluktuácie a dlhodobé magnetické usporiadanie prostredníctvom štúdia štruktúry, magnetických, elektrónových a transportných vlastností v zlúčeninách d- kovov s f- kovmi.

4. Elektrónový transport a tunelová spektroskopia

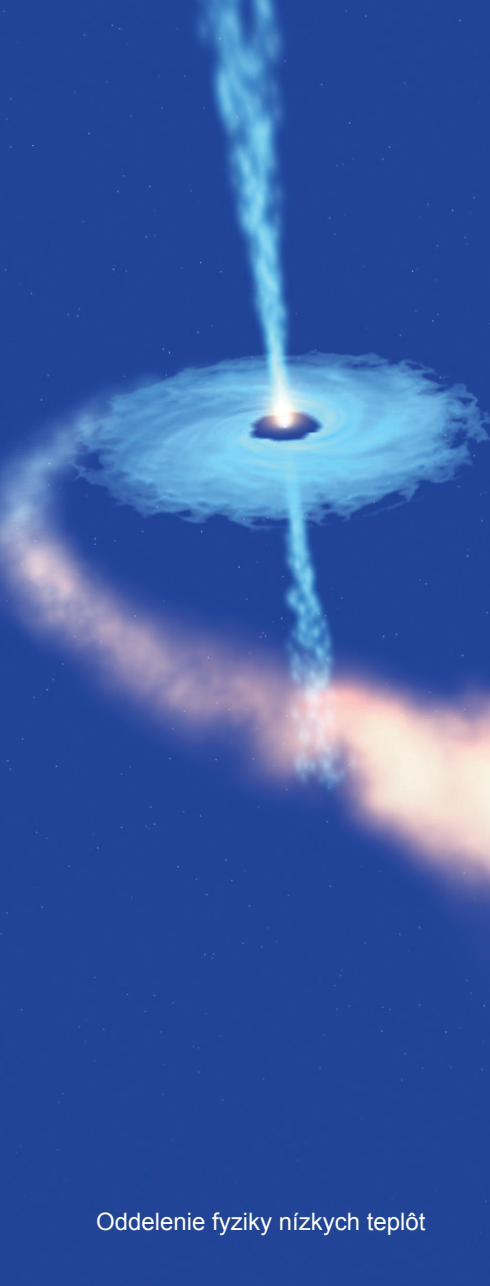
Skupina sa zaoberá najmä experimentálnym štúdiom vybraných silne

korelovaných elektrónových systémov vyznačujúcich sa anomálnymi transportnými vlastnosťami súvisiacimi s prechodom kov-izolátor, ťažkofermiónovou supravodivosťou alebo kolosálnou magnetorezistenciou. K zaujímavým výsledkom skupiny patrí aj navrhnutie novej experimentálnej metódy – tunelovej kalorimetrie – umožňujúcej presné určenie tepla generovaného v jednotlivých tunelových elektródach. Výsledky systematického štúdia naznačujú, že generované teplo reprezentuje energiu kvázičastíc pochádzajúcich z neelastických procesov sprevádzajúcich proces elastického tunelovania.

Zárodok tohto oddelenia vzniká už v r. 1964 v rámci košického pracoviska bratislavského Fyzikálneho ústavu SAV. V r. 1969, keď vzniká Ústav experimentálnej fyziky SAV, sa skupina magnetizmu stáva samostatným oddelením. V súčasnosti sa v rámci oddelenia riešia 4 základné vedecké smery: magnetické kvapaliny, molekulárne magnety, intermetalické materiály a elektrónový transport a tunelová spektroskopia. V týchto oblastiach získalo OFMJ vedecké výsledky oceňované doma i v zahraničí, nadviazalo širokú medzinárodnú spoluprácu s poprednými pracoviskami vo svete (GHMFL a CRETA CNRS Grenoble, IFM PAN Poznaň, Poľsko, KFKI Budapešť, Polytechnická Univerzita Timisoara, Rumunsko, Univerzita A. Mickiewicza Poznaň, Poľsko, Univerzita Jean Monnet St. Etienne, Francúzsko, Univerzita Karlova Praha, ČR, FÚ AVČR) v rámci projektov dvojstrannej a mnohostrannej spolupráce (projekty 5RP a 6RP).



Nanorody
Magnetické nanosféry s liečivom



Supravodiče v diagnostike magnetickej rezonancie. MR.



Najchladnejšie miesto v strednej Európe

Oddelenie fyziky nízkych teplôt

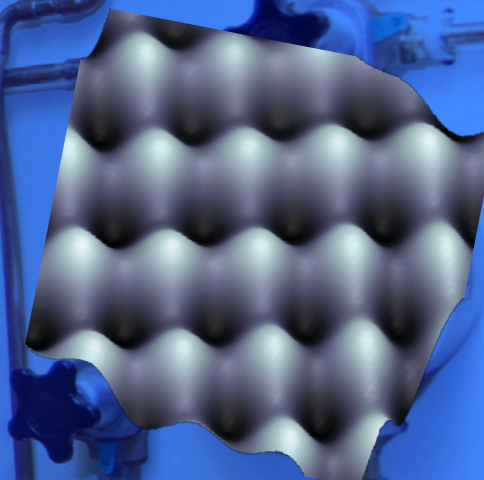
Tak ako krv je životodarnou tekutinou pre naše telo, tak je kvapalné hélium dôležité pre experimenty pri veľmi nízkych teplotách. Kvapalné hélium ($T = 4.2\text{ K}$) sa získava v skvapalňovači, ktorý je súčasťou infraštruktúry OFNT - Oddelenia fyziky nízkych teplôt, pričom ročne sa ho vyrobí okolo $30\,000\,000$ litrov. Distribuuje sa nielen do jednotlivých laboratórií centra ale aj do nemocníc, kde slúži na chladenie magnetov tomografov magnetickej rezonancie (MRT). Spomínané magnety, ale aj tie, ktoré sa používajú pri rôznych výskumoch (napr. v CERN), sú vyrobené zo supravodičov. Fyzikálne vlastnosti supravodičov sa u nás intenzívne študujú už niekoľko rokov rôznymi metódami (mikrokontaktná spektroskopia, akalorimetria, či najnovšie skenovacia tunelová mikroskopia - STM). Azda najvýznamnejšie výsledky boli dosiahnuté pri štúdiu supravodivého materiálu MgB₂, ktorý vďaka pomerne vysokej hodnote kritickej teploty a magnetického poľa našiel rýchle uplatnenie práve v spomínaných supravodivých magnetoch.

Vlastnosti vesmíru je možné skúmať aj nepriamo v laboratóriu pri ultranízkych teplotách (pod 1mK), pri ktorých sa vzácny izotop ³He stáva supratekutým. V takomto makroskopickom kvantovom systéme sa dajú reálne simulovať a pozorovať napríklad turbulencie a fluktuácie fyzikálneho vákuua, javy súvisiace s horizontom udalostí čiernych dier, narušenie symetrie vesmíru po Veľkom tresku, javy vo vnútri neutrón-

nových hviezd a iné fundamentálne otázky. Ultranízké teploty poskytujú vhodné podmienky aj na experimentálne štúdium kvantových bitov - qubitov vytvorených či už priamo v supratekutom ³He alebo na báze nano-SQUID-ov. Okrem extrémne nízkych teplôt a vysokých magnetických polí sa oddelenie orientuje aj na výskum silne korelovaných systémov pri extrémne vysokých tlakoch (do cca 10 GPa), pri ktorých sa pozorujú neočakávané vlastnosti. Najnovším smerom výskumu OFNT je štúdium vlastností látok redukovanej dimenzie. Všetky spomínané oblasti výskumu nášho centra sa nezaobídu bez spolupráce so špičkovými laboratóriami vo svete (Berlín, Grenoble, Lancaster, Madrid, Viedeň, Santander, Ames, Pohang, Shanghai, Helsinki a i.) a naše výsledky sú prezentované v najprestížnejších fyzikálnych časopisoch.



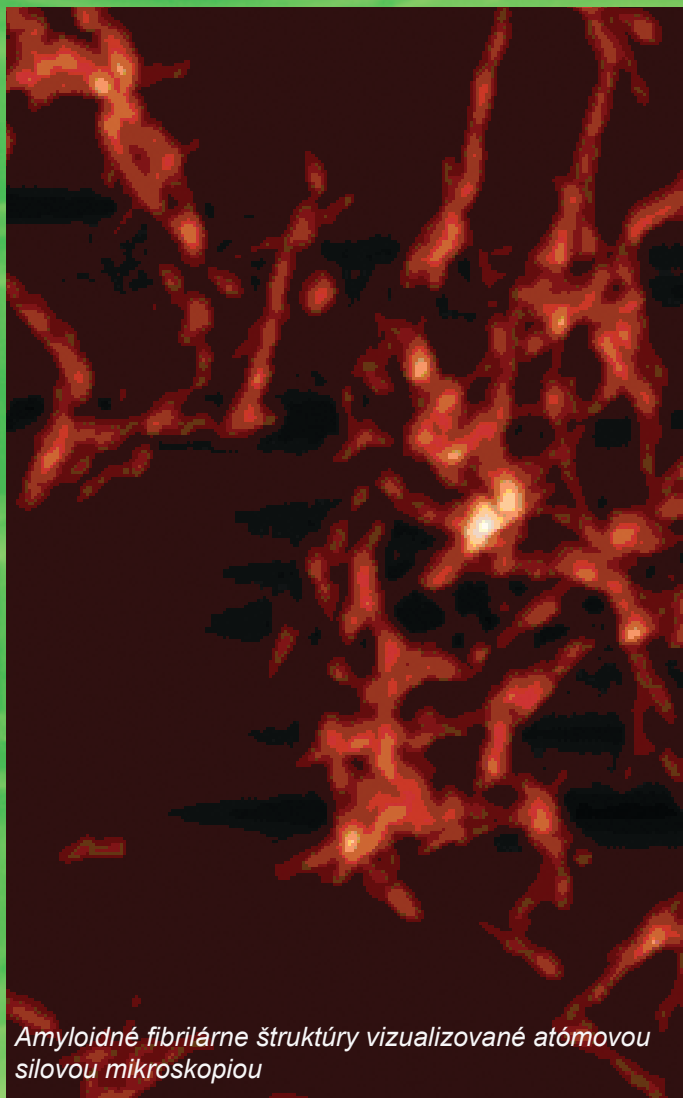
Team oddelenie fyziky nízkych teplôt



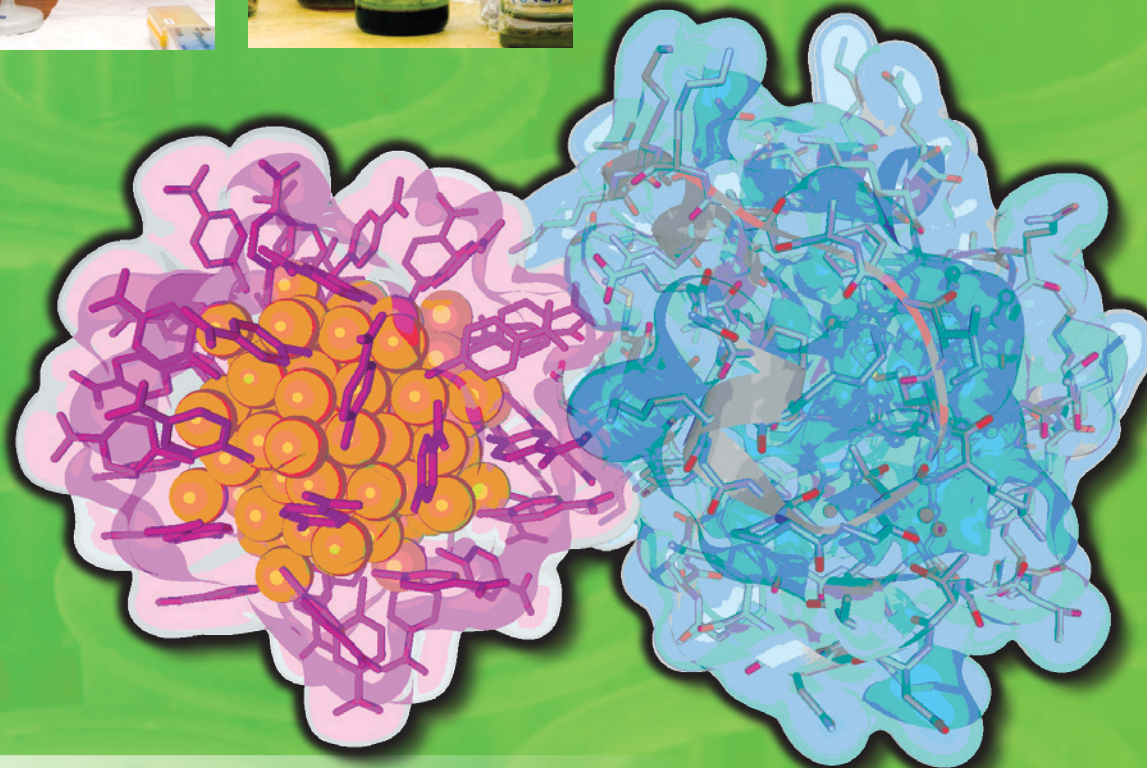
STM mikroskop vidí atómy.

Oddelenie fyziky kovov

Výskumná činnosť na oddelení sa zameriava na štúdium vzťahu štruktúr a vlastností kovových materiálov. Metastabilné amorfné kovové materiály pripravované najčastejšie rýchlym ochladením taveniny sa po svojom objavení v r. 1960 stali postupne predmetom intenzívneho záujmu fyzikov, technológov, vývojových a konštrukčných pracovníkov. V súčasnosti je nosným výskumným smerom oddelenia štúdium mechanických vlastností, plastickej a neelastickej deformácie, procesov porušovania a stability amorfných kovových materiálov pripravených rýchlym ochladením. Metódy fraktografickej analýzy a kvantitatívnej štatistickej fraktografie sa využívajú pri štúdiu lomových plôch amorfných kovov v tvare tenkých pásov i objemových telies porušovaných v širokom intervale teplôt, rýchlostí deformácie a pri rôznych spôsoboch namáhania. Mechanickým skúšaním amorfných kovových materiálov v intervale teplôt od 4,2 K vyššie a aplikáciou metód lineárnej lomovej mechaniky sa študujú procesy vzniku a šírenia nestabilnej trhliny v amorfnej kovovej štruktúre. Ďalej sa študuje homogénna plastická deformácia amorfnej kovovej štruktúry a vlastností deformačných defektov sledovaním procesov neelastickej deformácie a tečenia pod vplyvom mechanického napätia a analýzou týchto procesov numerickými metódami, ktoré predpokladajú existenciu spektra aktivačných energií tepelne aktivovaných procesov. Zvláštnu skupinu kovových materiálov, ktorých štruktúrny stav je značne vzdialený od rovnovážneho stavu, tvoria nanokryštalické materiály. Oddelenie sa venuje štúdiu zákonitostí porušovania týchto materiálov. Metódami termickej analýzy je študovaná štruktúrna stabilita týchto látok. Pri štúdiu súvisu vlastností kryštalických látok a ich štruktúry sa venujeme hlavne spresňovaniu štruktúry na základe výsledkov experimentov s difrakciou neutrónov a RTG žiarenia. Pri riešení uvedených problémov oddelenie aktívne a dlhodobo spolupracuje s Fyzikálnym ústavom nízkych teplôt B. Verkina Ukrajinskej AV (FTINT) v Charkove, so Štátnou polytechnickou univerzitou (GPU) Voronež (Ruská federácia) a Univerzitou v Gronningene (Holandsko).



Amyloidné fibrilárne štruktúry vizualizované atómovou silovou mikroskopiou



Počítačové modelovanie interakcie zlatej nanočastice (má fialový povrch) a proteínu cytochróm c (belasý povrch)

Oddelenie biofyziky

predmet výskumu:

- amyloidné štruktúry
- nanočastice
- stabilita proteínov
- obrazová analýza
- molekulárne modelovanie

V dôsledku zmien v štruktúre proteínov dochádza k ich vzájomným interakciám, výsledkom ktorých je vznik proteínových zhlukov - amyloidných agregátov. Ich vznik je spojený s mnohými závažnými neurodegeneratívnymi ochoreniami (Alzheimerova choroba) a ďalšími chorobami (cukrovka typu II a pod.)

Alzheimerová choroba

V súčasnosti vo svete trpí Alzheimerovou chorobou 40 miliónov ľudí (každý štvrtý nad 85 rokov). Bez objavenia lieku sa do roku 2050 tento počet zvýši štvornásobne.

Aplikácie:

Pochopenie premeny proteínov na amyloidné agregáty ako príčiny chorôb umožní vývoj účinných liekov.

Na základe moderných výpočtových metód vieme predpovedať vlastnosti molekúl, z ktorých by mohli vzniknúť nové lieky. Modelovanie môže nielen urýchliť vývoj liečiv, ale aj prispieť k šetreniu prostriedkov, potrebných k realizácii a testovaniu molekúl.

Rakovina

Vo svete sa každoročne diagnostikuje zhruba 10 miliónov nových prípadov rakoviny (podľa údajov WHO). Detailnejšie znalosti o biologickej funkcii a špecificite skúmaných molekúl by mohli slúžiť ako základ pre vývoj efektívnejších liekov, vyvinutých na ich báze.



Oddelenie teoretickej

Laboratórium experimentálnej chemickej fyziky

Laboratórium materialovej fyziky

