

3x M – materiálový výzkum, mateřství a mysterium přírody

Jana Žďárská

Fyzikální ústav AV ČR, Na Slovance 2, 182 21 Praha 8; zdarskaj@fzu.cz

Materiály, v nichž kolektivní kvantové jevy řídí makroskopické chování – od nekonvenční supravodivosti po exotické magnetické či topologické stavy –, otevírají cestu k průlomovým technologiím, jako jsou kvantové počítače či energeticky úsporná elektronika. V objemových materiálech se tyto kvantové fáze často objevují spontánně pod kritickou teplotou, nebo je možné je dále ovlivňovat vnějším tlakem, polem či chemickým složením. V tenkých vrstvách však lze podobného fázového přeladění dosáhnout s atomární přesností prostřednictvím epitaxního napětí a tzv. inženýrství rozhraní. Mgr. Evgenia Chitrova, Ph.D., z Fyzikálního ústavu AV ČR tyto strategie využívá jak k fundamentálnímu výzkumu kvantových systémů, tak k návrhu nových materiálů pro energetické aplikace.

Sekce fyziky kondenzovaných látek, ve které Evgenia Chitrova působí, se zabývá teoretickým a experimentálním studiem vlastností materiálů, především mechanických, magnetických, dielektrických, optických, elektronických a transportních – ve vztahu k jejich krystalové a elektronové struktuře.

Jedním z klíčů k porozumění těmto vlastnostem, a tím i k návrhu nových funkčních materiálů, je pochopení toho, jak se tyto vlastnosti mění v důsledku fázových přechodů mezi různými stavy. Ty mohou být vyvolány změnami teploty, tlaku, magnetického nebo elektrického pole či složení materiálu a často vedou ke vzniku kolektivních jevů, jako je supravodivost, spontánní magnetické uspořádání nebo ferroelektricitá.

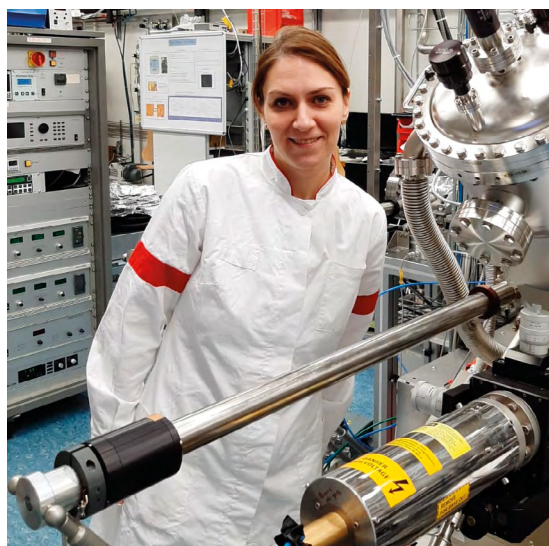
V systémech se silnými elektronovými korelacemi se navíc objevují i exotické kvantové fáze s netriviálními

vlastnostmi, jako jsou těžkofermionové systémy, Mottovy izolátory nebo kondovské systémy – a materiály se skrytým či multipólovým uspořádáním. „*Mysterium přírody se v těchto materiálech projevuje v plné síle*“, shrnuje Evgenia Chitrova. A právě na takové systémy se zaměřuje výzkumná skupina fyziky aktinoidů a vzácných zemin pod jejím vedením a studuje kvantové materiály s f-elektrony od objemových sloučenin až po tenké vrstvy, a to jak z hlediska fundamentálních jevů, tak s ohledem na jejich aplikační potenciál.

„*Jedním z aktuálních projektů mé skupiny je příprava a studium tenkých vrstev nekonvenčních supravodičů, jako je UTe_2 a jemu příbuzných materiálů, jako je například UGe_2* “, objasňuje Evgenia Chitrova. „*Tyto spin-tripletové supravodiče odolávají extrémně vysokým magnetickým polím – v případě UTe_2 , až 60 T! – a zároveň představují slibné prostředí pro vznik Majoranových fermionů, hypotetických kvazičástic, které by mohly tvořit základ kvantových počítačů chráněných proti dekoherenci*.“

Zatímco většina laboratoří studuje tyto materiály jako monokrystaly, tým Evgenie Chitrové se soustředí na tenké vrstvy. „*Díky volbě substrátu a řízenému napětí lze přesně ladit, zda se daná vrstva chová jako supravodivá, magnetická, nebo obojí. Nejde jen o trend miniaturizace – v nízkorozměrných systémech se kvantové jevy často projevují daleko výrazněji než v objemových sloučeninách*“, vysvětluje Evgenia Chitrova.

Zmiňovaná výzkumná skupina se však nezaměřuje pouze na supravodiče. Studuje široké spektrum f-elektronových systémů – sloučeniny vzácných zemin (4f) a aktinoidů (5f), které vykazují mimořádné vlastnosti díky silným spin-orbitálním interakcím. Tyto vlastnosti je předurčují pro použití v široké škále aplikací, od permanentních magnetů s rekordními parametry přes magnetické paměti, magnetokalorické materiály pro energeticky úsporné chlazení až po uranové slitiny pro pokročilá jaderná paliva. Zajímavou oblastí je také



Obr. 1 Evgenia Chitrova při experimentu v JRC Karlsruhe, kde probíhá výzkum aktinoidových materiálů.

skladování vodíku, protože sloučeniny vzácných zemin a aktinoidů patří mezi slibné kandidáty díky své schopnosti absorbovat vodík a opět jej uvolňovat.

„Klíčovým nástrojem, propojujícím fundamentální výzkum s praktickými aplikacemi, bude nová Surface Science Laboratory Station (SSLS), která se letos přestěhuje do Prahy z JRC Karlsruhe,“ připomíná Evgenia Chitrova. „Tento modulární přístroj v hodnotě několika milionů eur je vybaven ultravysokovakuumovým systémem a řadou špičkových spektroskopických technik včetně HREELS pro vibrační spektroskopii, XPS a UPS pro fotoelektronovou spektroskopii a BIS pro inverzní fotoelektronový jev.“ Zmiňované zařízení umožní detailní studium jak elektronové struktury materiálů, tak chemických procesů na rozhraní se zvláštním důrazem na jejich reaktivitu, korozní procesy a degrační mechanismy v kontextu energetických aplikací.

„Díky širokému zájmu kolegů z oddělení analýzy funkčních materiálů pod vedením Ing. Jána Lančoka, Ph.D., ve FZU a pracovníků katedry fyziky kondenzovaných látek na MFF UK, jakož i pracovníků z jaderné



Obr. 2 Interview ve Fyzikálním ústavu při příležitosti Dne žen a dívek ve vědě. Foto: Jan Malý

fakulty ČVUT a Ústavu fyzikální chemie J. Heyrovského o možnosti, které SSLS nabízí, se nám podařilo uspět v mezinárodním tendru na získání tohoto modulárního zařízení do FZU,“ vysvětluje Evgenia Chitrova.

SSLS otevře nové možnosti jak pro přípravu atomárně kontrolovaných tenkých vrstev, tak pro in-situ studium degračních procesů (včetně modelování chování jaderných paliv) a heterogenní katalýzu. SSLS představuje most mezi fundamentálním porozuměním fyziky nízkorozměrných materiálů a jejich praktickým využitím v energetických technologiích. Od roku 2026 bude zařízení jádrem vznikajícího konsorcia výzkumných institucí a otevřenou infrastrukturou pro spolupráci napříč obory.

Evgenia Chitrova s JRC Karlsruhe spolupracuje již dlouhodobě a více než deset let pravidelně využívá tamní SSLS pro své výzkumy aktinoidových materiálů. „Tyto výzkumné pobyty představovaly nejen vědeckou zkušenost, ale také osobní výzvu při skloubení náročného výzkumu s mateřstvím. Několikrát jsem dokonce s sebou vzala na vícedenní experimenty mladší dceru s chůvou, abych mohla pokračovat ve výzkumu bez přerušení,“ vzpomíná.

Dá se říci, že právě tyto cesty jí ukázaly, jak lze skutečně skloubit mateřství s náročnou vědeckou prací. Dnes se její děti v laboratořích cítí jako doma. „Je to přirozený koloběh v naší rodině. Jako dcera fyziky jsem doprovázela svou maminku jak do laboratoře, tak na lekce, a nyní podobným způsobem také ukazují svět vědy svým dětem,“ doplňuje Evgenia Chitrova.

Spojení vědy a mateřství není jednoduché, ale je možné. Evgenia Chitrova je pro mnohé mladé vědkyně in-



Obr. 3 Klíčovým nástrojem, propojujícím fundamentální výzkum s praktickými aplikacemi, bude nová Surface Science Laboratory Station, která se letos přestěhuje do Prahy z JRC Karlsruhe.

spirací – nejen svými odbornými výsledky, ale i tím, že dokázala skloubit náročnou vědeckou dráhu s rodinným životem. „Vychovávat dvě děti a zároveň zůstat aktivní vědkyní je každodenní výzva,“ připomíná Evgenia Chitrova a dodává: „Tyto zkušenosti mě však posílily – naučily mě lépe pracovat s časem a prioritami. Dnes, když děti dospívají, vidím více příležitostí naplno se věnovat výzkumu, rozšiřovat tým a budovat dlouhodobé projekty.“ Její cesta ukazuje, že excelence ve vědě a rodičovství se nevylučují. Pokud mají ženy dostatek podpory v rodině a v práci, mohou obě role naplňovat bez kompromisů.

V dřívějších dobách neměly ženy vědkyně jednoduchý život. Jejich vášeň a nadšení pro vědu s sebou nesly právě takto náročná osobní rozhodování – zdali se vědě oddat plně, či se věnovat také mateřství a rodině. V současné době je působení žen ve vědě již snazší a dobře funguje i snaha o snížení genderové nerovnosti. Pro Fyzikální ústav je tato problematika velmi důležitá, a proto již tradičně při příležitosti Dne žen a dívek ve vědě představuje svoje šikovné vědkyně i to, jaké jsou pro ně připraveny možnosti a podpora.

Mgr. Evgenia Chitrova, Ph.D., je vedoucí výzkumnou pracovnící ve Fyzikálním ústavu AV ČR, kde působí od roku 2005. Doktorské studium absolvovala na Matematicko-fyzikální fakultě Univerzity Karlovy, pak strávila 18 měsíců jako postdoktorandka na Univerzitě Tohoku v Japonsku v rámci prestižního stipendia JSPS (2009–2011). Je autorkou a spoluautorkou více než 120 odborných publikací a držitelkou několika významných ocenění, včetně Prémie Otto Wichterleho, Young Scientist Excellent Research Award a ceny L'Oréal-UNESCO Pro ženy ve vědě.

Ve svém výzkumu propojuje pokročilé spektroskopické metody studia elektronové struktury s makroskopickým měřením fyzikálních vlastností za extrémních podmínek, jako jsou vysoká magnetická pole, tlak a velmi nízké teploty. Je iniciátorkou vzniku budoucí Otevřené infrastruktury pro studium povrchů a rozhraní ve Fyzikálním ústavu AV ČR, jejímž technologickým jádrem bude Surface Science Laboratory Station (SSLS) – zařízení získané z JRC Karlsruhe.

Evgenia Chitrova se aktivně podílí na organizaci vědeckých konferencí. Každoročně působí v programovém výboru mezinárodní konference AVS (American Vacuum Society, USA), byla organizátorkou Symposia o aktinoidech na MRS Spring Meeting v Seattlu v roce 2024 a je hlavní organizátorkou konference Journées des Actinides, která se uskuteční v Českém Krumlově v roce 2026.

Dlouhodobě spolupracuje s předními evropskými institucemi, jako jsou JRC Karlsruhe, ESRF a HZDR. Je členkou European Magnetism Association, kde se věnuje vědecké komunikaci v oblasti magnetismu.

