



**Česká  
republika**

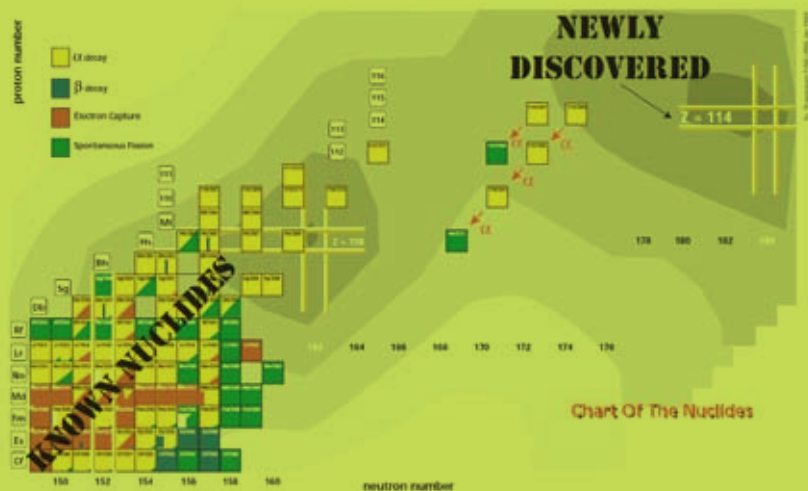
a

**Spojený  
ústav  
jaderných  
výzkumů**



**MŠMT**

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,  
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



„Supertěžké prvky“ – chemické prvky mnohem těžší než ty, které známe z našeho každodenního života – jsou snem a motivem sci-fi literatury po více jak jedno století. Tento sen se však stává skutečností v Laboratoři jaderných reakcí G. N. Flerova v SÚJV, kde jsou tyto prvky syntetizovány v reakcích těžkých iontů.

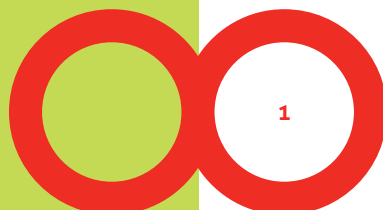
Pojem „supertěžké prvky“ byl původně vytvořen pro prvky vzdáleného „ostrova stability“ kolem atomového čísla 114, obklopeného „mořem nestability“. Dnes toto moře odkrývá mělkiny a skalnaté chodníky dlážděné deformovanými jádry, které propojují oblast sférických jader s poločasem rozpadu od sekund po miliony let okolo prvku 114 s naším každodenním světem. Supertěžké prvky vyvolávají řadu fundamentálních a fascinujících otázek ohledně jejich umístění v Periodické tabulce prvků, ale i o hranicích a stavbě Tabulky na jejím úplném konci, o platnosti jejích pravidel i pro nejtěžší prvky. Relativistické efekty totiž silně ovlivňují elektronovou strukturu nejtěžších prvků a tím i jejich chemické vlastnosti. První chemické experimenty ukázaly, že prvky 113 až 118 se při pokojové teplotě chovají jako „kovové“ vzácné plyny. Tyto chemické vlastnosti jsou v přírodě naprosto jedinečné.

Od 50. let bylo objeveno na 18 nových prvků, šestici z nich (113-118) se podařilo poprvé syntetizovat v SÚJV během posledních 12 let. Zároveň byla pozorována více než stovka nových izotopů supertěžkých prvků. A právě na těchto výzkumech se v SÚJV výrazně podílejí i čeští vědci.<sup>1</sup>

(1) Např. I. Zvara, The Inorganic Radiochemistry of Heavy Elements: Methods for studying Gaseous Compounds, Springer-Verlag, 2008; E.M. Kozulin, G.N. Knyazheva, I.M. Itkis, M.G. Itkis, A.A. Bogachev, L. Krupa, T.A. Loktev, S.V. Smirnov, V.I. Zagrebaev, J. Aysto et al., Investigation of the reaction Ni-64 + U-238 being an option of synthesizing element 120, Phys.Lett. B686 (2010) 227-232 a další.



Úvodní slovo  
 Prof. Ing. Ivana Wilhelma, CSc.,  
 náměstka pro výzkum  
 a vysoké školství MŠMT



Již před více jak 50. lety se Československo stalo zakládajícím členem Spojeného ústavu jaderných výzkumů (SÚJV). Za tuto dobu čeští vědci a studenti velmi výrazně přispěli a stále přispívají do rozvoje SÚJV a do zásadních vědeckých výsledků, kterých bylo v SÚJV dosaženo.

Členství ČR v SÚJV poskytuje přístup k unikátním experimentálním zařízením a je klíčové pro českou jadernou fyziku. Partnerství SÚJV s jinými významnými světovými centry zároveň umožňuje našim vědcům a studentům přístup i k zařízením těchto center výzkumu.

Je nutno zdůraznit velký počet výzkumných pracovníků využívajících výzkumnou infrastrukturu SÚJV, trvale vysoký počet publikačních výstupů vzniklých na základě prací v SÚJV a jejich kvalitu a váhu ve světovém kontextu. Jaderná a částicová fyzika je v současnosti jednou z nejvýznamnějších českých vědeckých disciplín, a k tomu zásadním způsobem přispělo právě členství v SÚJV.

Členství ČR v SÚJV představuje rovněž velkou příležitost pro vzdělávání nové generace českých jaderných odborníků, studenti mohou v SÚJV absolvovat letní praxi, mohou zde zpracovávat své diplomové či doktorské práce a přímo se podílet na prováděných experimentech. Velkou výhodou je v tomto směru multidisciplinární charakter SÚJV, kdy se kromě jaderné fyziky zaměřuje rovněž na další související oblasti – detektorovou techniku, biologii, medicínu, materiálový výzkum či aplikací využitelných v jaderné energetice.

Kromě spolupráce ve výzkumu a vzdělávání nabízí SÚJV českým firmám možnost podílet se na dodávkách technologicky náročných zařízení a tak zvyšovat svou konkurenceschopnost a získávat výhodu v pronikání na zahraniční trhy, zejména v oblasti východní Evropy.



## SPOJENÝ ÚSTAV JADERNÝCH VÝZKUMŮ

Spojený ústav jaderných výzkumů (SÚJV) je mezinárodní organizací, která se zabývá experimentálním a teoretickým výzkumem v oboru jaderné a částicové fyziky. Ústav má sídlo v Dubně u Moskvy v Ruské federaci.

Česká republika, resp. Československo, je jedním ze zakládajících členů SÚJV od roku 1956. V roce 1992 byl přijat nový statut SÚJV, který položil základ fungování Ústavu jako mezinárodní vědecké organizace na území Ruské federace. V současné době má SÚJV 18 členů.<sup>2</sup>

V SÚJV působila řada významných fyziků - např. nositel Nobelovy ceny za fyziku I. M. Frank (teorie Čerenkovova efektu, 1958) či Bruno Pontecorvo (italský teoretický fyzik, oscilace neutrin).

V SÚJV byly uskutečněny zásadní objevy v jaderné fyzice: Ústavu se jako prvnímu na světě podařila syntéza supertěžkých prvků s čísly 102, 104, 105, 106, 107, 113, 114, 115, 116, 117 a 118, které se blíží tzv. ostrovu stability supertěžkých jader. Po Ústavu je rovněž pojmenován prvek 105 „Dubnium“. Prvek 114 Flerovium (Fl) nese od června 2011 jméno po Flerově laboratoři jaderných reakcí (LJaR). V současné době má SÚJV významné postavení také v oblasti neutrinové fyziky, měření dvojitého rozpadu beta  $2\nu\beta\beta$  a oscilací neutrin.

**Ústav tvoří 7 laboratoří** – Laboratoř teoretické fyziky (LTF), Laboratoř fyziky vysokých energií (LFVE), Laboratoř neutronové fyziky (LNF), Laboratoř jaderných problémů (LJaP), Laboratoř jaderných reakcí (LJaR), Laboratoř informačních technologií (LIT) a Radiobiologická laboratoř (LRB). Kromě těchto pracovišť je součástí SÚJV rovněž Univerzitní centrum (UC), zaměřené na vzdělávací aktivity v oboru jaderné fyziky a souvisejících oblastech.

V SÚJV v současnosti pracuje přibližně 1200 vědeckých pracovníků a 2000 inženýrů a techniků.

---

(2) Arménie, Ázerbájdžán, Bělorusko, Bulharsko, Česká republika, Gruzie, Kazachstán, KLDR, Kuba, Moldavsko, Mongolsko, Polsko, Rumunsko, Ruská federace, Slovenská republika, Ukrajina, Uzbekistán, Vietnam. SÚJV spolupracuje na základě dvoustranných dohod také s jinými zeměmi např. s Itálií, Jihoafrickou republikou, Maďarskem, Německem, Egyptem a Srbskem. Na institucionální úrovni spolupracuje SÚJV s řadou výzkumných pracovišť z USA, Francie, Japonska, Číny a dalších zemí.



## Základní zařízení Ústavu

**Nuklotron**, supravodivý urychlovač jader a těžkých iontů na energii 6-7 GeV/nukleon, se používá pro studium tvorby a vlastností hyperjader a pro měření charakteristik srážek typu deutron-proton. Urychlovač bude součástí nově budovaného komplexu NICA.

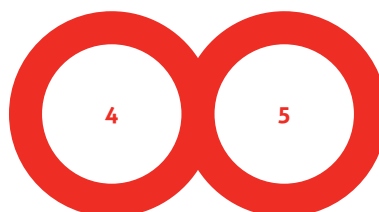
**Fázotron**, urychlovač protonů s energií 680 MeV, se využívá zejména pro radiobiologický výzkum, pro výrobu radioizotopů, pro klinické ozařování onkologických pacientů (protony,  $\pi$ -mezony, neutrony a gama zářením), pro vývoj nových zařízení a technik a také pro studium látek pevné fáze.

**Komplex urychlovačů Laboratoře jaderných reakcí** se skládá ze tří cyklotronů těžkých iontů (IC100, U400, U400M) a mikrotronu MT-25.

Cyklotron IC100 urychluje ionty od  $^{12}\text{C}$  po  $^{40}\text{Ar}$  na fixní energii 1,4 MeV/A.

Cyklotrony U400 a U400M urychlují široký rozsah iontů od  $^7\text{Li}$  až po  $^{208}\text{Bi}$  na energie až 50 MeV/A. Svazky urychlené U400M jsou využívány převážně pro produkci radioaktivních svazků na několika experimentálních aparaturách (ACCULINNA, COMBAS, MASHA), které se dále používají k výzkumu struktury lehkých exotických jader a reakcí s nimi, studiu hmotnosti supertěžkých prvků, ke sledování vlivu záření na funkci elektronických obvodů a ozařování biologických vzorků. Cyklotron U400 se používá téměř výhradně pro syntézu supertěžkých prvků, dále k výzkumu spektroskopie gama jader v oblasti  $Z = 90-100$  a je součástí projektu DRIBs.

/Nuklotron/



/Synchrofázotron/

Mikrotron MT-25 urychluje elektrony a používá se k produkci záření gama s energií až 30 MeV. Je využíván pro laserovou spektroskopii.

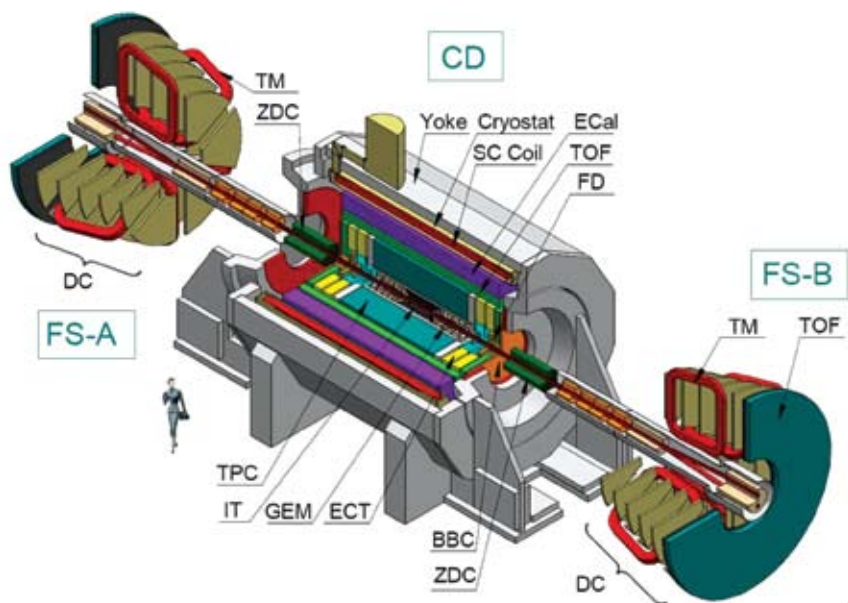
**IBR 2**, unikátní rychlý impulzní reaktor, představuje zdroj neutronů s průměrným výkonem 2MW (v pulzu 1850 MW) a průměrným tokem neutronů  $10^{13} \text{ n.cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . S jeho pomocí se studují zejména vlastnosti látek pevné fáze jako je např. dynamika a parametry krystalických a amorfních materiálů, nanostrukturních materiálů a nanosystémů (včetně polymerů, lipidových membrán, bílkovin, apod.), parametry krystalické a magnetické struktury materiálů při vysokých tlacích, textura hornin, zbytkové napětí v průmyslových výrobcích či makro i mikro napětí v konstrukčních materiálech.

Již odstaveným zařízením je **Synchrofázotron**, urychlovač protonů (do 10 GeV) a jader (deutron, lithium, uhlík... na energie v intervalu 100 MeV – 4 GeV/nukleon), který v 60. a 70. letech 20. století představoval nejvýkonnější urychlovač svého druhu na světě. Synchrofázotron byl v SÚJV zachován jako historická památka.

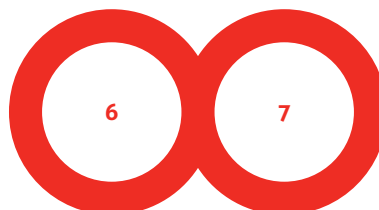
## Budovaná zařízení

**NICA/MPD** - Hlavním cílem projektu NICA/MPD (Nuclear based Ion Collider fAcility/Multi-Purpose Detector) je experimentální studium horké a husté silně interagující hmoty a polarizačních jevů v systémech s několika nukleony při srážkových energiích 4 - 11 GeV a s průměrnou lumnositou  $10^{27} \text{ cm}^{-2}.\text{s}^{-1}$ . Komplex NICA se bude skládat ze zdroje těžkých iontů,





/NICA – schéma detektoru MPD/



lineárního urychlovače, supravodivého boosteru, nuklotronu (stávající zařízení) a supravodivého collideru. Vlastní identifikace událostí a částic zajistí komplexní detektor MPD, který se bude poskytovat informaci o energiích a drahách sekundárních částic. Jde o významný infrastrukturní projekt SÚJV s rozpočtem 400 mil. USD. Projekt má být dokončen v roce 2015.

**DRIBs-III** - Dubna Radioactive Ion Beams III (projekt na roky 2011 - 2015) v sobě zahrnuje výstavbu nového cyklotronu DC200 s rekordní intenzitou svazku iontů středních hmotností s energiemi 5-10 MeV/nukleon a také modernizaci existujících urychlovačů U400 a U400M. Projekt, který má být dokončen v roce 2015, umožní rozšířit tematiku řešených úloh a dále pokročit v syntéze nových supertěžkých prvků. Projekt na nejbližších 25-30 let zabezpečí SÚJV vedoucí postavení ve výzkumu reakcí s těžkými ionty nízkých a středních energií.

Z ČR pochází řada významných zaměstnanců SÚJV: např. náměstkem ředitele SÚJV je pracovník Fyzikálního ústavu AV ČR, prom. fyzik R. Lednický, DrSc., či pracovník Ústavu jaderné fyziky AV ČR, Ing. Aloiz Kovalík, DrSc., je zástupcem ředitele Laboratoře jaderných problémů SÚJV.

Rozpočet SÚJV na rok 2012 dosahuje 117 mil. USD. Členský příspěvek České republiky pro rok 2012 představuje 3,6 mil. USD, tj. cca 3 % rozpočtu SÚJV. Zhruba 40 % příspěvku je každoročně použito na úhrady nákladů spojených s přímou účastí českých pracovníků a pracovišť na společných projektech realizovaných buď v SÚJV či v ČR. České podniky a výzkumné instituce mohou každoročně v SÚJV získat zakázky a další projekty v objemu až 1 mil. USD. Účast českých výzkumných pracovníků v SÚJV je dále financována prostřednictvím programu Ministerstva školství, mládeže a tělovýchovy INGO.

## Spolupráce

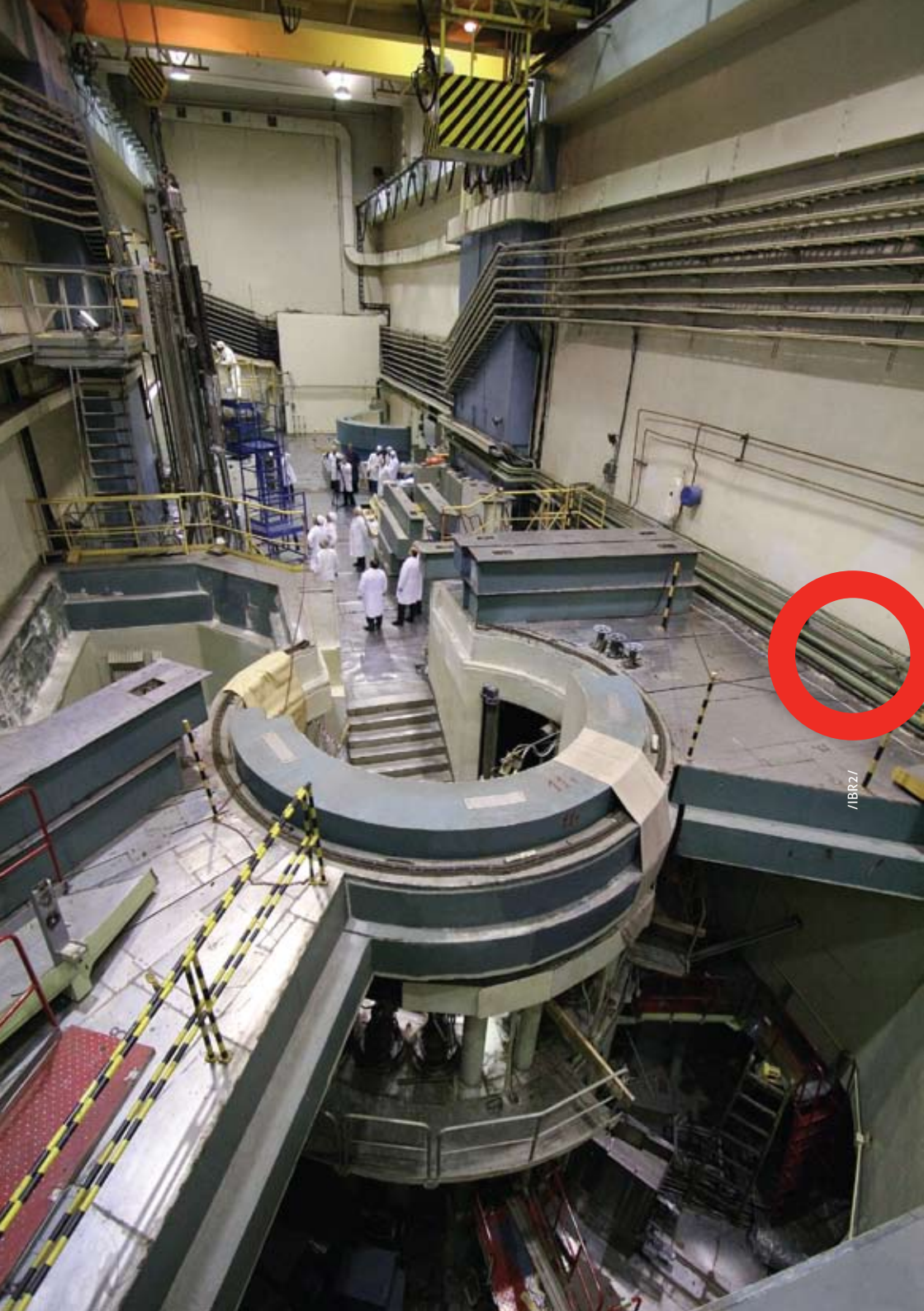
Těžiště spolupráce České republiky s SÚJV představují dlouhodobé společné cílové projekty. V rámci spolupráce s SÚJV se čeští pracovníci dále zapojují do řady experimentů společně s jinými mezinárodními vědeckými pracovišti (v Německu, Francii, Itálii, USA aj.).

Z české strany se na spolupráci s SÚJV v současnosti podílejí Ústav jaderné fyziky AV ČR (ÚJF AV ČR), Fyzikální ústav AV ČR (FZÚ AV ČR), Ústav makromolekulární chemie AV ČR (ÚMCH AV ČR), Geologický ústav AV ČR (GLÚ AV ČR), Ústav přístrojové techniky AV ČR (ÚPT AV ČR), Biofyzikální ústav AV ČR (BFÚ AV ČR), Matematicko-fyzikální fakulta UK (MFF UK), Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská ČVUT (FJFI ČVUT), Fakulta strojní ČVUT (FSI ČVUT), Ústav technické a experimentální fyziky ČVUT (ÚTEF ČVUT), Slezská univerzita v Opavě (SLU), Technická univerzita Liberec (TUL), ale také např. Ústav radiační onkologie Nemocnice Na Bulovce.

Ve spolupráci s SÚJV vzniká každoročně na stovku publikací. Jejich vědeckou váhu a význam lze ocenit na základě jejich citovanosti<sup>3</sup> - hodnoty pro publikace vzniklé ve spolupráci s SÚJV jsou vysoce nadprůměrné a dlouhodobě překračují dvojnásobek světového průměru. **Členství v SÚJV výrazně přispělo k tomu, že částicová a jaderná fyzika je v současnosti jedním z nejvýznamnějších českých oborů z hlediska váhy kvality vědeckých publikací na globální úrovni.**

Pobyty v SÚJV každoročně absolvuje více než stovka pracovníků z českých výzkumných pracovišť. Od roku 2001 jsou v SÚJV každoročně pořádány letní studentské praxe a školy. Průměrně se jich účastní 20 až 25 studentů ze všech vysokých škol ČR a zájem studentů se každým rokem zvyšuje. V roce 2001 se k tomu připojila letní škola jaderné fyziky a urychlovačů v biologii a medicíně, pořádaná ve spolupráci s SÚJV.

<sup>(3)</sup> Field normalized citation score, CPP/FCSm - „crown indicator“ Centre for Science and Technology Studies (CWTS)



## Příklady projektů

### Testování systémů využívajících tříštvivé reakce k transmutaci radioizotopů

Řešení problémů s vyhořelým jaderným palivem v jaderné energetice a uzavření jejího palivového cyklu je podmíněno efektivním štěpením transuranů i transmutací alespoň některých štěpných produktů. Jednou z možností je využití vysoce intenzivního pole neutronů, které se dá získat pomocí zdroje založeného na tříštvivých reakcích.

Česká skupina ve složení ÚJF AV ČR a FJFI ČVUT se zapojuje do výzkumů v SÚJV v rámci mezinárodního projektu „Energie plus transmutace radioaktivního odpadu“ již řadu let. Využívají se urychlovače Nuclotron a Fázotron. Vznikající neutronové pole se měří aktivačními detektory a zároveň se studuje i transmutace různých radioaktivních materiálů. Výstupem je např. rozsáhlá systematika chování systému ozářeného protony a deuterony různých energií.

Důležitou součástí přípravy urychlovačem řízených transmutačních zařízení založených na tříštvivých reakcích je studium systémů, které je modelují. Experimenty s nimi umožňují testovat programy, které simulují produkci, transport a reakce neutronů a používají se k projektování budoucích inovativních jaderně energetických systémů.

Další společnou prací je měření pravděpodobností neutronových reakcí s využitím neutronového zdroje v ÚJF AV ČR a detektorů neutronů z SÚJV Dubna. Experimentální data získaná v SÚJV i ÚJF AV jsou důležitá pro pokrok v oblasti reaktorů IV. generace, urychlovačem řízených transmutorů i jaderné fúze.

Na těchto studiích se podílí studenti z MFF UK i FJFI ČVUT, kteří na získaných datech vypracovali své bakalářské, diplomové i Ph.D. práce.

### Neutronografické studium nanosystémů a nových technicky perspektivních materiálů

Laboratoř neutronové difrakce FJFI ČVUT společně s FzÚ AV ČR a ÚFCH AV ČR a Laboratoř neutronové fyziky SÚJV již řadu let spolupracují v oblasti strukturní analýzy technicky perspektivních látek a zlepšování parametrů experimentálních zařízení. Kombinací difrakční techniky spojené s konstantní vlnovou délkou (reaktor LVR-15 v Řeži) a difrakční techniky založené na metodě průletové (reaktor IBR-2 v SÚJV Dubna) je dosaženo vyšší kvality experimentálních dat.

Ve fyzice pevné fáze v poslední době roste zájem o komplexní oxidy transitivity kovů, které se používají v radiofrekvenčních přístrojích, magnetorezistivních snímačích v pevných discích pro magnetický záznam dat atd. Zejména oxidy obecné formule  $\text{Ln}_{1-x}\text{Ae}_x\text{MO}_3$  v důsledku směsné valence  $\text{M}^{3+}/\text{M}^{4+}$  vykazují široké spektrum fyzikálních jevů, kterými je možno v závislosti na složení a teplotě vytvářet rozličné stavy – antiferomagnetické nebo spinově skelné izolátory, feromagnetické nebo antiferomagnetické kovy.

Praktický význam představují perovskitové systémy, které jsou na rozhraní mezi různými stavy a kde vnější působení (magnetické pole, vysoké tlaky, laserové ozáření) vyvolává značnou odezvu. Jednou z aplikací jsou senzory umožňující technologii kolmého zápisu v pevných discích nebo statické paměti, ve kterých zůstává informace uložena i po vypnutí napájení. V blízké budoucnosti by použitím těchto materiálů měl vyrůst celý nový obor elektroniky – spintronika, ve kterém se využívá nejen elektrický náboj elektronu ale i jeho spin.

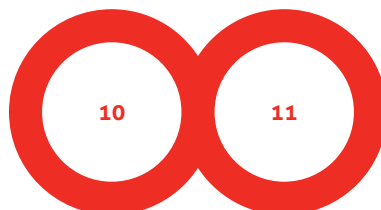
### Studium vlastností neutrin ve dvojitým beta rozpadu

Spolupráce ÚTEF ČVUT a Laboratoře jaderných problémů SÚJV se soustřeďuje na měření povahy a hmotnosti neutrina ve 3 dlouhodobých experimentech: TGV, NEMO 3 a SuperNEMO. Část experimentů je umístěna v laboratoři LSM (Francie).

Cílem TGV je výzkum velmi řídkých jaderných procesů, např. dvojitého rozpadu beta ( $2\nu\beta\beta$ ,  $0\nu\beta\beta$ )  $^{48}\text{Ca}$  či dvojitého elektronového zachytu ( $2\nu\text{EC}/\text{EC}$ ,  $0\nu\text{EC}/\text{EC}$ )  $^{106}\text{Cd}$ . Dlouhodobým cílem je dosažení hranice poločasu rozpadu  $2\nu\text{EC}/\text{EC}$   $^{106}\text{Cd}$  na úrovni  $\sim 10^{21}$  let.

Experimenty NEMO 3 a SuperNEMO se zaměřují na studium povahy a hmotnosti elektronových neutrin, které nelze získat z experimentů se solárními, atmosferickými či reaktorovými neutriny (např. KamLAND a SNO). Problém určení hmotnosti neutrina může být vyřešen v experimentálním studiu beta rozpadu a problém určení povahy neutrina (Dirakovská či Majoranovská částice) v bezneutrinovém dvojitým beta rozpadu. Důležité je také měření procesu  $2\nu\beta\beta$ , zejména z hlediska vývoje teoretických modelů atomových jader.

Experiment NEMO 3 byl již ukončen. Detektor SuperNEMO je v nyní ve výstavbě. Cílem je zvýšení množství měřeného izotopu  $^{82}\text{Se}$  z 10 kg na 100-200 kg (efektivní hmota neutrina 50-100 meV).

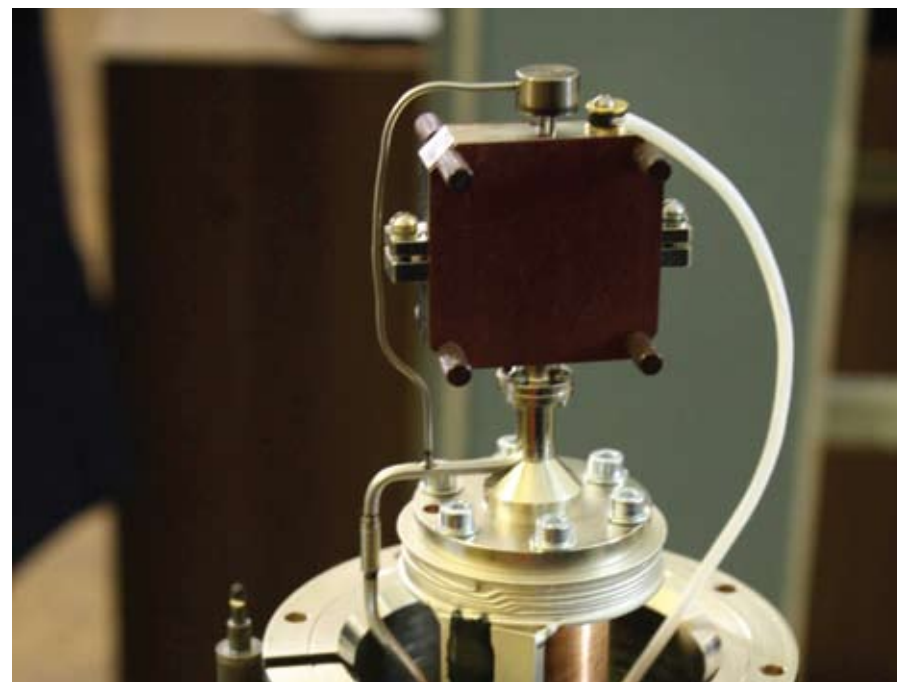


/Tritiový terč separátoru ACCULINNA/

### Výzkum struktury lehkých exotických jader

Pracovníci z FJFI ČVUT, ÚTEF ČVUT, FPF SU v Opavě a ÚJF AV ČR se výrazně podílejí na experimentech a zpracování experimentálních dat v rámci Laboratoře jaderných reakcí (LJaR), zejména komplexu urychlovačů produkujícího primární svazky s vysokou intenzitou a sekundární radioaktivní svazky získávané separátorem ACCULINNA. LJaR jako jediná na světě disponuje tritiovým experimentálním terčem, který dává nové možnosti syntézy lehkých exotických jader a výzkumu jejich struktury. Tato oblast jaderné fyziky hraje významnou roli při objasnění astrofyzikálních procesů. Čeští pracovníci se významně podílejí i na vývoji separátoru ACCULINNA2, budovaného v rámci 7letého plánu rozvoje SÚJV, který umožní produkci svazků radioaktivních jader s vyšší intenzitou i puritou v regionu 10 až 60 MeV/A. Na dodávkách vakuové techniky se podílí firma Vakuum Praha.

Český tým je díky účasti na projektu zapojen do široké mezinárodní spolupráce s týmy z Polska, Německa, Španělska, Japonska, Jihoafrické republiky či USA. Skupina každoročně přijímá studenty na letní praxi: v posledních 3 letech se jednalo o 8 studentů ČVUT, ZČÚ, SLU; dva studenti SLU ve skupině vypracovávají disertační práci. Spolupráce na projektu zároveň na světové úrovni umožňuje ovlivňovat směr výzkumu lehkých exotických jader, radioaktivních svazků a jaderných astrofyzikálních procesů. Zařízení na úrovni srovnatelné s LJaR jsou v současné době dostupná pouze na několika místech na světě (GSI, GANIL, RIKEN, MSU).



## Dozimetrie, mikrodozimetrie, radiobiologie a metrologie v hadronových svazcích pro radioterapii

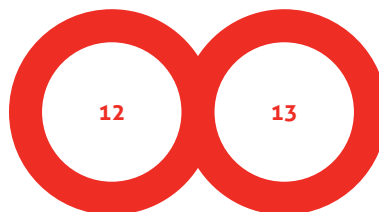
Pracovníci Oddělení dozimetrie záření UJF AV ČR se dlouhodobě podílí na dozimetrii ve svazcích vysokoenergetických nabitých částic lékařsko-fyzikálního centra Laboratoře jaderných problémů SÚJV. Studie se zaměřují na rozvoj nových technik léčby nádorů ozařováním nabitými částicemi a metodik pro stanovení ozáření vysokoenergetickými částicemi na palubách letadel a kosmických lodí.

Pro absolutní stanovení dávky jsou používány ionizační komory, pro diagnostiku a profil svazku termoluminiscenční a aktivační detektory. Detektory stop v pevné fázi slouží pro stanovení mikrodozimetrických charakteristik svazků nabitých částic. Spolupráce umožnila mimo jiné vývoj metodiky pro využití těchto detektorů jako spektrometry lineárního přenosu energie záření.

Dozimetrická měření jsou doprovázena radiobiologickými experimenty ve svazcích vysokoenergetických protonů (s Laboratoří radiační biologie SÚJV), dále probíhají stanovení dozimetrických a mikrodozimetrických charakteristik svazků uhlíku na Nuklotronu Laboratoře fyziky vysokých energií. Jedním z významných dosažených výsledků je distribuce dávek ve svazcích protonů a jejich blízkém okolí, které jsou důležité pro odhady rizik nežádoucího poškození zdravé tkáně při protonové terapii.



/Příprava protonové terapie/



## Studijní a kariérní příležitosti

Spolupráce s Univerzitním centrem SÚJV se soustřeďuje na výchovu doktorandů a diplomantů, letní praxi studentů v SÚJV a organizaci letní školy „Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine“. Nutností je dobrá znalost angličtiny, ve které je vedena veškerá komunikace (např. přednášky lektorů, vlastní vystoupení studentů).

Podrobné informace jsou k dispozici zde:

[http://newuc.jinr.ru/events\\_list.asp](http://newuc.jinr.ru/events_list.asp)

### Program specializované výchovy doktorandů a diplomantů

Program je založen na vzájemné dohodě ČR a SÚJV Dubna z roku 2010, která dává možnost současné výchovy až **16 studentů českých VŠ** (řádně zapsaní doktorandi nebo diplomanté). V SÚJV studenti pracují v rámci společného výzkumu (vedoucí za ČR a za SÚJV) a získávají odborný materiál pro svoji práci. Obhajoba práce proběhne na domácím pracovišti v ČR. Délka pobytu je omezena maximálně na 4 roky pro doktorandy (standardní délka studia v ČR) a 2 roky pro diplomanty. Pobyt, včetně zvláštního příspěvku, je plně hrazen z rozpočtu SÚJV.

Termíny pro podání přihlášek nejsou stanoveny, jejich příjem probíhá kontinuálně. Bližší informace je možné získat prostřednictvím Sekretariátu Výboru pro spolupráci ČR s SÚJV Dubna, e-mail: [dubna@ujf.cas.cz](mailto:dubna@ujf.cas.cz).

*„V SÚJV pracujeme na problematice genomové nestability savčích buněk pod vlivem různých typů radioaktivního záření (především urychlených iontů) a na problematice vlivu ionizujícího záření na tvorbu a reparaci dvojných zlomů DNA v lidských lymfocytech. V ústavu nám velice pomohli naši místní spolupracovníci, díky čemu jsme se mohli rychle zapojit do vědecké práce i bez znalosti ruského jazyka. Obecně podmínky pro vědeckou práci a každodenní život jsou zde velmi dobré. Možnosti, které SÚJV nabízí doktorandům, nejsou v ČR příliš známé, což je škoda - výzkum zde prováděný je na špičkové úrovni“, říkají Pavel Bláha, doktorand FJFI ČVUT v Praze a Lucie Ježková, doktorandka VŠCHT v Praze.*

### Letní praxe

Praxe se pravidelně účastní na 20-25 českých studentů především doktorandského či magisterského studia a v menším počtu i bakalářského studia se zájmem o jaderné obory. Studenti jsou z různých VŠ, např. ČVUT v Praze, MFF UK, VUT Brno, ZČU Plzeň, VŠB-TUO či UP Olomouc. Praxe probíhá během července a trvá obvykle 3-4 týdny. V průběhu pobytu studenti pracují ve skupinách po 2-5 studentech na konkrétních vědeckých projektech podle svého zaměření.



Pobyt studentů (ubytování, doprava, diety podle předpisů SÚJV) je hrazen z prostředků SÚJV v rámci společného grantu české strany a UC SÚJV. Termín pro podání přihlášek je zpravidla konec dubna. Přihlášky spolu s doporučením vedoucího pracoviště či školitele studenta je třeba je zaslat na e-mail [ivan.stekl@utef.cvut.cz](mailto:ivan.stekl@utef.cvut.cz).

Další informace jsou k dispozici zde:

<http://newuc.jinr.ru/events.asp?id=40&act=start>

*„V červenci 2011 jsem se zúčastnil letní praxe v SÚJV Dubna. V úvodu jsme byli seznámeni s vědeckými projekty SÚJV. Studenti si mohou vybrat z témat fyzikálních, matematických, chemických či z oblasti programování. Vybral jsem si testování ocelí pro jaderné reaktory. S využitím modelovacího programu jsme zkoumali, k jakým změnám v oceli dochází v důsledku jaderných interakcí s atomy xenonu. Měli jsme k dispozici vzorky ocelí ozářených atomy xenonu z urychlovače, které jsme zobrazili elektronovým mikroskopem. Výsledky simulací Monte Carlo se poté porovnávají s těmito experimentálními výsledky. Na závěr praxe se konala studentská konference, kde jsme přednesli poznatky o svých projektech ostatním spoluúčastníkům“, řekl Petr Distler, student FJFI ČVUT v Praze.*

## Letní škola „Nuclear Physics Methods and Accelerators in Biology and Medicine“

Škola je zaměřena na aplikace metod jaderné fyziky v medicíně a biologii, tj. v oblasti využití nejmodernějších metod fyziky mikrosvěta v biologii, medicíně, vědách o živé přírodě a o životním prostředí (např. pokročilé zobrazovací metody, radioterapie, radiobiologie). Škola se koná obvykle v červenci (doba trvání 2 týdny) jednou za dva roky. Celkem se jí účastní 80-100 studentů z různých zemí, kolem 20 studentů je pravidelně z ČR. Studenti mají možnost prezentace svých výsledků na konferenci a následně jako příspěvek ve sborníku vydávaném American Institute of Physics. V roce 2007 se škola konala v ČR (<http://www.utef.cvut.cz/4SummerSchool/>).

Pobyt studentů je plně hrazen z prostředků SÚJV v rámci společného grantu české strany a UC SÚJV. Termín pro podání přihlášek je zpravidla konec dubna. Přihlášky spolu s doporučením vedoucího pracoviště či školitele studenta je třeba je zaslat na e-mail [ivan.stekl@utef.cvut.cz](mailto:ivan.stekl@utef.cvut.cz).

*„Možnost aktivní účasti na této letní škole jsem vřele uvítala, protože se v rámci své diplomové práce zabývám problematikou syntézy a studia nových ligandů a jejich komplexů vhodných pro biomedicínské aplikace. Cenným přínosem pro mě byla možnost představit svou práci a její výsledky prostřednictvím krátkých studentských prezentací. Neméně přínosné bylo*

*/Pavína Jalůvková a Vratislav Chudoba, doktorandi Slezské univerzity v Opavě, u reaktoru komory separátoru ACCULINNA/*



*seznámení se s prací kolegů a se současným trendem vývoje příbuzných oblastí vědy a výzkumu“, říká Martina Benešová, studentka Přírodovědecké fakulty UK v Praze.*

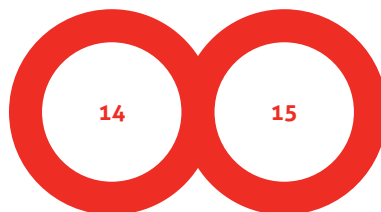
## Evropská škola fyziky vysokých energií

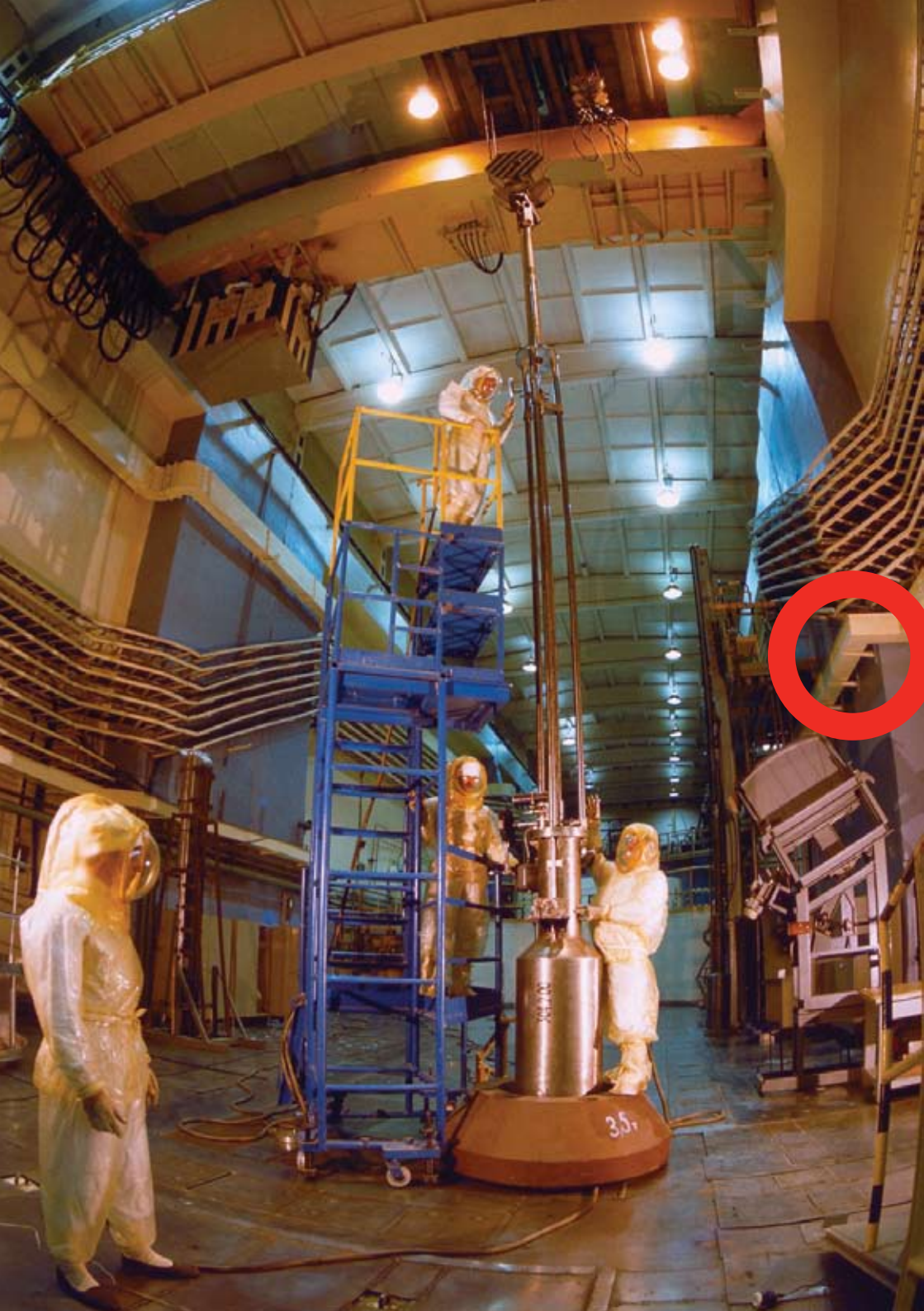
Škola je každoročně pořádána ve spolupráci se Evropskou organizací pro jaderný výzkum (CERN), zaměřuje se na doktorandy zabývající se experimentální fyzikou vysokých energií, kteří mají alespoň 1 rok zkušenosti s experimentálním výzkumem. Termíny pro podání přihlášek jsou obvykle v únoru, škola se odehrává v letních měsících. Bližší informace naleznete zde: <http://physicschool.web.cern.ch>

*„Jako student jaderné chemie z ČVUT jsem pobýval na letní škole a praxi v SÚJV Dubna. Tato zkušenost mne inspirovala pro mou diplomovou práci na téma „Výroba a radiochemická separace cyklotronem produkováných radionuklidů, například Hf-178m2“. Mým školitelem v SÚJV se stal Nikolaj Aksenov z Flerovy laboratoře jaderných reakcí. Cílem celého projektu, jehož součástí je i moje práce, je nalézt způsob, jak kontrolovaně spustit výše zmíněný isomer Hafnia na základní energetický stav. Účast na tomto projektu rozšířila mé praktické znalosti z problematiky produkce radionuklidů na cyklotronu a zároveň jsem získal osobní zkušenost práce v mezinárodním kolektivu“, uvedl diplomant FJFI ČVUT Vojtěch Brynych.*

## Konference, semináře

SÚJV pravidelně pořádá řadu konferencí a seminářů na různá témata spjatá s výzkumem v SÚJV (jaderná a subjaderná fyzika, matematika, výpočetní technika, radiobiologie, radiační medicína). Aktuální informace jsou k dispozici na webu SÚJV [www.jinr.ru](http://www.jinr.ru) či <http://indico-test.jinr.ru/>.





## Příležitosti pro firmy

SÚJV vypisuje zakázky a další projekty jak v oblasti high-tech výrobků vyžadujících nové technologické postupy, tak standardních průmyslových výrobků. Zakázky se nejčastěji týkají výrobků a služeb z oblastí:

- elektrotechniky a elektroniky
- výpočetní techniky
- strojírenství
- vakuové techniky
- kryogeniky
- magnetů
- detekční techniky
- krystalů pro detektory
- a pozemních staveb (tunely, budovy, technické instalace)

Vzhledem k probíhajícím či plánovaným rekonstrukcím zařízení v SÚJV a výstavbě nových (NICA) mohou české podniky a výzkumné instituce každoročně v SÚJV získat zakázky a další projekty v objemu až 1 mil. USD.

## Postupy

Hlavním zprostředkovatelem pro zakázky v Ruské federaci a SÚJV je agentura Czechtrade, která poskytuje informace o vypisovaných tendrech SÚJV a poradenskou činnost pro zapojení českých firem do spolupráce s SÚJV.

Poradenství v oblasti transferu technologií a zapojování českých firem do spolupráce s SÚJV poskytuje rovněž Výbor pro spolupráci s SÚJV Dubna a Technologické centrum AV ČR.

Prvním krokem pro nového dodavatele je konzultace ohledně aktuálních zakázek vypisovaných a plánovaných SÚJV. Poté je možné zahájit jednání s představiteli SÚJV a jeho laboratoří o dodání zařízení či služby, zároveň je možné dohodnout individuální návštěvu SÚJV. SÚJV jako mezinárodní organizace neplatí v Ruské federaci cla a daně.

Uzavření zakázky na dodávky zařízení nebo služeb pro SÚJV znamená pro české podnikatelské subjekty úspěch v mezinárodní konkurenci, rovněž ale i výbornou referenci. Často se také stává, že firma, která úspěšně realizovala zakázku v SÚJV získá další zakázky v SÚJV, v jeho členských zemích či jinde.

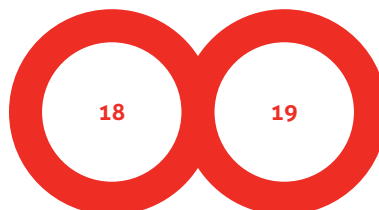
V roce 2005 byla vládou Ruské federace v Dubně zřízena zvláštní ekonomická zóna (ZEZ) technologicko – inovačního typu. Je zaměřena na přenos výsledků výzkumu SÚJV do komerčního prostředí, zejména v obo-

rech jaderné fyziky, nanotechnologií a informačních technologií. V řadě firem, které v zóně působí, pracují odborníci SÚJV a SÚJV je rovněž spoluvlastníkem několika firem.

Bližší informace o ZEZ Dubna jsou k dispozici zde:  
<http://dubna-oez.ru/eng/>

## Kontakty

Czechtrade Moskva: [moscow@czechtrade.cz](mailto:moscow@czechtrade.cz)  
Výbor pro spolupráci s SÚJV Dubna: [dubna@ujf.cas.cz](mailto:dubna@ujf.cas.cz)  
Technologické centrum AV ČR: [janosec@tc.cz](mailto:janosec@tc.cz)



/Prototyp detekčního bloku pro projekt SuperNEMO./

## Příklady spolupráce v oblasti zakázek a dalších projektů

### Vysokoobjemové scintilační detektory (ENVINET a.s.)

ENVINET a.s. (Třebíč/Kralupy nad Vltavou) se v rámci spolupráce s Laboratoří jaderných problémů SÚJV podílí na dodávkách vysokoobjemových scintilačních detektorů do LSM, Francie - 20 kusů tzv. Veto bloků a 140 kusů tzv. X-wall detektorů (celková cena 47 200 EUR). Pro splnění zakázky je nutné vyhovět přísným technickým nárokům, zejména co se týče kvality a čistoty vstupních surovin a důkladné kontroly celého procesu.

*„Optimalizace vlastností scintilátorů pro LSM nám poskytne podklady pro vývoj nových produktů a další rozvoj výrobních postupů. V návaznosti na tuto zakázku se firma ENVINET zapojila do řešení projektu „Vývoj nových scintilačních detektorů a pokročilé technologie testování“ v programu TIP MPO a „Centrum rozvoje technologií pro jadernou a radiační bezpečnost“ v rámci programu TA ČR Centra kompetence“, uvedla Larisa Dubská, ředitelka pro marketing a vnější vztahy ENVINET a.s.*

### Deformační stroj k provádění kombinovaných termomechanických testů materiálů (ÚJF AV ČR)

ÚJF AV ČR realizoval v roce 2007 zakázku pro SÚJV Dubna v celkovém objemu 41 216 EUR. Předmětem dodávky do SÚJV bylo experimentální zařízení – deformační stroj umožňující provádění kombinovaných termomechanických testů materiálů in situ na experimentálních difraktometrech instalovaných u neutronových zdrojů (reaktor LVR-15 v Řeži, pulzní zdroj IBR-2 v Dubně). Toto vysoce specializované zařízení bylo vyvinuto v ÚJF, na realizaci zakázky se podílel i soukromý sektor - strojírenská firma Macháček, softwarová firma Nejedlý.

### Vakuový systém pro studium interakcí iontů s pevným terčem (VAKUUM PRAHA spol. s r.o.)

Uvedený vakuový systém dodaný SÚJV firmou VAKUUM PRAHA je jedním z prvních výsledků, který byl realizovaný v rámci protokolu o vědecko-výzkumné spolupráci VAKUUM PRAHA s Laboratoří jaderných problémů SÚJV. Jednalo se o zakázku v hodnotě 160 000 USD.

Firma VAKUUM PRAHA je tradičním dodavatelem do SÚJV - do SÚJV dodala řadu dalších vakuových zařízení a systémů, mezi nejvýznamnější patří injekční kanály pro těžké ionty na cyklotronech U400 a U400M, vakuový systém pro DRIBS či upgrade vakuového systému pro nuklotron, který je součástí připravované projektu NICA (společně s firmou FOTON).



20

21

*„Dodávky pro SÚJV jsou vždy mimořádně technologicky náročné, což napomáhá k vývoji nových produktů, neustálému růstu úrovně a zvyšování kvality výroby, a tím i k lepší konkurenceschopnosti naší firmy. Zároveň nám dávají možnost podílet se na zlepšování úrovně zařízení SÚJV a tak přispívat k lepším vědeckým výsledkům SÚJV“, uvedl Pavel Hedbávný, ředitel VAKUUM PRAHA.*

#### **Si pixelové detektory (ÚTEF ČVUT)**

V roce 2010 ÚTEF ČVUT dodal do LNF SÚJV dva měřící systémy na bázi Si detektoru Timepix Readout systém a programové vybavení (jak řídicí software, tak i software na zpracování naměřených dat) byly vyvinuty v ÚTEF ČVUT. Vlastní výrobu readout systému zajistily firmy Minirad, s.r.o. a Šonka servis, s.r.o. Celková výše zakázky dosáhla 24 000 USD. Přínos pro ÚTEF ČVUT spočívá v prohloubení spolupráce s laboratoří LNF SÚJV (provedení společných měření) a v rozšíření spolupráce s dalšími laboratořemi SÚJV (LVE, LJaP, LJaR) v oblasti využití pixelových detektorů ve fyzikálních experimentech.

## Kontakty

Výbor pro koordinaci spolupráce ČR s SÚJV Dubna

sekretariát  
ÚJF AV ČR  
oddělení dozimetrie záření  
Na Truhlářce 39/64  
180 00 Praha  
Česká republika  
tel. +420 266 177 235  
fax: +420 283 841 691  
e-mail: dubna@ujf.cas.cz  
http://www.sujv.cz

### Studijní příležitosti

Ivan Štekl  
ivan.stekl@utef.cvut.cz

### Přenos technologií, průmyslové zakázky

Štěpán Jílek  
CzechTrade Moskva  
3, Tverskaya – Yamskaya d. 36/40  
125047 Moscow  
Russian Federation  
tel: +420 224 907 865  
tel: +74 999 787 642  
e-mail: moscow@czechtrade.cz

Jiří Janošec  
Technologické centrum AVČR  
Ve Struhách 27  
160 00 Praha 6  
tel.: +420 234 006 136  
fax.: +420 220 922 698  
e-mail: janosec@tc.cz

### Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy

Ondřej Novák  
Odbor mezinárodní spolupráce ve výzkumu a vývoji  
tel.: +420 234 811 118  
e-mail: ondrej.novak@msmt.cz

22

23

**Česká republika**

**a Spojený ústav**

**jaderných výzkumů**

Vydalo:

Ministerstvo školství, mládeže a tělovýchovy,

Karmelitská 7, 118 12 Praha 1

ve spolupráci s Domem zahraničních služeb,

Na Poříčí 1035/4, 110 00 Praha 1

Praha 2012

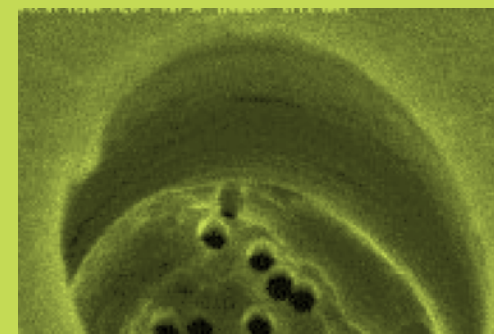
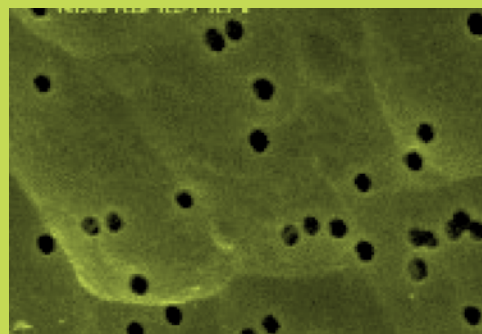
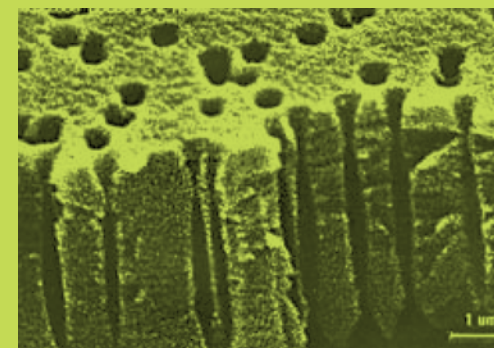
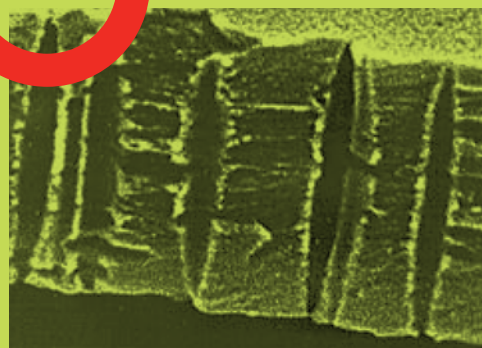
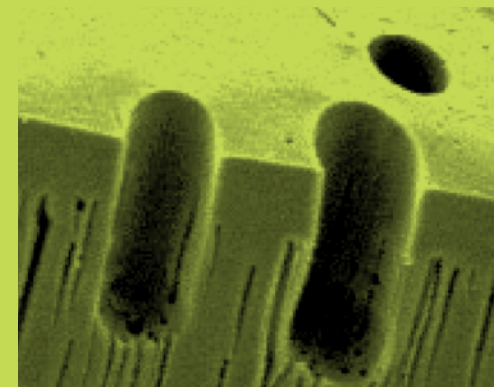
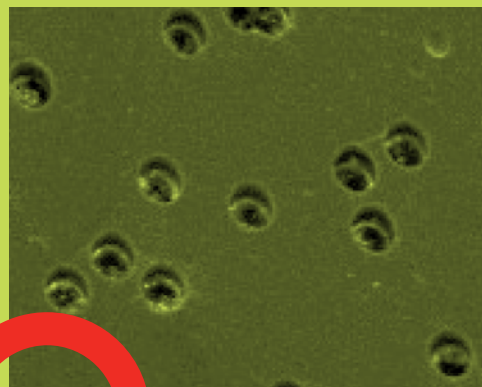
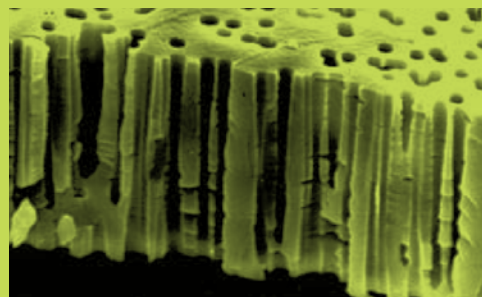
Grafická úprava:

Martin Hrdina

[www.msmt.cz](http://www.msmt.cz)



24



[www.msmt.cz](http://www.msmt.cz)

