

Závěrečná zpráva o řešení výzkumného záměru

Identifikační kód	AV0Z10480505
Název výzkumného záměru	Jaderná fyzika a příbuzné obory v základním, aplikovaném a interdisciplinárním výzkumu
Příjemce	Ústav jaderné fyziky AV ČR, v. v. i.
Řešitel	Ing. Jan Dobeš, CSc.
Doba řešení	1. 1. 2005 – 31. 12. 2011

1. Splnění cílů řešení výzkumného záměru

Řešení výzkumného záměru bylo zaměřeno na následující tématické okruhy.

Studium silně interagující hmoty ve srážkách těžkých iontů. Skupina ÚJF přispěla k vybudování experimentu ALICE v CERN, který zahájil unikátní studium kvark-gluonové plazmy. Skupiny ÚJF přispěly k experimentům STAR v BNL (USA) a HADES v GSI (SRN). Mezi nejvýznamnější výsledky patří pozorování jader antihelia 4 a antihyperjádra tritia v experimentu STAR a přebytku produkce elektron-positronových párů z rozpadů hadronů v jaderném prostředí v experimentu HADES.

Jádra vzdálená od linie stability. Experimenty na ISOLDE/CERN poskytly údaje o izospinových příměsích a magnetických momentech nestabilních jader. Měření dvoukrokových gama kaskád na svazku termálních neutronů ověřilo vlastnosti fotonových silových funkcí.

Jaderná astrofyzika. Byly získány nové informace o intenzitě syntézy v reakcích protonového radiačního záchytu a v reakcích s přenosem částic probíhajících v rámci stelárního vývojového CNO cyklu.

Určení hmotnosti neutrina elektronovou spektroskopií. Vyvinutý unikátní radioaktivní zdroj nízkenergetických elektronů splňující požadavek na stabilitu energie elektronů ± 3 ppm/měsíc byl vybrán pro kontrolu vysokého napětí v experimentu KATRIN.

Teorie. Byl předpovězen nový kvazivázaný stav v Kpp systému, selfkonsistentně analyzovány vlastnosti antiK-jaderných kvazivázaných stavů a vypočítáno excitační spektrum hyperjádra bóru měřené v elektroprodukcí v Jefferson Laboratory. Byly odvozeny formule pro hmoty fermionů a kalibračního bosonu generované silnou Yukawovou interakcí a tvar slabého axiálního párového pionového proudu zaručující platnost částečného zachování axiálních proudů.

Matematická fyzika. Nalezené aproximace pro hamiltoniány kvantových grafů představují zásadní krok ve vysvětlení fyzikálního významu vrcholových vazeb. Bylo objeveno a vysvětleno nestandardní semiklasické chování rezonancí v takových grafech. Byly dokázány nerovnosti Hardyho typu v kvantových vlnovodech s lokální torzí a magnetickými poli. Široce byly prozkoumány vlastnosti nehermitovských kvantových systémů různých typů.

Jaderné analytické metody. Do provozu byl uveden nový urychlovač iontů HVE Tandetron 4130 a zavedeny nové metody – RBS/kanálování, ERDA-TOF, implantace a zejména iontová mikrosonda. Tyto metody byly využívány ve studiu nových materiálů, k modifikaci povrchu látek, v biomedicíně aj. V metodě NAA byla zavedena moderní k_0 -standardizace, byly vypracovány nové metody pro stanovení ultrastopových koncentrací Re a ^{129}I metodou RNAA a stanovení stop F metodou PAA. Metody NAA a PAA byly uplatněny zejména v geo- a kosmochemickém výzkumu, při kontrole životního prostředí a v chemometrii.

Neutronová difrakce. Experimentální báze byla rozšířena o 2 nové difraktometry: práškový a pro neutronovou optiku. Metodami maloúhlového rozptylu neutronů a difrakčního měření vnitřních napětí v materiálech byla získána řada unikátních výsledků při vývoji pokročilých materiálů, např. superslitin na bázi Co-Re, speciálních ocelí či funkčních materiálů. Bylo vyvinuto nekonvenční difrakční uspořádání umožňující efektivní měření vnitřních napětí v

ocelích až do hloubky 80 mm. Zásadní vylepšení simulačního programu RESTRAX je klíčové při přípravě projektu difraktometru pro nový Evropský spalační zdroj (ESS).

Jaderná fyzika pro budoucí energetické technologie. Neutronové zdroje na cyklotronu ÚJF se využívaly pro experimentální studie spojené s vývojem termojaderných technologií a urychlovačem řízených transmutačních systémů (ADS). Byly měřeny účinné průřezů neutronů na různých materiálech v širokém rozmezí energií až do 35 MeV. Tato měření byla doplněna v oblasti vyšších energií až po 100 MeV s využitím zdroje v TSL Uppsala. Na urychlovači v SÚJV Dubna byla dokončena systematická studie produkce neutronů v sestavě olověného terče a uranového blanketu.

Dozimetrie ionizujícího záření. Důležitým příspěvkem k metrologii ionizujícího záření je nová metoda stanovení příspěvku neutronů k dávkové zátěži na palubách kosmických lodí a použití stopových detektorů v pevné fázi pro spektrometrii nabitých částic. Byly stanoveny referenční úrovně ^{14}C v životním prostředí a kvantifikován vliv spalování fosilních paliv na koncentraci atmosférického CO_2 . Radiouhlíkové datování bylo využíváno pro potřeby archeologie, hydrogeologie a klimatologie. Byly získány informace o radiačním poškození specifických komplexů DNA s proteiny (estrogenový receptor, Fpg, restriční enzymy).

Radiofarmaka. Probíhal výzkum značených protilátek, zejména trastuzumabu a nimotuzumabu, pro účely diagnostiky a cílené terapie, výzkum značených derivátů puromycinu pro zobrazení proteosyntézy a systematické studium termoresponzivních polymerů pro terapii onkologických onemocnění. Byla studována příprava PET radiofarmak značených ^{18}F : FLT, FET, FMISO a FDOPA. Byly systematicky proměřeny excitační funkce jaderných reakcí protonů a deuteronů. Byly vyvinuty nové terčové systémy pro přípravu nekonvenčních PET zářičů a unikátní roztokový terč.

Cyklotron U-120 M. Byly modernizovány vybrané technologické podsystémy cyklotronu a vytvořen soubor programů pro simulaci dynamických procesů během urychlování. Proběhla zásadní modernizace vysokofrekvenčního systému mikrotronu MT 25.

2. Stručné zhodnocení výsledků výzkumného záměru

2.1. Česky:

Byly získány poznatky o fázích jaderné hmoty, astrofyzikálně důležitých jaderných reakcích, exotických jádrech a hyperjádrech, kvantových systémech, jaderných interakcích a datech, nových radiofarmaceutických látkách a ionizujícím záření v životním prostředí a kosmu a jeho biologických účincích. Jaderné metody byly využity ve studiu nových materiálů a v interdisciplinárních oblastech výzkumu.

2.2. Anglicky:

Piece of knowledge on phases of nuclear matter, astrophysically important nuclear reactions, exotic nuclei and hypernuclei, quantum systems, nuclear interactions and data, new radiopharmaceuticals and on ionizing radiation in environment and space and its biological effects has been obtained. Nuclear methods have been employed in study of new materials and in interdisciplinary research areas.

3. Uplatněné výstupy řešení výzkumného záměru

3.1. Souhrnné počty výsledků dle kategorií

Články v impakt. časopisech	Články v ostatních časopisech	Odborné knihy	Kapitoly v odborných knihách	Příspěvky ve sbornících	Patenty	Aplikované výsledky	Ostatní výsledky	CELKEM
956	130	9	16	210	0	6	260	1587

3.2. Nejvýznamnější uplatněné výsledky

B.I. Abelev, ..., **J. Bielčíková**, ..., **P. Chaloupka**, ..., **P. Chung**, ..., **J. Kapitán**, ..., **J. Rusňák**, ..., **M. Šumbera**, ..., **D. Tlustý et al.** (STAR collaboration): *Observation of the antimatter helium-4 nucleus*. Nature Roč. **473** (2011), č. 7347 (2011), s. 353-256. Erratum ibid. Roč. **475** (2011), č. 7356, s. 412.

B.I. Abelev, ..., **J. Bielčíková**,..., **P. Chaloupka**,..., **P. Chung**,..., **P. Jakl**, **J. Kapitán**, ..., **V. Kouchpil**, ..., **M. Šumbera**,..., **D. Tlustý et al.** (STAR collaboration): *Observation of an Antimatter Hypernucleus*. Science **328** (2010), 58.

G. Agakishiev, ..., **A. Krása**, **F. Křížek**, ..., **A. Kugler**, ..., **Yu.G.Sobolev**, **P. Tlustý**, ..., **V. Wagner et al.**: *Dielectron production in Ar+KCl collisions at 1.76 A GeV*. Physical Review **C84** (2011), 014902.

A.M. Mukhamedzhanov, **P. Bém**, **V. Burjan**, C.A. Gagliardi, V.Z. Goldberg, **Z. Hons**, M. La Cognata, **V. Kroha**, **J. Mrázek**, **J. Novák**, **Š. Piskoř**, R.G. Pizzone, A. Plunkett, S. Romano, **E. Šimečková**, C. Spitaleri, L. Trache, R.E. Tribble, **F. Veselý**, **J. Vincour**: *New astrophysical S factor for the $^{15}\text{N}(p,\gamma)^{16}\text{O}$ reaction via the asymptotic normalization coefficient (ANC) method*. Physical Review **C78** (2008), 015804.

D. Vénos, **M. Zbořil**, **J. Kašpar**, **O. Dragoun**, J. Bonn, **A. Kovalík**, **O. Lebeda**, N.A. Lebedev, **M. Ryšavý**, K. Schlosser, **A. Špalek**, Ch. Weinheimer: *The development of a super-stable standard for monitoring the energy scale of electron spectrometers in the energy range up to 20keV*. Measurement Techniques **53** (2010), 573.

N.V. Shevchenko, A. Gal, **J. Mareš**: *Faddeev calculation of a K^- pp quasi-bound state*. Physical Review Letters **98** (2007), 082301.

M. Iodice, ..., **P. Bydžovský**, ..., **M. Sotona**, ... (JLab Hall A Collaboration) : *High resolution spectroscopy of B_{12} Lambda by electroproduction*. Physical Review Letters **99** (2007), 052501.

P. Beneš, **T. Brauner**, **J. Hošek**: *Dynamical breakdown of Abelian gauge chiral symmetry by strong Yukawa interactions*. Physical Review **D75** (2007), 056003.

P. Exner, O. Post: *Convergence of spectra of graph-like thin manifolds*. Journal of Geometry and Physics **54** (2005), 77.

M. Znojil: *Time-dependent version of cryptohermitian quantum theory*. Physical Review **D78** (2008), 085003.

V. Švorčík, K. Kolárová, P. Slepíčka, **A. Macková**, M. Novotná, **V. Hnatowicz**: *Modification of surface properties of high density polyethylene by Ar plasma discharge*. Polymer Degradation and Stability **91** (2006), 1219.

Z. Řanda, J. Mizera, J. Frána, J. Kučera: *Geochemical characterization of moldavites from a new locality, the Cheb basin, Czech Republic*. Meteoritics and Planetary Science **43** (2008), 461.

B. Malard, **J. Pilch**, P. Šittner, **V. Davydov**, P. Sedlák, K. Konstantinidis, D.J. Hughes: *Internal stresses in steel plate generated by shape memory alloy inserts*. Acta Materialia **60** (2012), 1378.

B.S. Seong, V. Em, **P. Mikula, J. Šaroun**, M.H. Kang: *Optimization of the bent perfect Si(111) monochromator, at small ($\sim 30^\circ$) take-off angle for stress instrument*. Journal of Applied Crystallography **43** (2010), 654.

A. Krása, V. Wagner, M. Majerle, F. Křížek, A. Kugler et al.: *Neutron production in a Pb/U-setup irradiated with 0.7-2.5 GeV protons and deuterons*. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research, Section A, Accelerators, Spectrometers, Detectors and Associated Equipment **615** (2010), 70.

P. Bém, E. Šimečková, M. Honusek, U. Fischer, S.P. Simakov, R.A. Forrest, M. Avrigeanu, A.C. Obreja, F.L. Roman, V. Avrigeanu: *Low and medium energy deuteron-induced reactions on ^{27}Al* . Physical Review **C79** (2009), 044610.

I. Světlík, P.P. Povinec, M. Molnar, F. Meinhardt, V. Michalek, J. Simon, E. Svingor: *Estimation of long-term trends in the tropospheric $^{14}\text{CO}_2$ activity concentration*. Radiocarbon **52** (2010), 815.

V. Štísová, S. Goffinont, M. Spothem-Maurizot, **M. Davidková**: *Effects of gamma irradiation on the DNA-protein complex between the estrogen response element and the estrogen receptor*. Radiation Physics and Chemistry **79** (2010), 880.

O. Lebeda, M. Pruszyński: *New measurement of excitation functions for (p,x) reactions on ^{nat}Mo with special regard to the formation of ^{95m}Tc , $^{96m+g}\text{Tc}$, ^{99m}Tc and ^{99}Mo* . Applied Radiation and Isotopes **68** (2010), 2355.

D.R. Beckford Vera, S. Eigner, K. Eigner Henke, O. Lebeda, F. Melichar, M. Beran: *Preparation and preclinical evaluation of ^{177}Lu -Nimotuzumab targeting epidermal growth factor receptor overexpressing tumors*. Nuclear Medicine and Biology **39** (2012), 3–14.

4. Náklady na řešení výzkumného záměru

Rok	Institucionální podpora ze státního rozpočtu (tis. Kč)	Podpora z ostatních veřejných zdrojů (tis. Kč)	Podpora z neveřejných zdrojů (tis. Kč)
2005	123 553	0	0
2006	113 265	0	0
2007	112 885	0	0
2008	128 107	0	0
2009	134 002	0	0
2010	69 328	0	0
2011	37 448	0	0
CELKEM	718 588	0	0

V Řeži dne 29.3.2012.

Ing. Jan Dobeš, CSc., ředitel ÚJF AV ČR, v. v. i.
razítko a podpis statutárního zástupce