

## Záverečná karta projektu

Názov projektu

Evidenčné číslo projektu

**APVV-15-0225**

### Štruktúra jadrovej hmoty

Zodpovedný riešiteľ **Mgr. Martin Venhart, PhD.**Príjemca **Fyzikálny ústav SAV**

### Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Fyzikálny ústav SAV

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

University of Jyväskylä, Fínsko  
University of Liverpool, Spojené kráľovstvo  
iThemba, Labs, Kapské mesto, Južná Afrika  
Georgia Institute of Technology, Atlanta, Georgia

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

Úžitkový vzor (č. prihlášky 50033-2019)

Spôsob na hermetické spájanie ultratenkej kovovej fólie s vákuovou prírubou a výrobok

Medzinárodné patentové triedenie: B23K 26/32

TRL stupeň: 4

Prihlasovatelia:

Fyzikálny ústav SAV; Dúbravská cesta 9, 845 11 Bratislava 45; SK;

Medzinárodné laserové centrum; Ilkovičova 3, 841 04 Bratislava 4; SK

Pôvodcovia:

Prajapati Pareshkumar Manharbhai

Venhart Martin, Mgr., PhD.

Bruncko Jaroslav, Ing., PhD.

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

V. O. Nesterenko, A. Repko, J. Kvasil, P.-G. Reinhard

Individual Low-Energy Toroidal Dipole State in Mg-24

Phys. Rev. Lett. 120, 182501 (2018).

M. Venhart, M. Balogh, A. Herzáň, J. L. Wood, F. A. Ali, D. T. Joss, A. N. Andreyev, K.

Auranen, R. J. Carroll, M. C. Drummond, J. L. Easton, P. T. Greenlees, T. Grahm, A.

Gredley, J. Henderson, U. Jakobsson, R. Julin, S. Juutinen, J. Konki, E.A. Lawrie, M. Leino,

V. Matoušek, C. G. McPeake, D. O'Donnell, R. D. Page, J. Pakarinen, P. Papadakis, J.

Partanen, P. Peura, P. Rahkila, P. Ruotsalainen, M. Sandzelius, J. Sarén, B. Saygi, M.

Sedlák, C. Scholey, J. Sorri, S. Stolze, A. Thornthwaite, R. Urban, J. Uusitalo, M. Veselský,

F. P. Wearing

Population of a low-spin positive-parity band from high-spin intruder states in 177Au: The

two-state mixing effect

Phys. Lett. B 806, 135488 (2020).

M. Venhart, J. L. Wood, M. Sedlák, M. Balogh, M. Bírová, A. J. Boston, T. E. Cocolios, L. J. Harkness-Brennan, R.-D. Herzberg, L. Holub, D. T. Joss, D. S. Judson, J. Kliman, J. Klimo, L. Krupa, J. Lušňák, L. Makhathini, V. Matoušek, Š. Motyčák, R. D. Page, A. Patel, K. Petřík, A. V. Podshibyakin, P. M. Prajapati, A. M. Rodin, A. Špaček, R. Urban, C. Unsworth and M. Veselský

New systematic features in the neutron-deficient Au isotopes

J. Phys. G: Nucl. and Part. Phys. 44, 074003 (2017).

M. Venhart, F. A. Ali, W. Ryssens, J. L. Wood, D. T. Joss, A. N. Andreyev, K. Auranen, B. Bally, M. Balogh, M. Bender, R. J. Carroll, J. L. Easton, P. T. Greenlees, T. Grahn, P.-H. Heenen, A. Herzáň, U. Jakobsson, R. Julin, S. Juutinen, D. Kíř, J. Konki, E. Lawrie, M. Leino, V. Matoušek, C. G. McPeake, D. O'Donnell, R. D. Page, J. Pakarinen, J. Partanen, P. Peura, P. Rahkila, P. Ruotsalainen, M. Sandzelius, J. Sarén, B. Sayđi, M. Sedlák, C. Scholey, J. Sorri, S. Stolze, A. Thornthwaite, J. Uusitalo, and M. Veselský

De-excitation of the strongly coupled band in  $^{177}\text{Au}$  and implications for core intruder configurations in the light Hg isotopes

Phys. Rev. C 95, 061302(R) (2017).

A. Herzáň, S. Juutinen, K. Auranen, T. Grahn, P. T. Greenlees, K. Hauschild, U. Jakobsson, R. Julin, S. Ketelhut, M. Leino, A. Lopez-Martens, T. Lönnroth, P. Nieminen, M. Nyman, J. Partanen, P. Peura, P. Rahkila, P. Ruotsalainen, M. Sandzelius, J. Sarén, C. Scholey, J. M. K. Slotte, J. Sorri, S. Stolze, J. Uusitalo

Study of excited states and observation of collective level structures in the odd-odd nucleus  $\text{Bi-194}$

Eur. Phys. J. A 56, 165 (2020).

M. Venhart, J. L. Wood, A. J. Boston, T. E. Cocolios, L. J. Harkness-Brennan, R.-D. Herzberg, D. T. Joss, D. S. Judson, J. Kliman, V. Matoušek, Š. Motyčák, R. D. Page, A. Patel, K. Petřík, M. Sedlák, M. Veselský

Application of the Broad Energy Germanium detector: A technique for elucidating  $\beta$ -decay schemes which involve daughter nuclei with very low energy excited states

Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res., Sect. A 849, 112 (2017).

V. Matoušek, M. Sedlák, M. Venhart, D. Janičkovič, J. Kliman, K. Petřík, P. Švec, P. Švec, Sr., M. Veselský

TATRA: a versatile high-vacuum tape transportation system for decay studies at radioactive-ion beam facilities

Nucl. Instrum. and Methods in Phys. Res., Sect. A 812, 118 (2016).

J. Kvasil, V. O. Nesterenko, A. Repko, W. Kleinig, P.-G. Reinhard

Deformation-induced splitting of the isoscalar  $E0$  giant resonance: Skyrme random-phase-approximation analysis

Phys. Rev. C 94, 064302 (2016).

## Uplatnenie výsledkov projektu

Projekt základného výskumu, doposiaľ bez komerčného uplatnenia.

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

V rámci riešenia projektu bolo dobudované laboratórium vybavené tandemovým urýchľovačom protónov, deuterónov a alfa častíc. Na línii urýchľovača bol skonštruovaný plynom plnený terč na produkciu neutrónov. Terč je založený na tenkej fólii, ktorá bola privarená na prírubu pulzným laserom. Terč bol použitý na štúdium jadrovej štruktúry izotopu  $^{41}\text{K}$  a štúdium jadrovej reakcie  $^{86}\text{Kr}(p,n)^{86}\text{Rb}$ , ktorá je relevantná pre jadrovú astrofyziku.

Študovaná bola jadrová štruktúra izotopov  $^{177},^{179}\text{Au}$  pomocou dát, ktoré boli získané na plynom-plnenom separátore RITU na Univerzite v Jyväskylä. Bola preukázaná prítomnosť extrémne deformovanej konfigurácie v  $^{177}\text{Au}$  (a teda aj v  $^{178}\text{Hg}$ ), ktorá sa líši od analogických štruktúr pozorovaných v ťažších izotopoch zlata. Táto konfigurácia nie je reprodukovaná súčasnými modelmi atómového jadra. V jadre  $^{177}\text{Au}$  bol preukázaný rozpadový mód deformovaných štruktúr, ktorý nemá precedens v ťažších izotopoch. Tento

mód je vysvetlený silným zmiešavaním vlnových funkcií. V ťažších izotopoch je zmiešavanie oveľa slabšie. Bola vybudovaná komplexná systematika vzbudených stavov v izotopoch zlata, objavené nové izomérické stavy v  $^{179}\text{Au}$ . Na základe týchto výsledkov bol predložený nový návrh experimentu na Univerzitu v Jyväskylä, ktorý bol schválený v rozsahu 14 dní. Bola posilnená pozícia skupiny v oblasti teórie atómového jadra. Teoreticky bola študovaná štruktúra izotopu  $^{24}\text{Mg}$ , kde bol preukázaný vírový toroidný charakter vzbudených stavov. Boli usporiadané dve medzinárodné konferencie a posilnená pozícia skupiny v medzinárodnom kontexte. Skupina bola veľmi dobre hodnotená medzinárodným panelom RECFA.

Boli publikované viaceré významné publikácie, zahŕňajúc článok v Phys. Rev. Lett. (zaradený do Nature Index), Phys. Lett. B a Phys. Rev. C Rapid Communication (s členmi riešiteľského kolektívu ako prvý alebo významný autor). Okrem toho vznikli ďalšie prvoautorské publikácie.

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

As a part of the project, a laboratory equipped with a tandem accelerator of protons, deuterons and alpha particles was completed. A gas-filled target for neutron production was constructed on the accelerator beamline. The target is based on a thin foil that has been welded to the flange with a pulsed laser. The target was used to study the nuclear structure of the  $^{41}\text{K}$  isotope and to study the  $^{86}\text{Kr}(p, n)^{86}\text{Rb}$  reaction, which is relevant for nuclear astrophysics.

The nuclear structure of the  $^{177}, ^{179}\text{Au}$  isotopes was studied using data collected on the RITU gas-filled separator at the University of Jyväskylä. The presence of an extremely deformed configuration in  $^{177}\text{Au}$  (and thus in  $^{178}\text{Hg}$ ), which differs from the analogous structures known in heavier gold isotopes, was demonstrated. This configuration is not reproduced by current nuclear models. In the  $^{177}\text{Au}$  nucleus, the decay mode of deformed structures has been discovered, which has no precedent in heavier isotopes. This mode is explained by the strong mixing of wave functions. In heavier isotopes, the mixing appears to be much weaker. A complex systematics of excited states in Au isotopes was constructed, new isomeric states in  $^{179}\text{Au}$  were discovered. Based on these results, a new experimental proposal was submitted to the University of Jyväskylä, which was fully approved (14 days of beam time).

The group gained new experience in nuclear theory. Theoretically, the structure of the  $^{24}\text{Mg}$  isotope was studied, where the viral toroidal character of the excited states was demonstrated.

Two international conferences were held and the group's position in the international context was strengthened. The group was rated very well by the international RECFA panel.

Several important publications have been published, including an article in Phys. Rev. Lett. (included in the Nature Index), Phys. Lett. B and Phys. Rev. C Rapid Communication (with members of the research team as the first or important author). In addition to that, other first-author publications were created.