

О. С. Барабаш<sup>1</sup>, П. Белли<sup>2,3</sup>, Р. Бернабей<sup>2,3</sup>, Р. С. Бойко<sup>4,5</sup>, Ф. Каппелла<sup>6</sup>, В. Караччиоло<sup>7</sup>, Р. Черуллі<sup>2,3</sup>,  
Ф. А. Даневич<sup>4</sup>, А. Ді Марко<sup>2,3</sup>, А. Інчікитті<sup>6,8</sup>, Д. В. Касперович<sup>4,\*</sup>, Р. В. Кобичев<sup>4</sup>, В. В. Кобичев<sup>4</sup>,  
С. І. Коновалов<sup>1</sup>, М. Лаубенштейн<sup>7</sup>, Д. В. Пода<sup>4,9</sup>, О. Г. Поліщук<sup>4</sup>, В. І. Третьяк<sup>4</sup>, В. І. Юматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НДЦ «Курчатовський інститут», Інститут теоретичної і експериментальної фізики, Москва, Росія

<sup>2</sup> НИЯФ, відділення у Римі «Тор Вергата», Рим, Італія

<sup>3</sup> Римський університет «Тор Вергата», Рим, Італія

<sup>4</sup> Інститут ядерних досліджень НАН України, Київ, Україна

<sup>5</sup> Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ, Україна

<sup>6</sup> НИЯФ, відділення у Римі, Рим, Італія

<sup>7</sup> Національна лабораторія Гран-Сассо, Ассерджі, Італія

<sup>8</sup> Римський університет «Ла Сапієнца», Рим, Італія

<sup>9</sup> Центр ядерної фізики та матеріалознавства, Орсе, Франція

\*Відповідальний автор: dkasper@kinr.kiev.ua

## ПОДВІЙНИЙ БЕТА-РОЗПАД $^{150}\text{Nd}$ НА ПЕРШИЙ $0^+$ ЗБУДЖЕНИЙ РІВЕНЬ $^{150}\text{Sm}$ : ПОПЕРЕДНІ РЕЗУЛЬТАТИ

Подвійний бета-розпад  $^{150}\text{Nd}$  на збуджений  $0_1^+$  рівень дочірнього ядра  $^{150}\text{Sm}$  (740,5 кеВ) було досліджено в низькофоновій установці з 4-ма HP Ge детекторами (об'єм кожного  $\approx 225 \text{ см}^3$ ) у підземній Національній лабораторії Гран Сассо (Національний інститут ядерної фізики, Італія). Для вимірювань був використаний зразок глибоко очищеного оксиду неодиму  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  масою 2,381 кг. В експериментальних спектрах збігів між двома детекторами, отриманих за 16375 год вимірювань, спостерігаються  $\gamma$ -кванти з енергіями 334,0 та 406,5 кеВ, що випромінюються при переході ядра  $^{150}\text{Sm}$  із збудженого рівня  $0_1^+$ , 740,5 кеВ на основний стан. Період напіврозпаду ядра  $^{150}\text{Nd}$  відносно розпаду на  $0_1^+$  збуджений рівень становить  $T_{1/2} = [4,7_{-1,9}^{+4,1}(\text{стат}) \pm 0,5(\text{сист})] \cdot 10^{19}$  років, що узгоджується з даними попередніх експериментів.

*Ключові слова:* подвійний бета-розпад,  $^{150}\text{Nd}$ , низькофоновий експеримент.

А. С. Барабаш<sup>1</sup>, П. Белли<sup>2,3</sup>, Р. Бернабей<sup>2,3</sup>, Р. С. Бойко<sup>4,5</sup>, Ф. Каппелла<sup>6</sup>, В. Караччиоло<sup>7</sup>, Р. Черуллі<sup>2,3</sup>,  
Ф. А. Даневич<sup>4</sup>, А. Ді Марко<sup>2,3</sup>, А. Інчікитті<sup>6,8</sup>, Д. В. Касперович<sup>4,\*</sup>, Р. В. Кобычев<sup>4</sup>, В. В. Кобычев<sup>4</sup>,  
С. І. Коновалов<sup>1</sup>, М. Лаубенштейн<sup>7</sup>, Д. В. Пода<sup>4,9</sup>, О. Г. Полищук<sup>4</sup>, В. І. Третьяк<sup>4</sup>, В. І. Юматов<sup>1</sup>

<sup>1</sup> НИЦ «Курчатовський інститут», Інститут теоретической и экспериментальной физики, Москва, Россия

<sup>2</sup> НИЯФ, отделение в Риме «Тор Вергата», Рим, Италия

<sup>3</sup> Римский университет «Тор Вергата», Рим, Италия

<sup>4</sup> Институт ядерных исследований НАН Украины, Киев, Украина

<sup>5</sup> Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины, Киев, Украина

<sup>6</sup> НИЯФ, отделение в Риме, Рим, Италия

<sup>7</sup> Национальная лаборатория Гран-Сассо, Ассерджи, Италия

<sup>8</sup> Римский университет «Ла Сапиенца», Рим, Италия

<sup>9</sup> Центр ядерной физики и материаловедения, Орсе, Франция

\*Ответственный автор: dkasper@kinr.kiev.ua

## ДВОЙНОЙ БЕТА-РАСПАД $^{150}\text{Nd}$ НА ПЕРВЫЙ $0^+$ ВОЗБУЖДЕННЫЙ УРОВЕНЬ $^{150}\text{Sm}$ : ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Двойной бета-распад  $^{150}\text{Nd}$  на возбужденный  $0_1^+$  уровень дочернего ядра  $^{150}\text{Sm}$  (740,5 кэВ) был исследован в низькофоновой установке с 4-мя HP Ge детекторами (объем каждого  $\approx 225 \text{ см}^3$ ) в подземной Национальной лаборатории Гран Сассо (Национальный институт ядерной физики, Италия). Для измерений был использован образец глибоко очищенного оксида неодима  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  массой 2,381 кг. В экспериментальных спектрах совпадений между двумя детекторами, полученных за 16375 ч измерений, наблюдаются  $\gamma$ -кванты с энергиями 334,0 и 406,5 кэВ, которые излучаются при переходе ядра  $^{150}\text{Sm}$  из возбужденного состояния  $0_1^+$ , 740,5 кэВ на основное состояние. Период полураспада ядра  $^{150}\text{Nd}$  относительно распада на  $0_1^+$  возбужденный уровень составляет  $T_{1/2} = [4,7_{-1,9}^{+4,1}(\text{стат}) \pm 0,5(\text{сист})] \cdot 10^{19}$  лет, что согласуется с данными других экспериментов.

*Ключевые слова:* двойной бета-распад,  $^{150}\text{Nd}$ , низькофоновий експеримент.

А. С. Barabash<sup>1</sup>, Р. Belli<sup>2,3</sup>, R. Bernabei<sup>2,3</sup>, R. S. Boiko<sup>4,5</sup>, F. Cappella<sup>6</sup>, V. Caracciolo<sup>7</sup>,  
R. Cerulli<sup>2,3</sup>, F. A. Danevich<sup>4</sup>, A. Di Marco<sup>2,3</sup>, A. Incicchitti<sup>6,8</sup>, D. V. Kasperovych<sup>4,\*</sup>,  
R. V. Kobychев<sup>4</sup>, V. V. Kobychев<sup>4</sup>, S. I. Konovalov<sup>1</sup>, M. Laubenstein<sup>7</sup>, D. V. Poda<sup>4,9</sup>

O. G. Polischuk<sup>4</sup>, V. I. Tretyak<sup>4</sup>, V. I. Umatov<sup>1</sup>

<sup>1</sup> National Research Centre “Kurchatov Institute”, Institute of Theoretical and Experimental Physics, Moscow, Russia

<sup>2</sup> INFN, sezione di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy

<sup>3</sup> Dipartimento di Fisica, Università di Roma “Tor Vergata”, Rome, Italy

<sup>4</sup> Institute for Nuclear Research, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>5</sup> National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

<sup>6</sup> INFN, sezione di Roma, Rome, Italy

<sup>7</sup> INFN, Laboratori Nazionali del Gran Sasso, Assergi (AQ), Italy

<sup>8</sup> Dipartimento di Fisica, Università di Roma “La Sapienza”, Rome, Italy

<sup>9</sup> CSNSM, Université Paris-Sud, CNRS/IN2P3, Université Paris-Saclay, Orsay, France

\*Corresponding author: dkasper@kinr.kiev.ua

## DOUBLE BETA DECAY OF <sup>150</sup>Nd TO THE FIRST EXCITED 0<sup>+</sup> LEVEL OF <sup>150</sup>Sm: PRELIMINARY RESULTS

The double beta decay of <sup>150</sup>Nd to the first excited 0<sup>+</sup> level of <sup>150</sup>Sm ( $E_{exc} = 740.5$  keV) has been investigated with the help of the ultra-low-background setup consisting of four HP Ge (high-purity germanium) detectors ( $\approx 225$  cm<sup>3</sup> volume each one) at the Gran Sasso underground laboratory of INFN (Italy). A highly purified 2.381-kg sample of neodymium oxide (Nd<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) was used as a source of  $\gamma$  quanta expected in the decays. Gamma quanta with energies 334.0 keV and 406.5 keV emitted after deexcitation of the 0<sub>1</sub><sup>+</sup> 740.5 keV level of <sup>150</sup>Sm are observed in the coincidence spectra accumulated over 16375 h. The half-life relatively to the two neutrino double beta decay <sup>150</sup>Nd  $\rightarrow$  <sup>150</sup>Sm(0<sub>1</sub><sup>+</sup>) is measured as  $T_{1/2} = [4.7_{-1.9}^{+4.1}(\text{stat}) \pm 0.5(\text{syst})] \cdot 10^{19}$  y, in agreement with results of previous experiments.

*Keywords:* double beta decay, <sup>150</sup>Nd, low counting experiment.

### REFERENCES

1. V.I. Tretyak, Yu.G. Zdesenko, Tables of double beta decay data – an update. *At. Data Nucl. Data Tables* 80 (2002) 83.
2. R. Saakyan, Two-Neutrino Double-Beta Decay. *Annu. Rev. Nucl. Part. Sci.* 63 (2013) 503.
3. A.S. Barabash. Average and recommended half-life values for two-neutrino double beta decay. *Nucl. Phys. A* 935 (2015) 52.
4. J. Barea, J. Kotila, F. Iachello. Limits on Neutrino Masses from Neutrinoless Double- $\beta$  Decay. *Phys. Rev. Lett.* 109 (2012) 042501.
5. W. Rodejohann, Neutrinoless double-beta decay and neutrino physics. *J. Phys. G* 39 (2012) 124008.
6. F.F. Deppisch, M. Hirsch, H. Päs. Neutrinoless double-beta decay and physics beyond the standard model. *J. Phys. G* 39 (2012) 124007.
7. S.M. Bilenky, C. Giunti. Neutrinoless double-beta decay: A probe of physics beyond the Standard Model. *Int. J. Mod. Phys. A* 30 (2015) 1530001.
8. S. Dell’Oro et al. Neutrinoless Double Beta Decay: 2015 Review. *AHEP* 2016 (2016) 2162659.
9. J.D. Vergados, H. Ejiri, F. Šimkovic. Neutrinoless double beta decay and neutrino mass. *Int. J. Mod. Phys. E* 25 (2016) 1630007.
10. J. Schechter, J.W.F. Valle. Neutrinoless double- $\beta$  decay in SU(2) $\times$ U(1) theories. *Phys. Rev. D* 25 (1982) 2951.
11. F. Vissani. Solar neutrino physics on the beginning of 2017. *Nucl. Phys. At. Energy* 18 (2017) 5.
12. V.S. Kolhinen et al. Double- $\beta$  decay  $Q$  value of <sup>150</sup>Nd. *Phys. Rev. C* 82 (2010) 022501.
13. J. Meija et al. Isotopic compositions of the elements 2013 (IUPAC Technical Report), *Pure Appl. Chem.* 88 (2016) 293.
14. V. Artemiev et al. Half-life measurement of <sup>150</sup>Nd  $2\beta 2\nu$  decay in the time projection chamber experiment. *Phys. Lett. B* 345 (1995) 564.
15. A. De Silva et al. Double  $\beta$  decays of <sup>100</sup>Mo and <sup>150</sup>Nd. *Phys. Rev. C* 56 (1997) 2451.
16. R. Arnold et al. Measurement of the  $2\nu\beta\beta$  decay half-life of <sup>150</sup>Nd and a search for  $0\nu\beta\beta$  decay processes with the full exposure from the NEMO-3 detector. *Phys. Rev. D* 94 (2016) 072003.
17. S.K. Basu, A.A. Sonzogni. Nuclear data sheets for A = 150. *Nucl. Data Sheets* 114 (2013) 435.
18. A.S. Barabash et al. Double-beta decay of <sup>150</sup>Nd to the first 0<sup>+</sup> excited state of <sup>150</sup>Sm. *JETP Lett.* 79 (2004) 10.
19. A.S. Barabash et al. Investigation of  $\beta\beta$  decay in <sup>150</sup>Nd and <sup>148</sup>Nd to the excited states of daughter nuclei. *Phys. Rev. C* 79 (2009) 045501.
20. S. Blondel. Optimisation du blindage contre les neutrons pour le démonstrateur de SuperNEMO et analyse de la double désintégration bêta du néodyme-150 vers les états excités du samarium-150 avec le détecteur NEMO-3. PhD thesis, LAL, Orsay, France, LAL 13-154 (2013).
21. M.F. Kidd et al. Two-neutrino double- $\beta$  decay of <sup>150</sup>Nd to excited final states in <sup>150</sup>Sm. *Phys. Rev. C* 90 (2014)

055501.

22. O.G. Polischuk et al. Purification of lanthanides for double beta decay experiments. *AIP Conf. Proc.* 1549 (2013) 124.
23. R.S. Boiko. Chemical purification of lanthanides for low-background experiments. *Int. J. Mod. Phys. A* 32 (2017) 1743005.
24. N.A. Danilov et al. Exhaustive removal of thorium and uranium traces from neodymium by liquid extraction. *Radiochem.* 53 (2011) 269.
25. M. Laubenstein et al. Underground measurements of radioactivity. *Appl. Radiat. Isotopes* 61 (2004) 167.
26. V.I. Tretyak. TS2 – interactive system for one-dimensional spectra processing. Preprint KINR-90-35 (Kyiv, 1990).
27. R.B. Firestone et al. *Table of Isotopes*. 8<sup>th</sup> ed. (New York, 1996) and CD update (1998).
28. P. Belli et al. New observation of  $2\beta 2\nu$  decay of  $^{100}\text{Mo}$  to the  $0_1^+$  level of  $^{100}\text{Ru}$  in the ARMONIA experiment. *Nucl. Phys. A* 846 (2010) 143.
29. I. Kawrakow, D.W.O. Rogers, *The EGSnrc code system: Monte Carlo simulation of electron and photon transport*, NRCC Report PIRS-701, Ottawa, 2003.
30. G. Feldman, R. Cousins. Unified approach to the classical statistical analysis of small signals. *Phys. Rev. D* 57 (1998) 3873.

Надійшла 05.06.2018

Received 05.06.2018