

SHIPTRAP в 2011 г.

ГСИ (Дармштадт)

Ю. Новиков

(ПИЯФ)

Сессия Ученого Совета ОФВЭ ПИЯФ

26 декабря 2011 г.

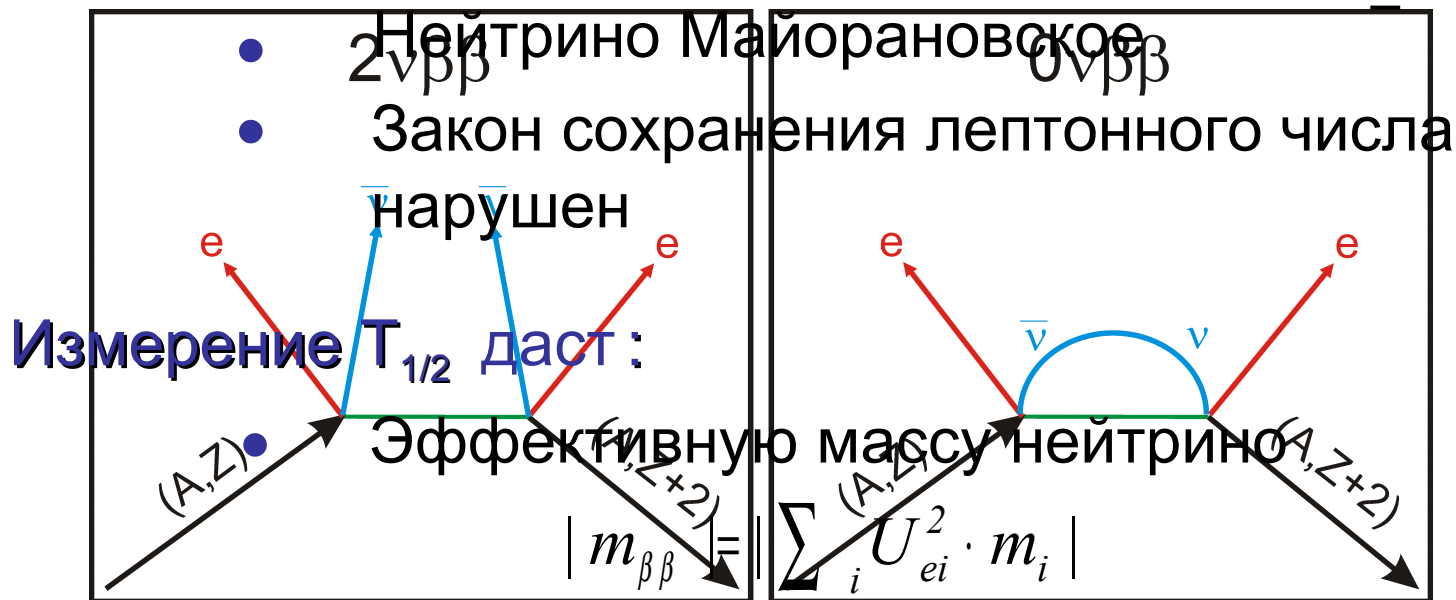
Безнейтринные бета- превращения

Безнейтринные бета-превращения

Двойной β^- распад ($\beta\beta$)

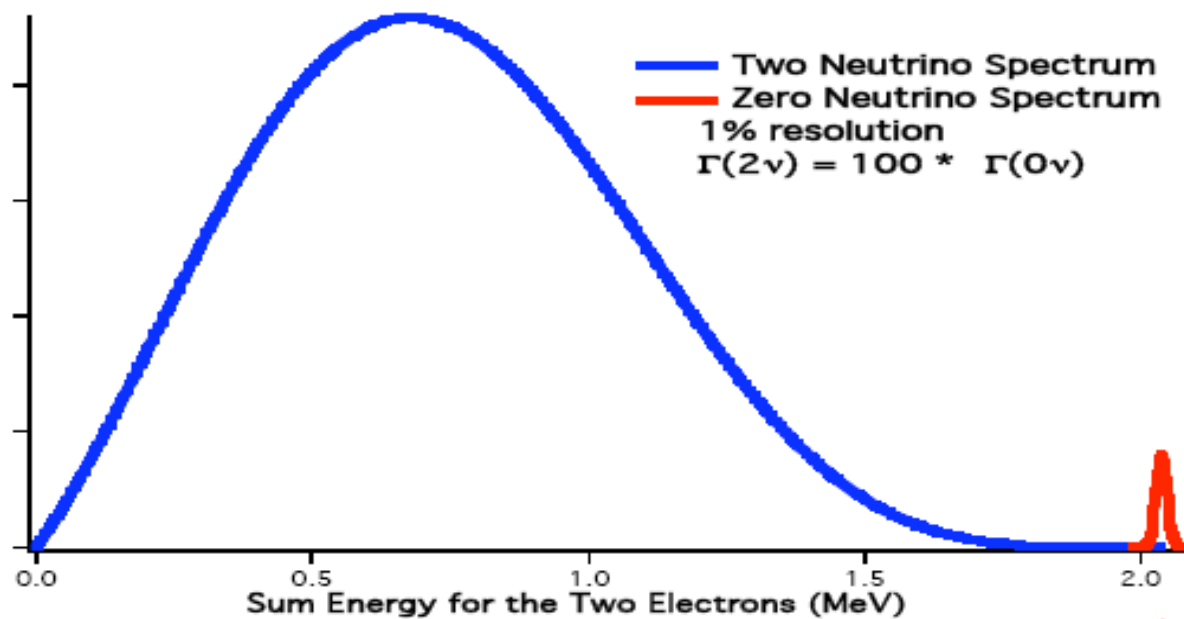
Двойной e -захват ($2EC$)

Наблюдение безнейтринного процесса покажет, что:



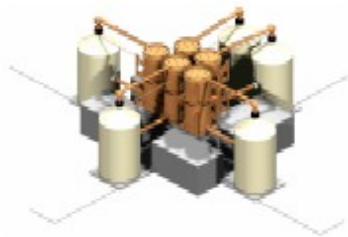
- Иерархию масс нейтрино

Energy Spectrum for the 2 e⁻



**Endpoint
Energy**

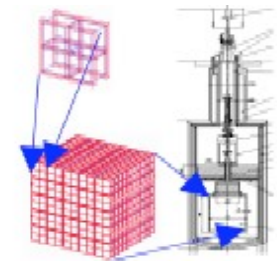
Проекты поиска безнейтринного двойного бета-распада с чувствительностью $\approx 10^{26}$ лет



Majorana

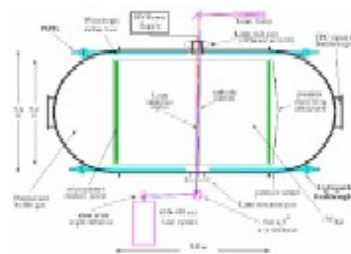
EXO

CUORE	TeO₂ Crystal bolometers
EXO	Liquid Xe TPC, daughter tag
GERDA	Bare Ge detectors in $\overline{\text{LN}}$ LAr
Majorana	Ge det. in traditional cryostat
MOON	Scint. sandwiching Mo foils
SuperNEMO	Foils, tracking and scint.

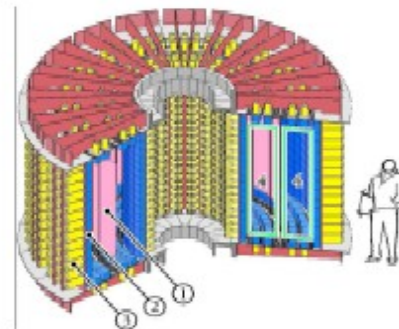


CUORE

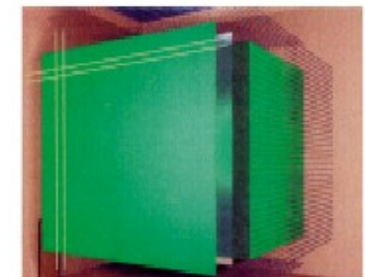
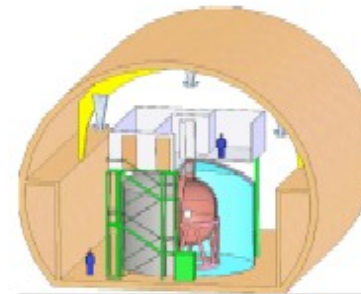
MOON



NEMO



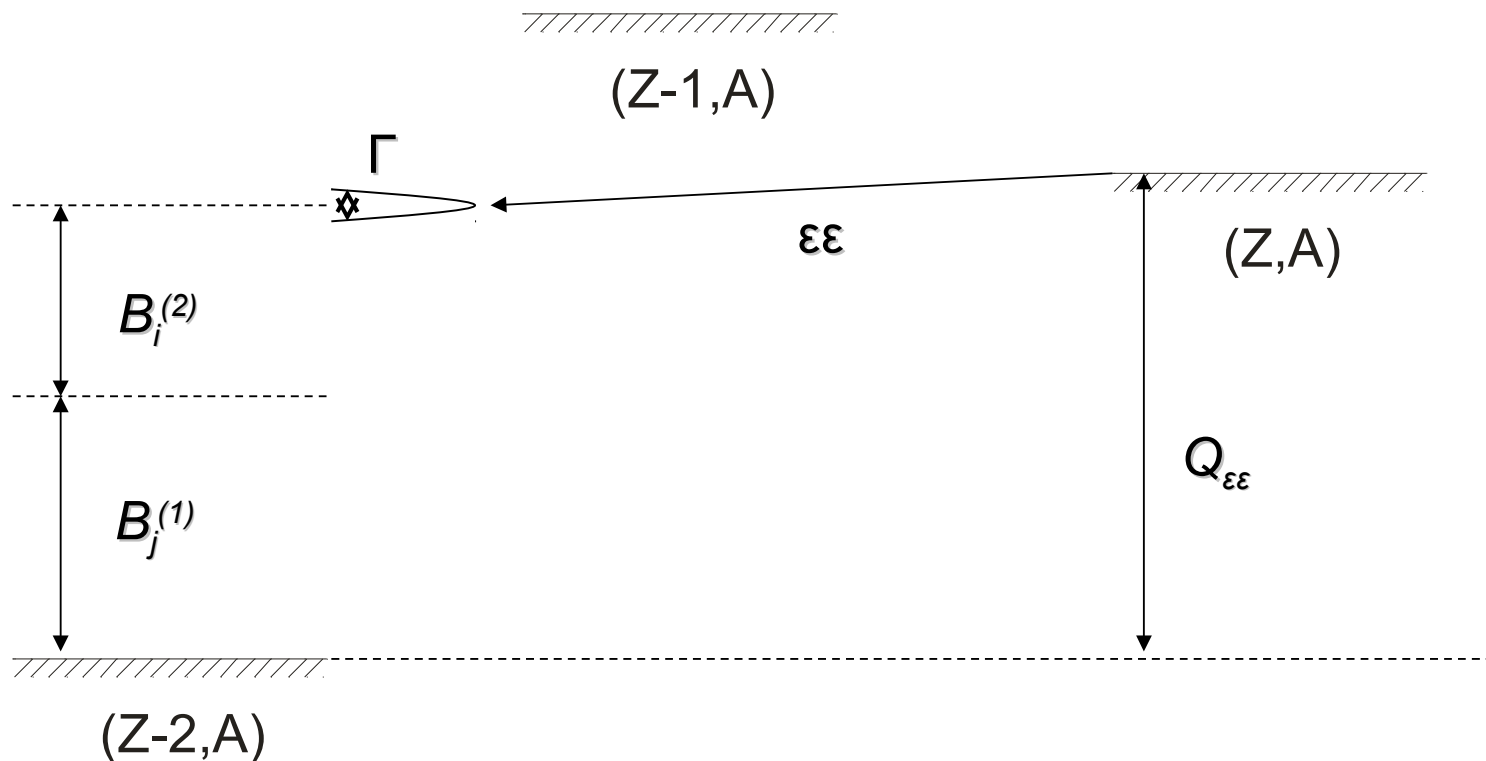
GERDA



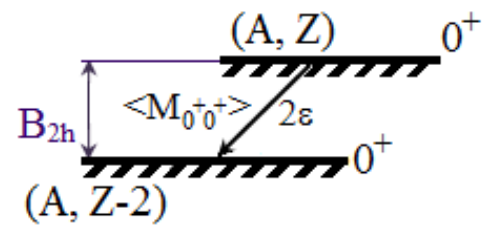
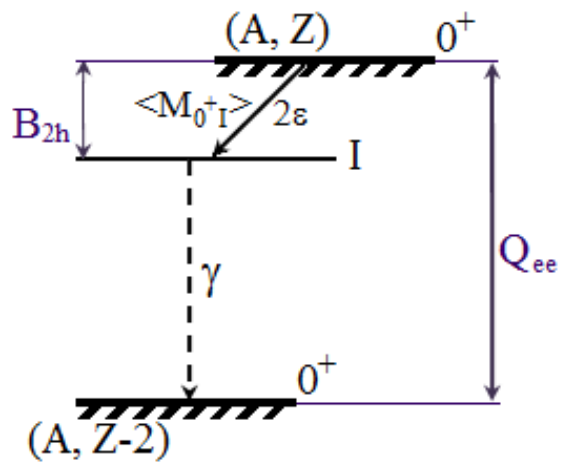
Courtesy of P. Vogel

**Безнейтринный двойной
захват электронов ядром**

Резонансный безнейтринный $\varepsilon\varepsilon$ -захват



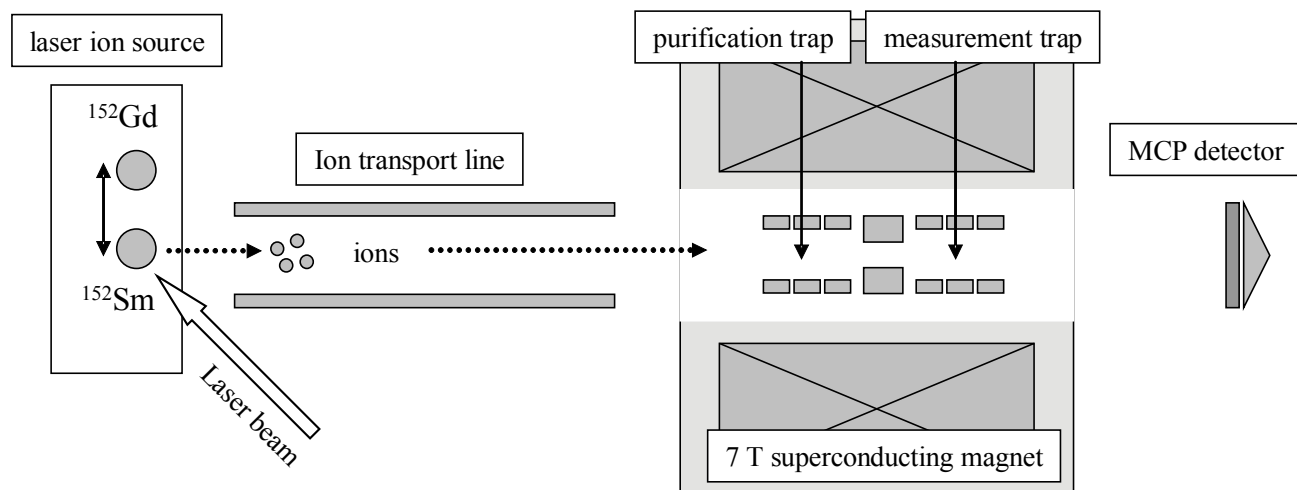
$$\lambda_{00\varepsilon\varepsilon}^{res} = c \cdot |M|^2 \cdot |\psi_{1e}(0) \cdot \psi_{2e}(0)|^2 m_\nu^2 \frac{\Gamma}{\left(Q_{\varepsilon\varepsilon} - B_i^{(1)} - B_j^{(2)}\right)^2 + \frac{1}{4}\Gamma^2}$$

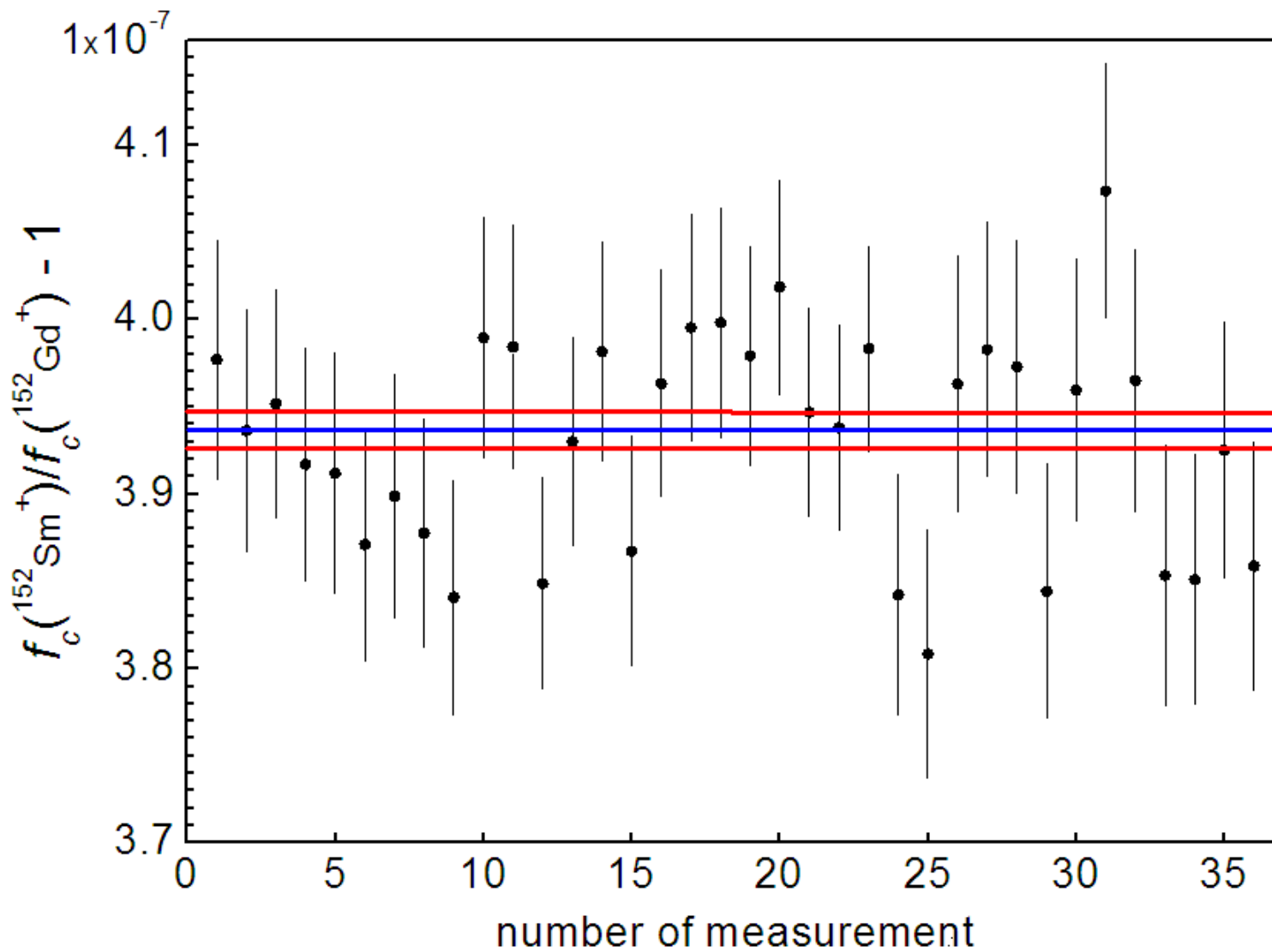


Преимущества:

- $\frac{\langle M_{0^+ I} \rangle}{\langle M_{0^+ 0^+} \rangle} \ll 1$
- Использование калориметров

Схема экспериментальной установки на базе ионной ловушки SHIPTRAP (эксперимент С. Елисеева и др.)





0⁺ → 0⁺ переходы между основными состояниями ядер

2EC-переход	Q (эксп.), keV	Δ (эксп), keV	$T_{1/2} \cdot m_{2EC} ^2$, лет	
¹⁵² Gd → ¹⁵² Sm	55.7(0.2)	0.91(0.18)	неск. единиц · 10 ²⁶	0 ⁺ → 0 ⁺
			PRL 106, 052504 (2011)	
¹⁶⁴ Er → ¹⁶⁴ Dy	25.07(0.12)	6.81(0.12)	10 ³⁰	0 ⁺ → 0 ⁺
			PRL 107, 152501 (2011)	
¹⁸⁰ W → ¹⁸⁰ Hf	143.1(0.2)	12.4(0.2)	неск. Единиц 10 ²⁷	0 ⁺ → 0 ⁺

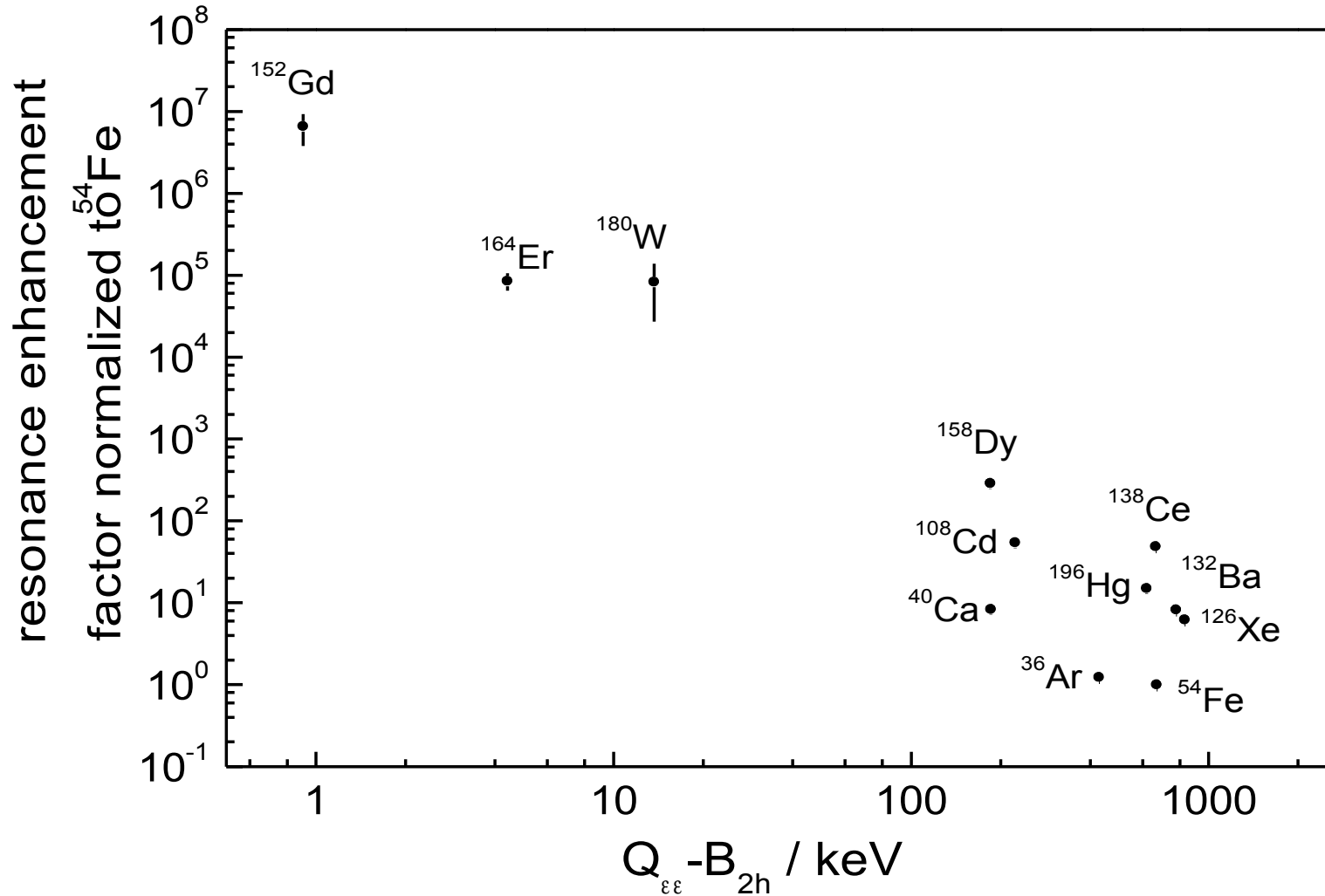
Nucl. Phys., A (2012)

Полученные значения энергии захвата в ^{152}Gd ($Q_{2\text{EC}}$), энергии двойной дырки (B_{2h}) и ширины двойной дырки (Γ_{2h}) в дочернем ядре ^{152}Sm

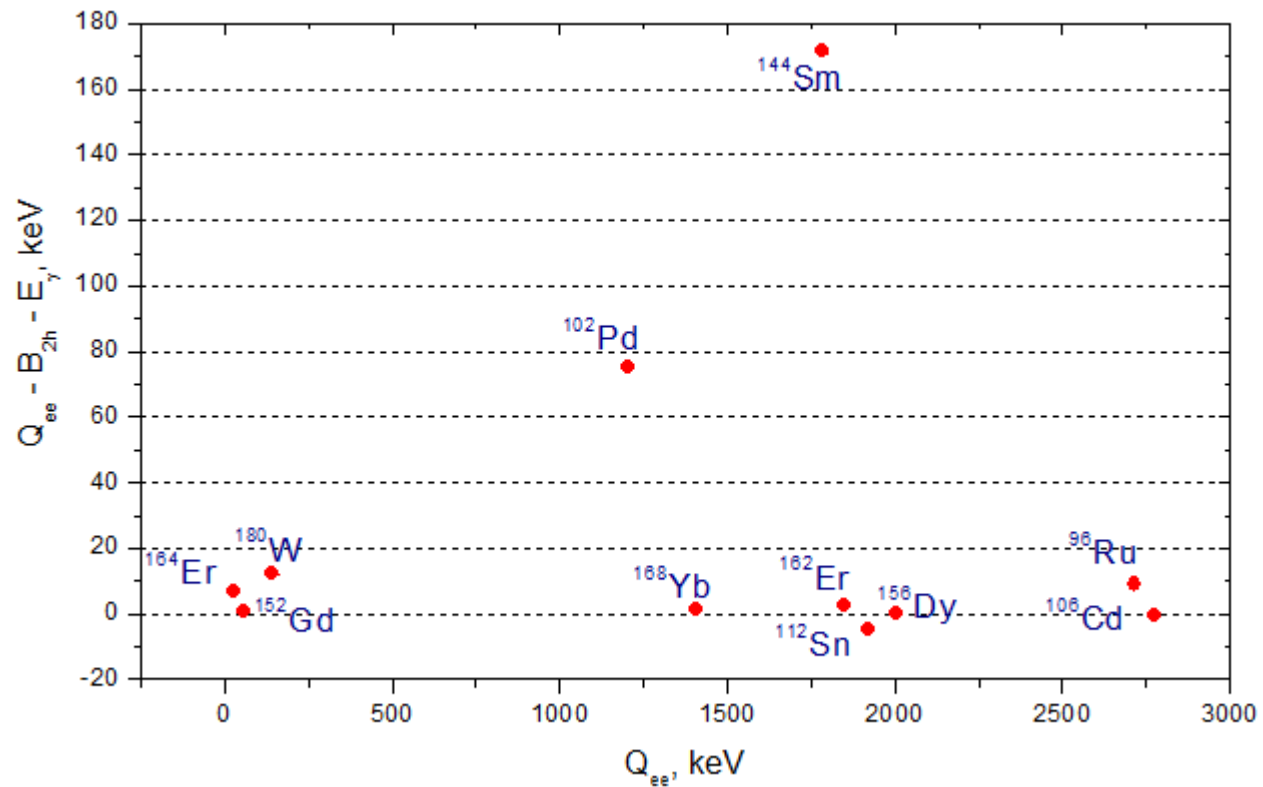
$Q_{2\text{EC}}, \text{ keV}$	55.70(18)
$B_{2h}, \text{ keV}$	54.794(9)
$\Delta = Q - B, \text{ keV}$	0.91(18)
$\Gamma_{2\text{EC}}, \text{ eV}$	24.8(2.5)
T (half-life), years	$10^{26}/m_v^2$

$$\lambda_{00\varepsilon\varepsilon}^{res} = c \cdot |M|^2 \cdot |\psi_{1e}(0) \cdot \psi_{2e}(0)|^2 m_v^2 \frac{\Gamma}{(Q_{\varepsilon\varepsilon} - B_{2h})^2 + \frac{1}{4}\Gamma^2}$$

Факторы резонансного усиления $\epsilon\epsilon$ -захвата

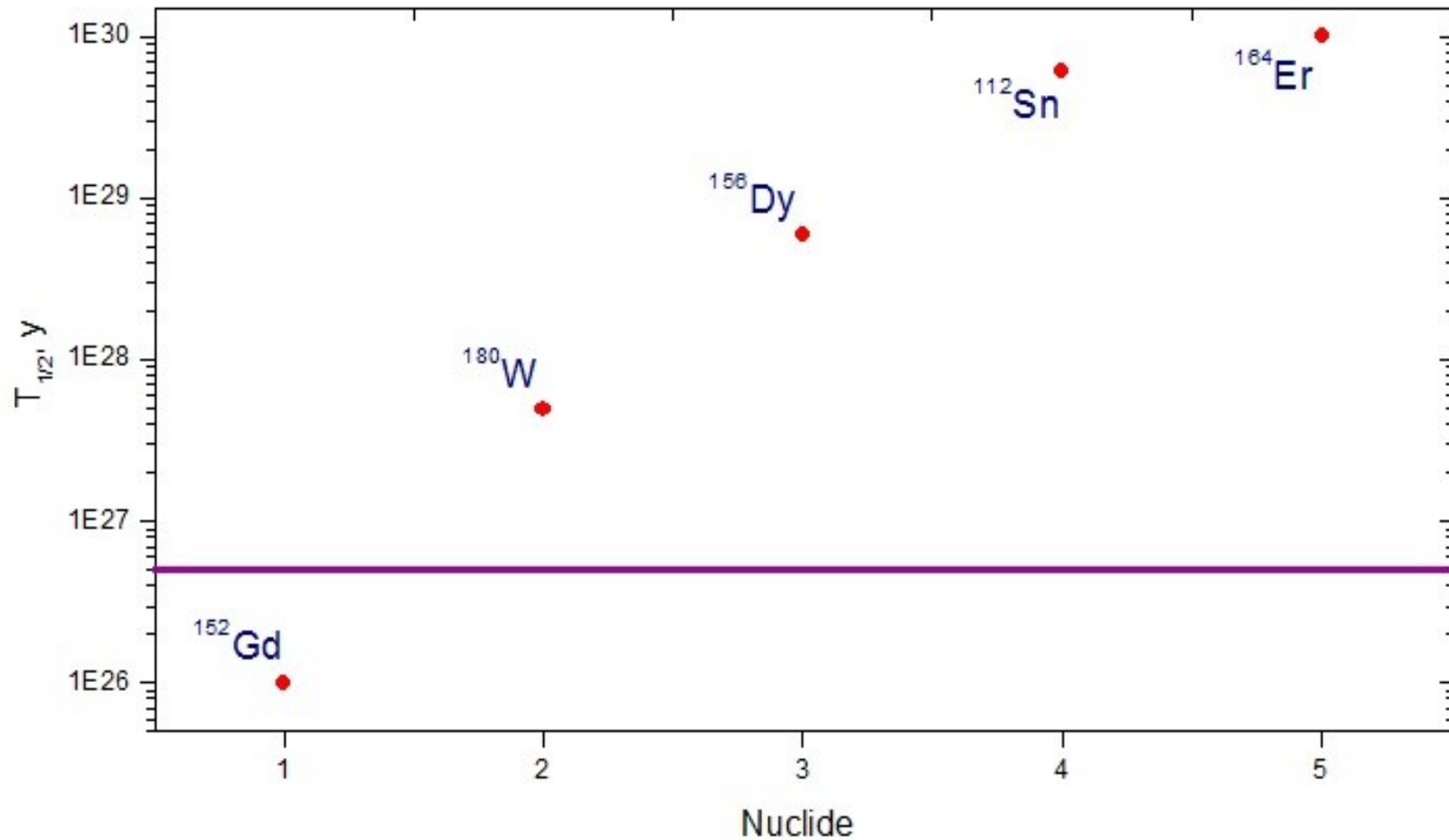


Значения энергетической щели Δ для измеренных нуклидов на SHIPTRAP



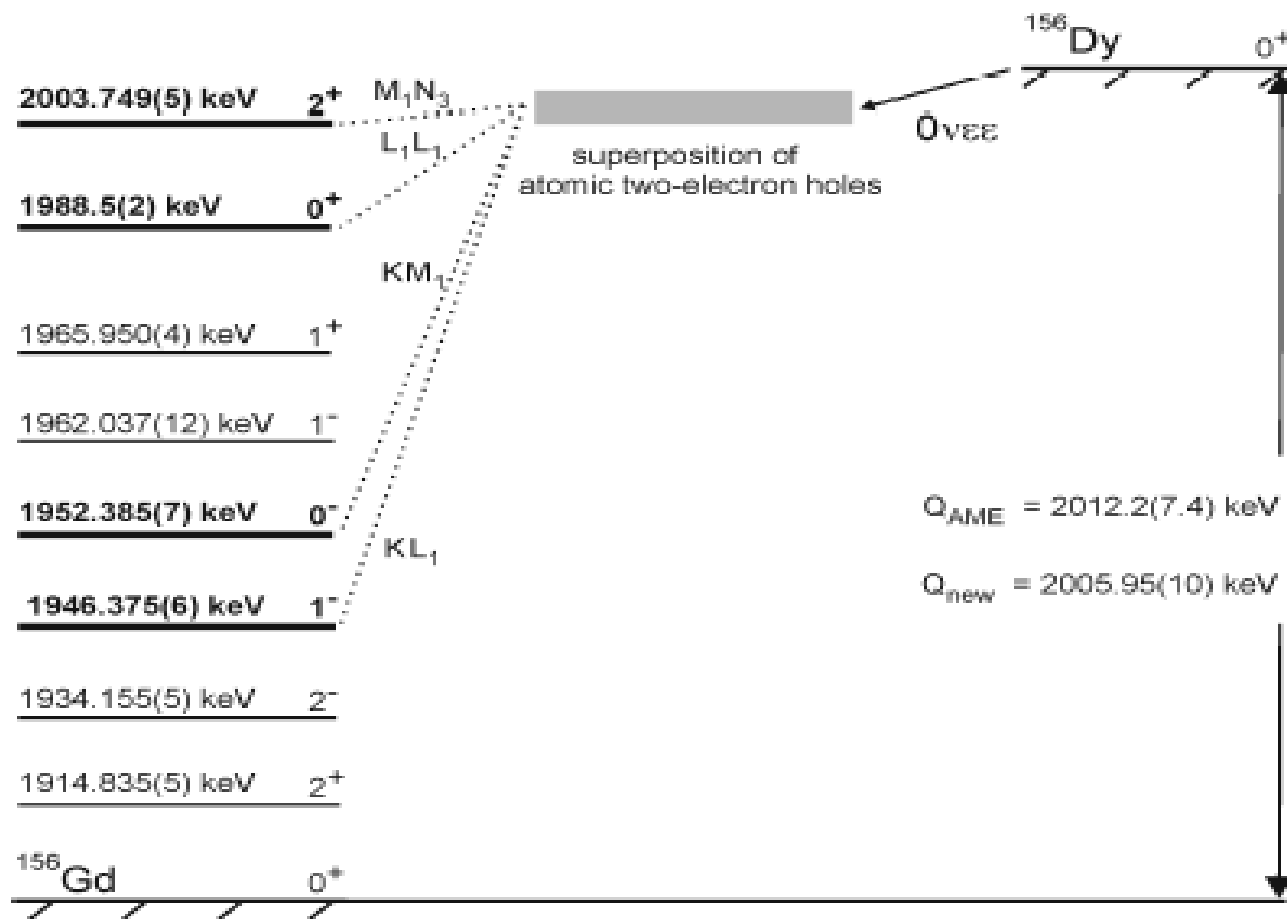
Периоды полураспада безнейтринного двойного захвата ($m_\nu=1\text{eV}$)

Горизонтальная линия- предел чувствительности действующих установок



Обнаружение явления множественного резонанса

Явление множественного безнейтринного резонанса



Публикации в 2011 г.

1. [“ Resonant Enhancement of Neutrinoless Double-Electron Capture in \$^{152}\text{Gd}\$.](#)
по теме резонансного безнейтринного двойного захвата

Phys. Rev. Letters **106** (2011) **052504**.

2. [“Q values for neutrinoless double-electron capture in \$^{96}\text{Ru}\$, \$^{162}\text{Er}\$, and \$^{168}\text{Yb}\$. ”](#)

Phys. Rev. C **83** (2011) **038501**.

3. [“Multiple-resonance phenomenon in neutrinoless double-electron capture.”](#)

Phys. Rev. C **84** (2011) **012501**.

4. [“Octupolar –Excitation Penning-Trap Mass Spectrometry for Q-value Measurement of Double-Electron Capture in \$^{164}\text{Er}\$ ”.](#)

Phys. Rev. Lett. **107** (2011) **152501**.

5.

“

[Probing the nuclides \$^{102}\text{Pd}\$, \$^{106}\text{Cd}\$, and \$^{144}\text{Sm}\$ for resonant neutrinoless double- electron `capture.](#)

”

Phys. Rev.C **84** (2011) **028501**.

Участники работы

**S.A. Eliseev,^{1,6} K. Blaum,^{1,2} M. Block,³ M.V. Goncharov,^{1,8}
C.Droese,⁴ F. Herfurth,³ H.-J. Kluge,^{2,3} M.I. Krivoruchenko,⁵
D.A. Nesterenko,^{6,8} Yu.N. Novikov,⁶ E. Minaya Ramirez,^{3,7}
C. Roux,¹ V.M. Shabaev,⁸ F. Šimkovic,^{9,10} L. Schweikhard,⁴
I.I. Tupitsyn,⁸ K. Zuber,¹¹ and N.A. Zubova⁸**

1 *Max-Planck-Institut für Kernphysik, Saupfercheckweg 1, 69117 Heidelberg, Germany*

2 *Physikalisches Institut, Ruprecht-Karls-Universität, 69120 Heidelberg, Germany*

3 *GSI Helmholtzzentrum für Schwerionenforschung GmbH, Planckstraße 1, 64291 Darmstadt, Germany*

4 *Institut für Physik, Ernst-Moritz-Arndt-Universität, 17487 Greifswald, Germany*

5 *Institute for Theoretical and Experimental Physics, Moscow, Russia*

6 *PNPI, Gatchina, 188300 St. Petersburg, Russia*

7 *Helmholtz-Institut Mainz, Johannes Gutenberg-Universität, 55099 Mainz, Germany*

8 *Department of Physics, St. Petersburg State University, 198504 St. Petersburg, Russia*

9 *Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Russia*

10 *Department of Nuclear Physics and Biophysics, Comenius University, Bratislava, Slovakia*

11 *Institut für Kern- und Teilchenphysik, Technische Universität, 01069 Dresden, Germany*

Thanks to K.. Blaum (MPIK) and M. Block (GSI) for collaboration, support and hospitality