

Эксперименты на ионных ловушках



Ю.Н. Новиков

Лаборатория Физики Экзотических Ядер ОФВЭ

*Сессия Учёного Совета ОФВЭ ПИЯФ НИЦ КИ
25 декабря 2017 г.*



«География» проектов

Лаборатории Физики Экзотических Ядер ОФВЭ

- SHIPTRAP- на линейном ускорителе UNILAC (ГСИ, Дармштадт)
- TRIGATRAP – на реакторе TRIGA (Майнц)
- ISOLTRAP – на установке ISOLDE (ЦЕРН)
- JYFLTRAP – на циклотроне в Ювяскюля
- PENTATRAP –на электронной пушке MPIK (Heidelberg)

Основной принцип развития методики: движение по вертикали точностей измерения масс

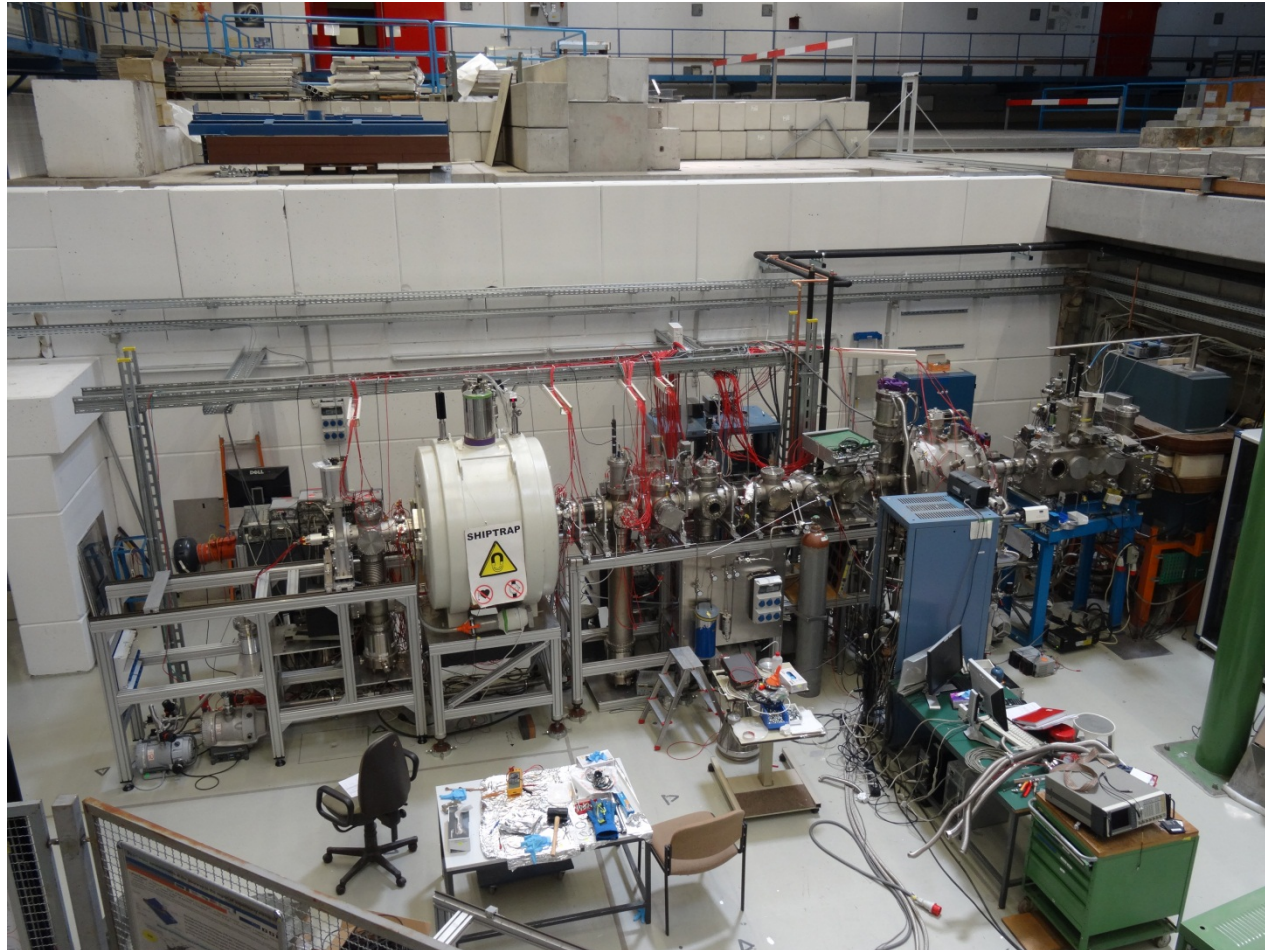
- Ядерная физика ($\delta M/M \approx 10^{-7} - 10^{-8}$)
- Астрофизика ($10^{-8} - 10^{-9}$)
- QED (10^{-10})
- Нейтринная физика (10^{-11})



SHIP TRAP (GSI, Darmstadt)



Оптимизация параметров установки SHIPTRAP в новом положении ловушки *(подготовка к он-лайн пучку в 2018 г.)*





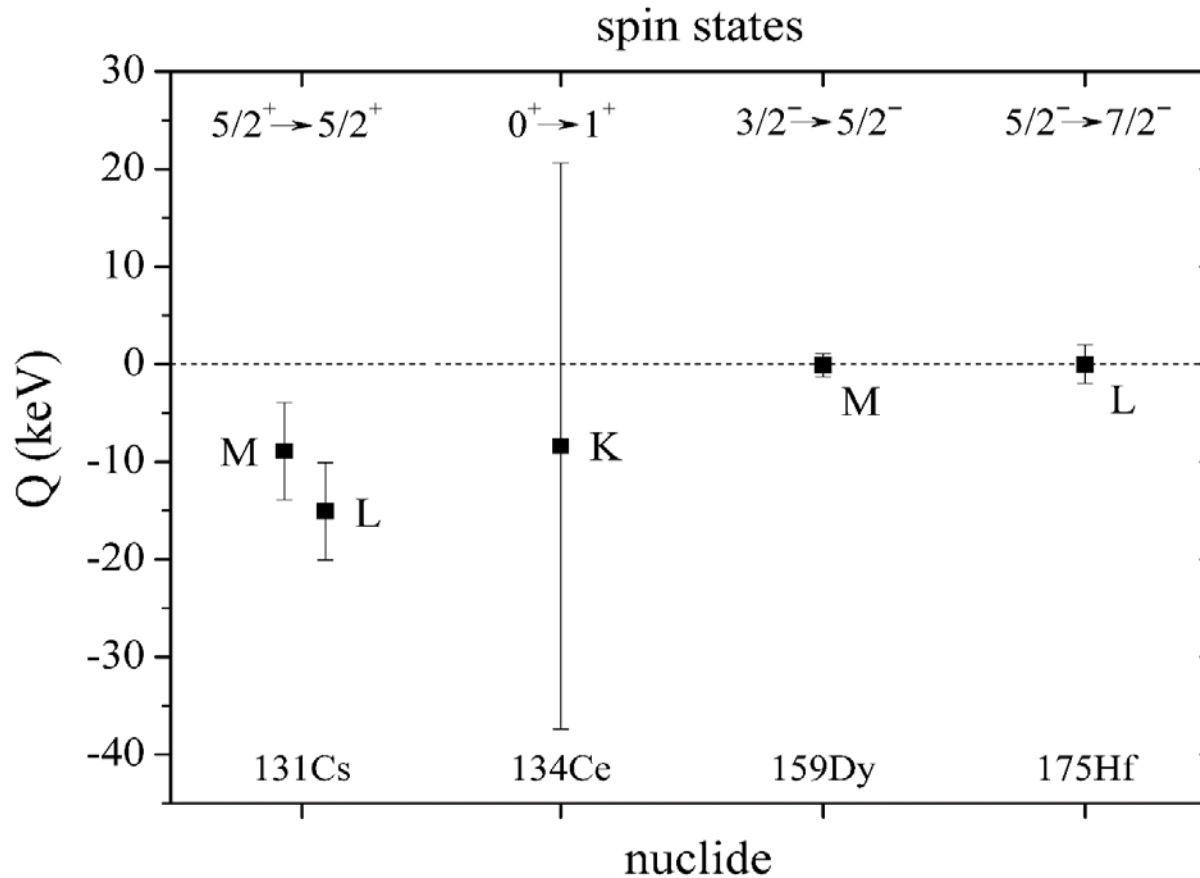
ISOLTRAP

(ISOLDE, CERN)



Запуск фазового метода С. Елисеева на ISOLTRAP и измерение разности масс ^{131}Cs - ^{131}Xe

Из проекта поиска на ISOLDE бета-распадов с наименьшими энергиями из известных переходов (INTC-P-410)

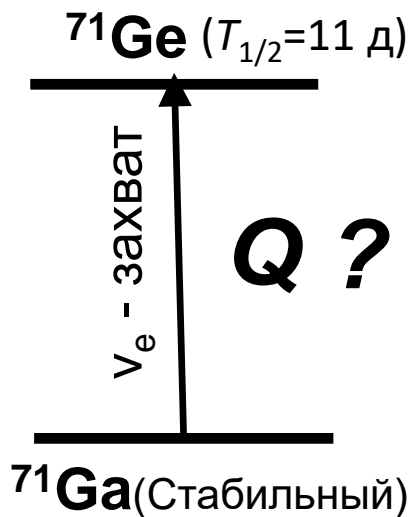




J Y F L TRAP

(University Jyvaskyla)

Измерение порога реакции захвата нейтрино в ^{71}Ga



«Солнечная» и «галлиевая» аномалии обнаружены при использовании значения порога реакции захвата электронного нейтрино $^{71}\text{Ga}(\nu_e, e^-)^{71}\text{Ge}$, т.е. разности масс $^{71}\text{Ge}-^{71}\text{Ga}$, равной $Q = 232.69 \pm 0.15$ кэВ – *J. Bahcall, PRC 56, 3391 (1997)*.

Поэтому **достоверное** знание разности масс **Q**, измеренной к тому же с большой точностью, представляет принципиальный интерес.

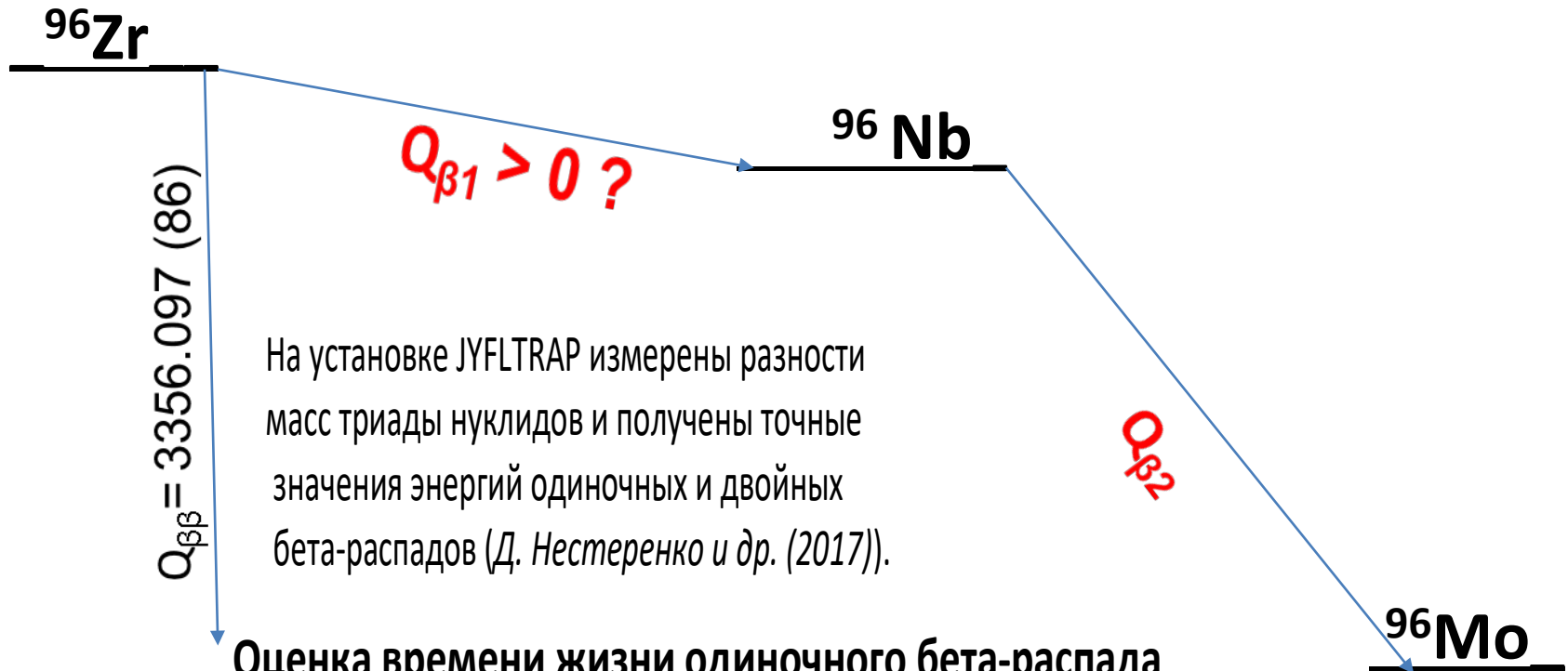
Прямое измерение масс в ловушке JYFLTRAP (Ювяскюля/Финляндия) дало значение **$Q = 232.443 \pm 0.093$ кэВ** (*M. Alanssari et al., Int. J. Mass Spec. 406, 1 (2016)*, *Д. Нестеренко (2017)*), что совпадает с оценочным .

Вывод: Значение полученной экспериментальной величины **Q** не устранило «солнечные» и «галлиевые» аномалии: Если первая показала наличие осцилляций нейтрино как таковых, то вторая может быть вызвана осцилляциями стерильных нейтрино

Измерение Q-величин для β^- и $\beta^-\beta^-$ распадов ^{96}Zr на JYFLTRAP

Предложение D. Freckers

Может ли нуклид ^{96}Zr быть использован для поиска безнейтринной моды двойного бета-распада? Это зависит от наличия сильно конкурирующего одиночного бета-распада



На установке JYFLTRAP измерены разности масс триады нуклидов и получены точные значения энергий одиночных и двойных бета-распадов (Д. Нестеренко и др. (2017)).

Оценка времени жизни одиночного бета-распада

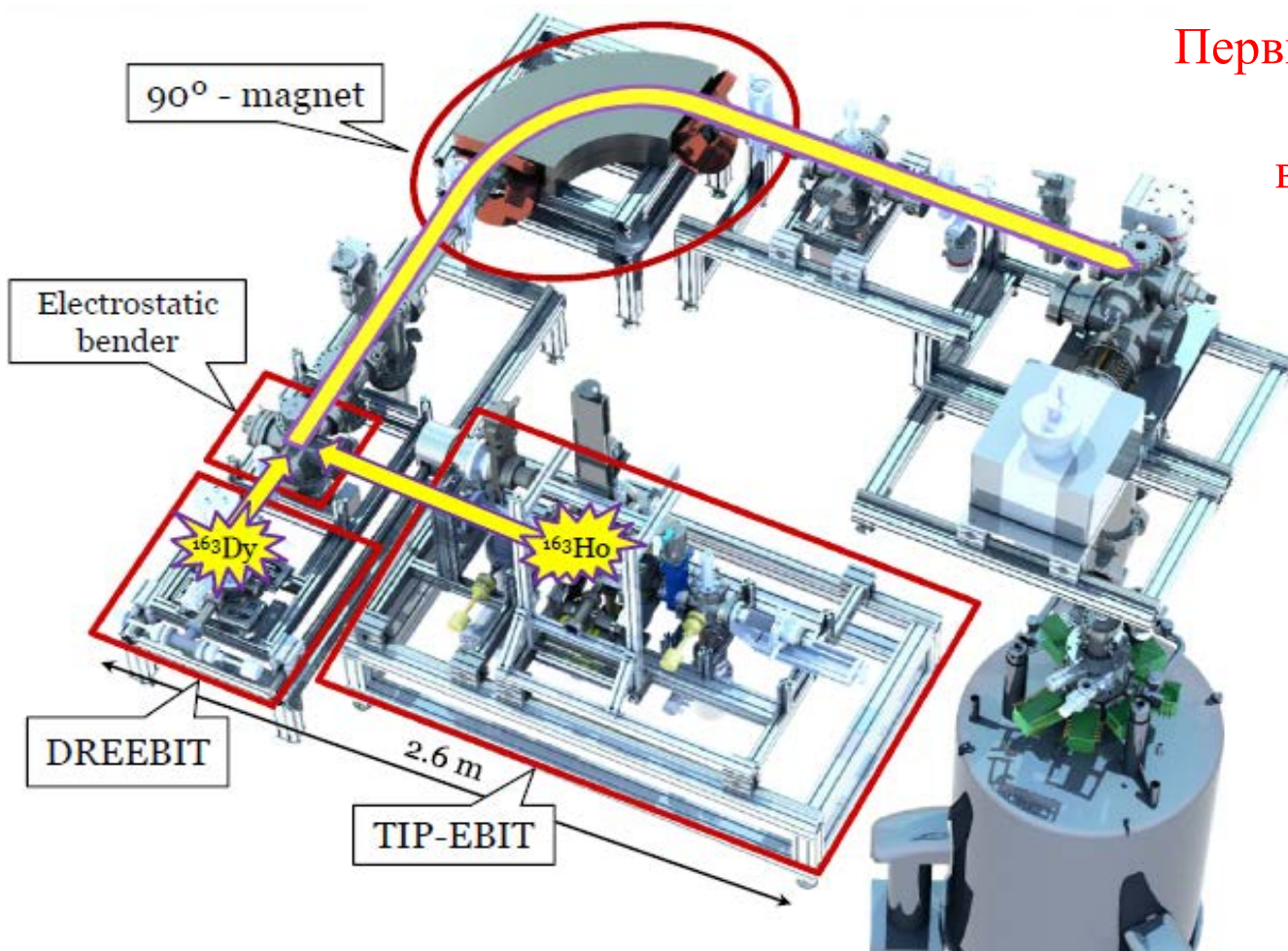
^{96}Zr с учётом измеренной $Q_{\beta^-} = 163.96(13)$ кэВ даёт $\tau_{\beta} = 1 \times 10^{20}$ лет, что делает мало перспективным поиск безнейтринного двойного бета-распада в нуклиде ^{96}Zr с ожидаемым $\tau_{\beta\beta 00} \gg 1020$ лет.



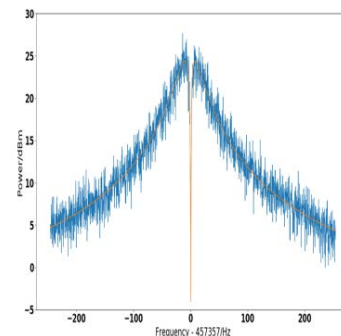
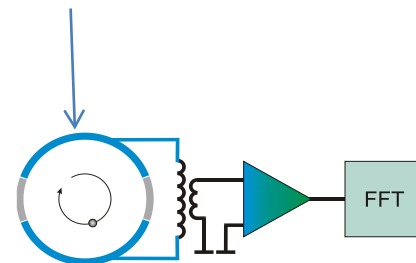
P E N T A T R A P

(институт М.Планка, Гейдельберг)

Масс-спектрометр PENTATRAP в Хайдельберге (пять последовательных ионных ловушек). Сборка завершена в 2017 г.



Первый сигнал одиночного иона $^{56}\text{Fe}^{13+}$ в ловушке (2017 г.)



$$\omega_c = qB / m_{ion}$$

задача – разность масс $^{163}\text{Ho}^{40+} - ^{163}\text{Dy}^{40+}$

$dm/m \sim 10^{-11}$ -требуемое

Ловушка в магните (этажом ниже)

S. Eliseev et al.-2017



Лаборатория физики Экзотических ядер Отделения физики высоких энергий ПИЯФ

Новиков Ю.Н. – зав. лаб., доктор физ.-мат. наук, профессор

Александрова С.Н. – ведущий инженер,

Безроднова О.И. – лаборант-исследователь,

Гусев Ю.И. – старший научный сотрудник,

Елисеев С.А. – старший научный сотрудник, доктор физ.-мат. наук,

Конева Т.В. – ведущий инженер,

Мартынова Н.С. – лаборант-исследователь,

Нестеренко Д.А. – научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук,

Нечипоренко Ю.В. – лаборант-исследователь,

Попов А.В. – старший научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук,

Филянин П.Е. – лаборант-исследователь,

Ченмарев С.В. – научный сотрудник, кандидат физ.-мат. наук



Публикации ЛФЭЯ в 2017 г.

- 1) L. Gastaldo, K. Blaum,..[S. Eliseev](#), [P. Filianin](#), [Yu.N. Novikov](#), et al.. “*The electron capture in ^{163}Ho experiment – ECHO*”, Eur. Phys. J. Special Topics 226, 1623-1694 (2017).
- 2) A. Welker,.. [P. Filianin](#), [S. Eliseev](#), [Yu.N. Novikov](#), et al.. “*Precision electron capture energy in ^{202}Pb and its relevance for neutrino mass determination*” Eur. Phys. J. A (2017) 53: 153.
- 3) Ch. Lorenz,..[D. Nesterenko](#) et al.. “*Quantum-state-selective decay spectroscopy of ^{213}Ra* ”. Phys. Rev. C 96, 034315 (2017).
- 4) R. Adhukari, M. Agostini, .. [S. Eliseev](#), [P. Filianin](#), [Yu. Novikov](#), et al.. “*A White Paper on keV sterile neutrino Dark Matter*”. J. Cosmology and Astroparticle Phys. 2017, 13 January (2017).
- 5) K. K. Loo, [Yu. N. Novikov](#), [M. V. Smirnov](#), W. H. Trzaska and M. Wurm. “*Omnibus experiment: CPT and CP violation with sterile neutrinos*”. Journal of Physics: Conf. Series 888 (2017) 012183
- 6) F.Giacoppo, K. Blaum,..[S. Eliseev](#), [P. Filianin](#), [Y. Gusev](#), [Yu. Novikov](#), et al.. “*Recent upgrades of the SHIPTRAP setup: on the finish line towards direct spectroscopy of superheavy elements*”, Acta Phys.Polonica 48 (2017) 423.
- 7) [Н. С. Мартынова](#), [С. А. Елисеев](#), [Ю. Н. Новиков](#), [П. Е. Филянин](#). “*Низкоэнергетическая ядерная изомерия*”, Вестник СПбГУ, физика и химия, 4 (2017), 236.



СПАСИБО!



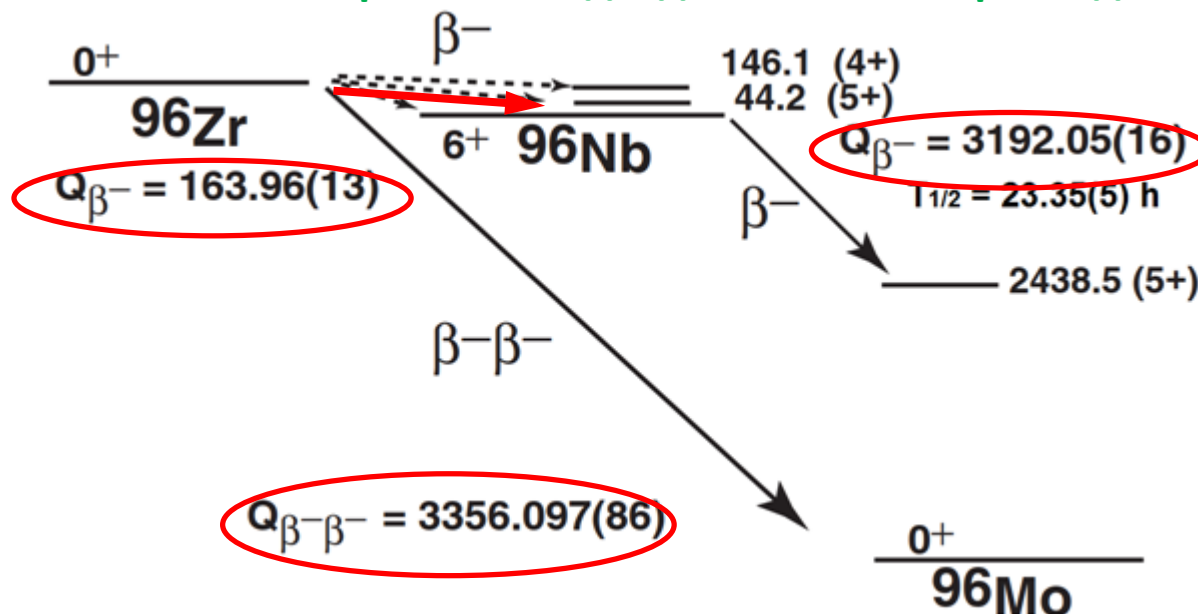
- С Новым Годом!
- С Новыми успехами!
- С хорошим здоровьем!

25.12.2017

Ю.Новиков - УС ОФВЭ

Измерение Q-величин для β^- и $\beta^-\beta^-$ распадов ^{96}Zr на JYFLTRAP

Может ли нуклид ^{96}Zr с его большим энерговыделением быть использован для поиска безнейтринной моды двойного бета-распада?



*Безнейтринная мода двойного распада будет свидетельствовать о несохранении лептонного числа и о Майорановском типе нейтрино.

*Если помимо двойного бета-распада имеется и одиночный бета-распад, то он может подавить двойной. Вероятность подавления зависит от энергии одиночного перехода (разности масс).

*На установке JYFLTRAP измерены разности масс триады нуклидов и получены точные значения энергий одиночных и двойных бета-распадов (Д. Нестеренко и др. (2017)).

Оценка времени жизни одиночного бета-распада ^{96}Zr с учётом измеренной $Q_{\beta^-} = 163.96(13)$ кэВ даёт $\tau_{\beta} = 1 \times 10^{20}$ лет, что делает **малоперспективным** поиск безнейтринного двойного бета-распада в нуклиде ^{96}Zr с ожидаемым $\tau_{\beta\beta 0} \gg 10^{20}$ лет.