

**ПОИСК КОРОТКОЖИВУЩИХ ИЗОМЕРОВ  
НА ПУЧКЕ КАСКАДНЫХ НЕЙТРОНОВ**

*РАДЭКС ИЯИ РАН*

*[Проект]*

**Скоркин В.М.**



## *Поиск изомерных состояний радионуклидов с $T_{1/2} \approx 0.2 \text{ мкс} - 1 \text{ с}$*

- **Предлагается провести поиск возбуждения и распада изомеров в реакции перезарядки по регистрации заряженных частиц и  $\gamma$ -квантов на пучке нейтронов с  $T_n > 10 \text{ МэВ}$ .**
- **Измерение предполагается провести во 2-ой экспериментальной зоне на 22 м пролётной базе горизонтального канала нейтронного время-пролётного спектрометра.**

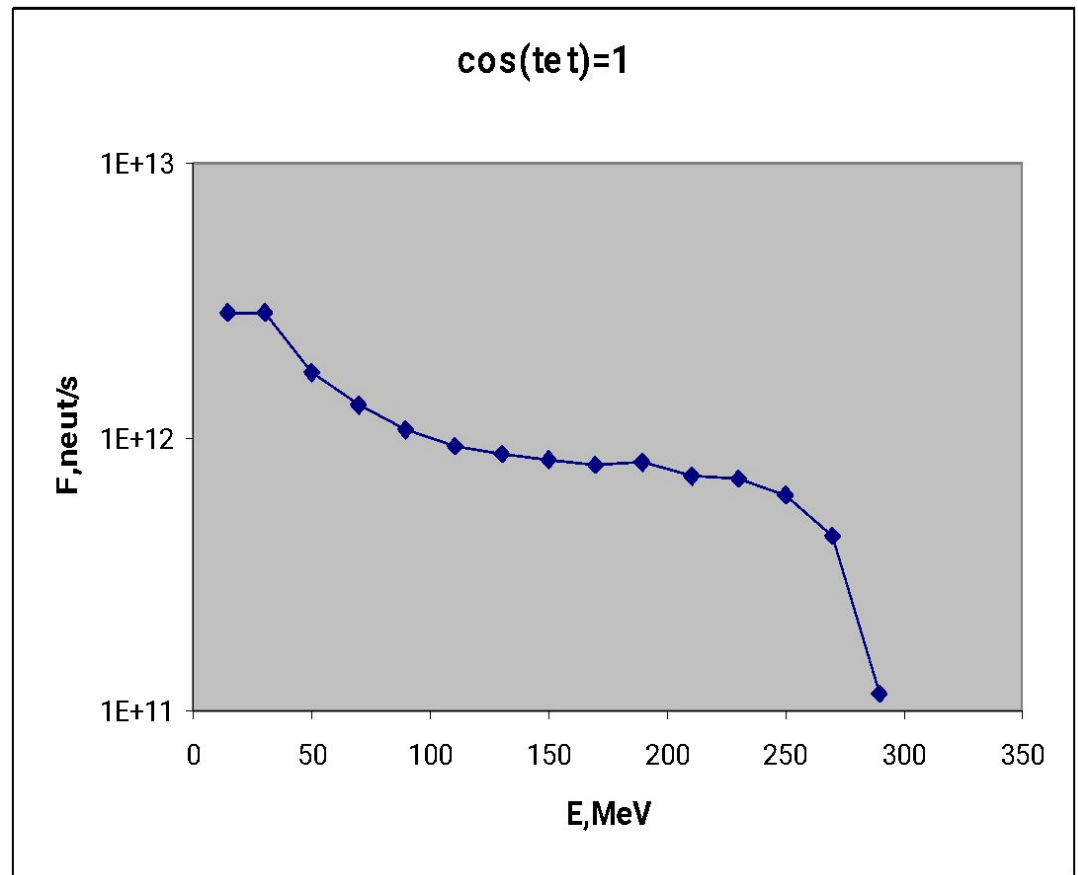
## ***Возможное значение исследования***

- **Изомерные состояния важны для исследования эффектов нарушения  $P$ -инвариантности в ядерных переходах [1], происхождение элементов [2], для исследования кооперативного гамма-излучения [3], трансмутации ядер [4] и управления ядерным распадом [5].**
- **В реакции с возбуждением изомеров может быть исследованы механизмы ядерных реакций и поверхностная кластеризация деформированных нестабильных ядер.**

*Каскадные нейтроны ( $T_n > 10$  МэВ) из вольфрамовой мишени сквозной ловушки установки РАДЭКС*

E, MeV    F, n/sec

● 15	2.83E+12
● 30	2.85E+12
● 50	1.71E+12
● 70	1.29E+12
● 90	1.06E+12
● 110	9.31E+11
● 130	8.57E+11
● 150	8.28E+11
● 170	7.84E+11
● 190	8.09E+11
● 210	7.15E+11
● 230	6.97E+11
● 250	6.11E+11
● 270	4.29E+11
● 290	1.15E+11
● sum	1.65E+13

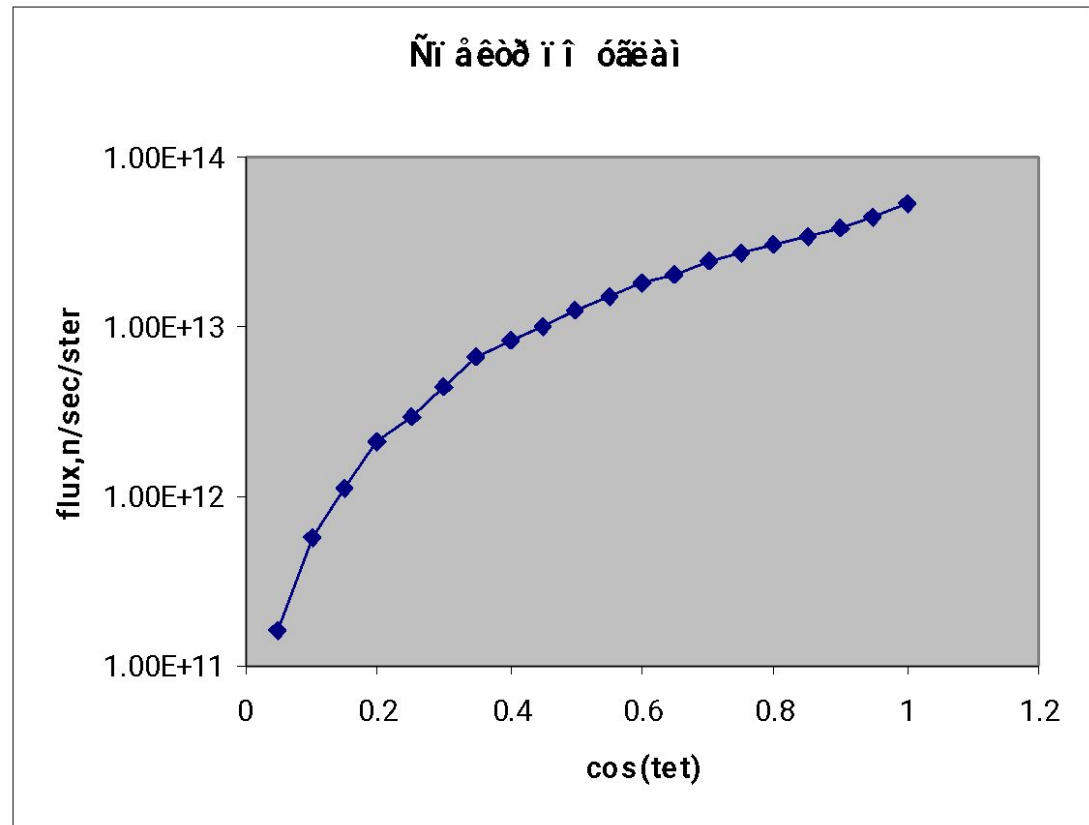


- **Рис. 1. Спектр нейтронов из вольфрамовой мишени толщиной 7 см в направлении вперед, в телесный угол 0.314 стерадиан. шаг по энергии – 20 МэВ**

*В макс. энергетического спектра при  $T_n \sim 10-50$  МэВ вылетают вперёд 45% всех каскадных нейтронов.*

cos(tet) n/sec/ster

- 15.26E+13
- 0.95 4.36E+13
- 0.9 3.84E+13
- 0.85 3.44E+13
- 0.8 3.04E+13
- 0.75 2.68E+13
- 0.7 2.40E+13
- 0.65 2.05E+13
- 0.6 1.79E+13
- 0.55 1.50E+13
- 0.5 1.26E+13
- 0.45 1.02E+13
- 0.4 8.43E+12
- 0.35 6.55E+12
- 0.3 4.39E+12
- 0.25 2.97E+12
- 0.2 2.13E+12
- 0.15 1.10E+12

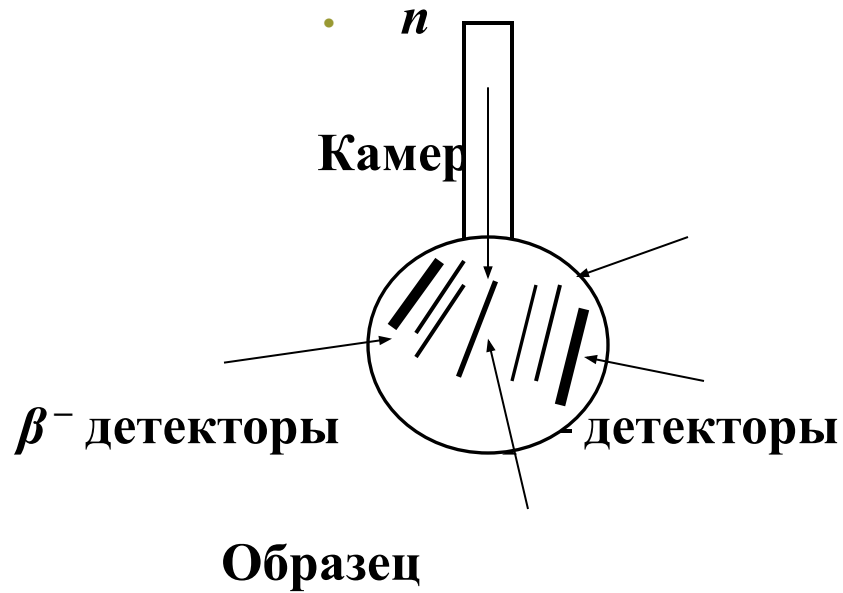


● 0.1 5.75E+11 **Рис. 2. Угловое распределение нейтронов при 0.05 1.59E+11 параметрах пучка протонов с  $T_p = 300$  МэВ и  $I_{cp} = 100$  мкА. шаг по косинусу угла – 0.05.**

## Экспериментальные условия

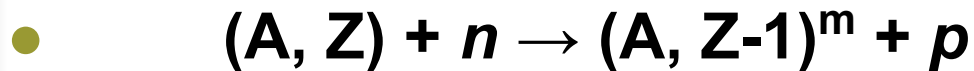
- Плотность потока каскадных нейтронов на образец можно оценить из углового распределения:
- $\Phi_{\text{бн}} \approx 0.45 \cdot 5.26\text{E}+13 \cdot (1/2200)^2 \approx 5 \cdot 10^6 \text{ н/с/см}^2$
- В качестве детекторов предлагается использовать пластмассовые сцинтилляторы или кремниевые –  $\Delta E$ -детекторы (толщиной  $< 0.1\text{мм}$ ) для выработки временного сигнала) и  $E$ - детекторы для измерения энергии заряженных частиц. Гамма-кванты могут быть зарегистрированы NaI-детектором.
- Синхроимпульс с ускорителя запускает электронику для регистрации заряженной частицы ( $p, t, \alpha$ ) из реакции перезарядки (*и предполагаемое образование изомера*) и с задержкой, равной длительности импульса протонов запускает электронику для регистрации заряженной частицы ( $\beta^-, \beta^+$ ) или  $\gamma$ -кванта (*от распада изомера*)
- По спектру с ВЦП можно определить период полураспада изомера

## Макет экспериментальной установки



- Если регистрировать электроны с энергией около 1 МэВ и протоны с  $T_p \geq 5$  МэВ, то толщина образца должна быть  $\leq 0.1$  мм (Энергия разрешённых  $\beta^-$  переходов с  $T_{1/2} \leq 10$  с в средних ядрах  $E_\beta \geq 2-3$  МэВ )
- Соответственно масса образца в виде пластины  $5 \times 10 \times 0.01$  см<sup>3</sup> на канале  $\varnothing 5$  см составит  $m_{\text{Sn}} \approx 3$  г. (для олова)

Схема образования из нуклида  $(A, Z)$   $\beta^-$ -активного изомера радионуклида  $(A, Z-1)^m$  в реакции перезарядки



↓



- Изомер  $(A, Z-1)^m$  может, испустив  $\gamma$ -квант перейти в основное состояние радионуклида  $(A, Z-1)$ , а может, испытав  $\beta^-$ -распад превратиться в нуклид  $(A, Z)$
- Сечение реакции перезарядки  $\sigma(n, p)$  при  $T_n \geq 10$  МэВ может быть 10 – 100 мбн



Пример образования изомеров  
в реакции  $^{122}\text{Sn} (n,p) ^{122m}\text{In}$

●



## Оценка скорости счёта $\beta^-$ распада изомера

- Число ядер  $^{122}\text{Sn}$  в образце  $m_{\text{Sn}} \approx 3$  г. равно
  - $N_{^{122}\text{Sn}} = 3.5 \cdot 1/122 \cdot 0.63 \cdot 10^{24} \approx 2 \cdot 10^{22}$
- Скорость образования  $^{122\text{m}}\text{In}$  при  $\sigma(n,p)=10$  мбн может составить
- 
- $N_{\text{In}} = N_{^{122}\text{Sn}} \cdot \sigma(n,p) \cdot \Phi_{\text{он}} = 2 \cdot 10^{22} \cdot 10^{-26} \cdot 5 \cdot 10^6 \approx 1000 \text{ с}^{-1}$
- При эффект.  $\beta^-$  детект. 5% между импульсами протонного пучка с  $f=1$  Гц,  $I_{\text{ср}} = 100$  мкА,  $\tau=1$  мкс, можно регистрировать 50 им.  $\text{с}^{-1}$  от  $\beta^-$  - распада *изомера*
- При токе  $I_{\text{ср}} = 10$  мкА соответственно 5  $\text{с}^{-1}$
- Фон будет определяться случайными совпадениями от регистрации медленных нейтронов и составит  $10^{-2} \text{с}^{-1}$

## Оценка скорости счёта ( $p\beta^-$ )- событий при $I_{cp} = 10\text{мкА}$

- При эффект.  $p^-$  детект. 5% параметрах протонного пучка  $f=1$  Гц,  $I_{cp} = 10\text{мкА}$ ,  $\tau=0.2$  мкс, можно регистрировать  $\approx 0.3$  им.  $\text{с}^{-1}$  от  $\beta^-$  - распада *изомера* в совпадении с регистрацией протона
- Фон при этом будет определяться случайными совпадениями от регистрации медленных нейтронов при четырёхкратном отборе событий с временным разрешением несколько нсек и составит  $\approx 10^{-4}\text{с}^{-1}$
- При регистрации  $\gamma$ - квантов можно определить вероятность перехода изомера в основное состояние радионуклида

## *ЛИТЕРАТУРА*

- 1. С.Д. Кургалин, И.С. Окунев, Т.В. Чувильская, Ю.М. Чувильский. Тезисы Докл. 53 Межд. Совещ. по ядер. спектр. и струк. ат. ядра. СПб. 2003. с. 198.
- 2. В.С. Ольховский. Изв.АН СССР, сер. физ. 54, 988 (1990).
- 3. Г.А. Скоробогатов, Б.Э. Дзевицкий, С.В. Ерёмин. Тезисы Докл. 53 Межд. Совещ. по ядер. спектр. и струк. ат. ядра. СПб. 2003. с. 250.
- 4. Бутцев В.С., Бутцева Г.Л., Зулькарнеев Р.Я., Патент на изобретение к 2169405, 20 июня 2001 г., Москва.  
С.К.Годовиков, С.М. Никитин. Изв. РАН, сер. физ. 67, №7 (2003).