



Галлиевый эксперимент с источником ^{170}Tm

В.В.Горбачёв от лабораторий ГГНТ БНО и РХДМ
ОЛВЭНА ИЯИ РАН

Эксперимент по поиску переходов анти- $\nu_e \rightarrow \nu_e$

Эксперименты по поиску таких переходов:

- 1) $2\beta 0\nu$*
- 2) эксперименты Р.Девиса с реакторными анти- ν_e по поиску ^{37}Ar в хлорном детекторе*
- 3) эксперименты Borexino и KamLAND по поиску анти- ν_e от Солнца*

Предположим, что существуют $\nu_e \rightarrow$ анти- ν_e осцилляции;

Тогда

- они находятся внутри Ga аномалии; их количество $\sim 1\%$ входит в 20 % подавления ν_e потока*
- в реакторах такое количество ν_e не видно*
- в экспериментах $2\beta 0\nu$ такие осцилляции не проявляются*
- расщепление подавляет переходы $\nu_e \rightarrow$ анти- ν_e , из-за чего они не видны от Солнца*

Осцилляционные переходы анти- $\nu_e \rightarrow \nu_e$

- осцилляционные переходы $\nu_e \rightarrow$ анти- ν_e с параметрами

$$\Delta m^2 \sim 1 \text{ эВ}^2 \text{ и } \sin^2 2\theta \sim 0.01 \text{ (похоже на значения LSND)}$$

- ν_e и анти- ν_e не различаются по направлениям спинов, т.е. это

не майорановская частица

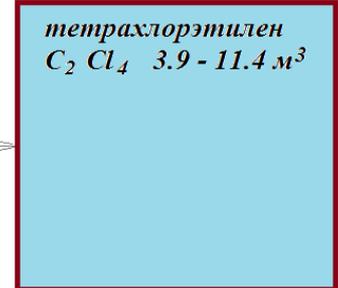
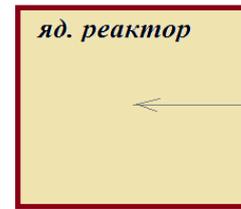
- показываем, что нейтрино дираковская частица, т.е. подходим

к природе нейтрино «с другой стороны», чем в $2\beta 0\nu$ экспериментах

Эксперименты по переходам анти- $\nu_e \leftrightarrow \nu_e$

1) эксперименты Девиса 1954-1959
реакция анти- $\nu_e + {}^{37}\text{Cl} \rightarrow {}^{37}\text{Ar} + e^-$

Поток $\Phi(\text{анти-}\nu_e) \sim 10^{13} \text{ см}^{-2} \text{ с}^{-1}$



Перекрытие состояний ν_e - анти- ν_e :

$$\alpha^2 = \frac{\sigma_{\text{экспер}}}{\sigma_{\text{теор}}}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{\text{экспер}} &< 0.25 \cdot 10^{-45} \text{ см}^2 \\ \sigma_{\text{теор}} &= 4.1 \cdot 10^{-45} \text{ см}^2 \\ \alpha^2 &< 0.06 \text{ на } 68 \% \text{ CL}\end{aligned}$$

Фон солнечных нейтрино – в 1950-х неизвестен

2) эксперименты Borexino и KamLAND

регистрации антинейтрино от Солнца (IBD)

ограничения: $\alpha^2 < 1.3 \cdot 10^{-4}$ и $\alpha^2 < 5.3 \cdot 10^{-5}$

- предполагаем, что на пути к Земле нейтрино расцепляются
и осцилляции $\nu_e \leftrightarrow$ анти- ν_e ослабляются

Ga эксперимент с источником ^{170}Tm

- точно известная активность
- точно известный фон от солнечных нейтрино (измерялся на данной мишени),
 $66.1 \pm 3.1 \text{ SNU}$ (= 1 захват ν_e / 50 т Ga·сут)
- проверка осцилляций на базе ~1 м
- чистое измерение заряженных токов
- эксперимент на появление

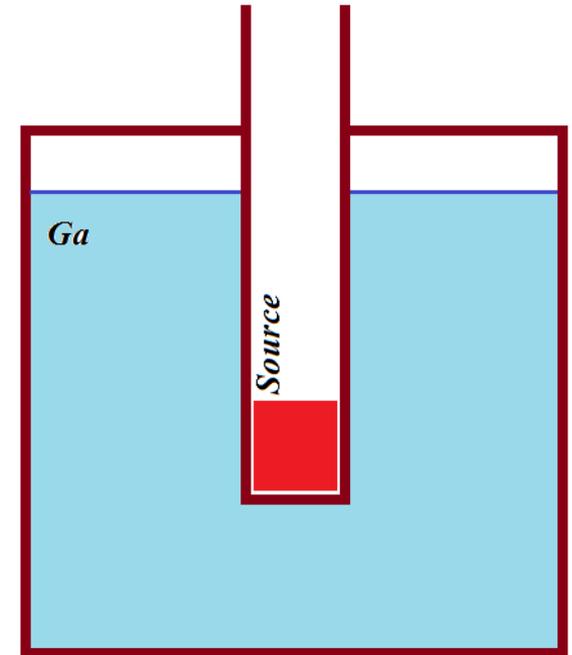
Ga мишень – 50 т металлического Ga (1 зона!)

Источник ^{170}Tm , ~ 1 МКи

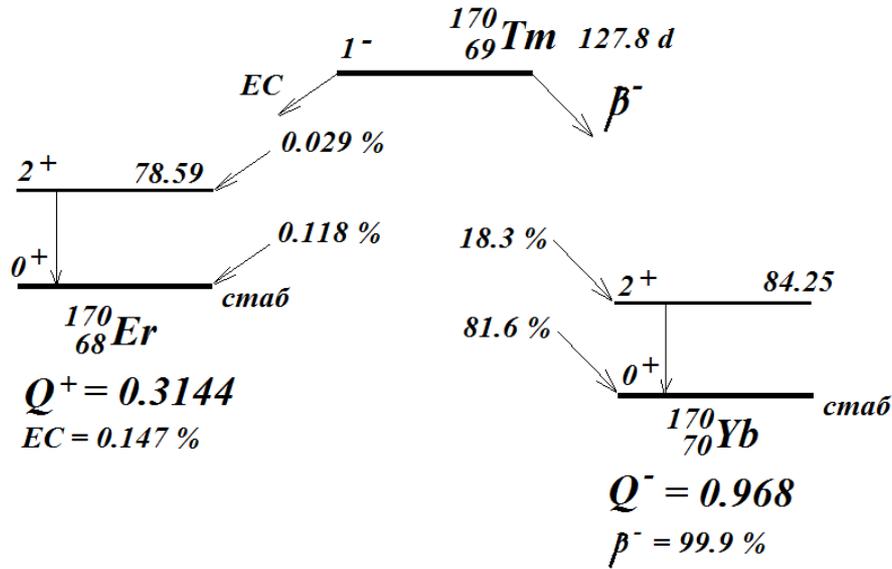
Эксперимент может быть проведён на существующей базе эксперимента BEST – Ga из 2 зон мишени будет смешиваться

Процедуры – такие же, как во всех экспериментах с Ga:

- облучение
- извлечение ^{71}Ge
- счёт распадов ^{71}Ge ($T_{1/2} = 11.43 \text{ d}$) в пропорциональных счётчиках



Источник ^{170}Tm



γ : 78.6 кэВ 0.0034 %
 84.25 кэВ 2.48 %

$^{171}_{69}\text{Tm}$ $T_{1/2} = 1.92$ года
 $Q = 96$ кэВ
 γ : 67 кэВ 0.14 %

Средняя энергия антинейтрино ~ 755 кэВ \approx энергия нейтрино от ^{51}Cr

Выход нейтрино 0.147 % с энергией 314 кэВ

Тепловыделение ~ 2 кВт / МКи,
 в 9 раз выше, чем в ^{51}Cr

Оценки по наработке ^{170}Tm от АО «ГНЦ НИИАР»

Оценки проводились для 3 МКи ^{170}Tm

На реакторе СМ-3 будет облучаться ~11 кг оксида туллия и необходимо использовать 6-7 высокопоточных каналов отражателя; время облучения 330 сут

Проблема – тепловая мощность источника (~5.5 кВт для 3 МКи)

Для источника 1.5 МКи выполнены расчёты температур:

1) В центре сердечника – 1500 °С

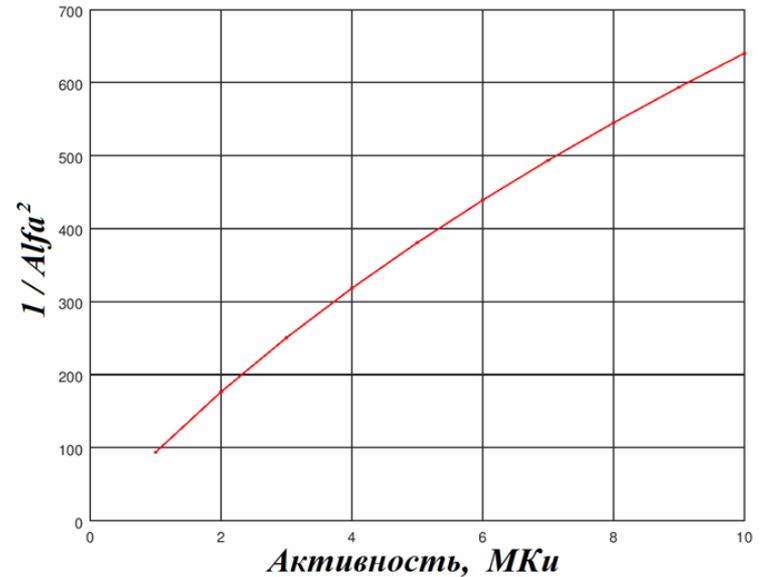
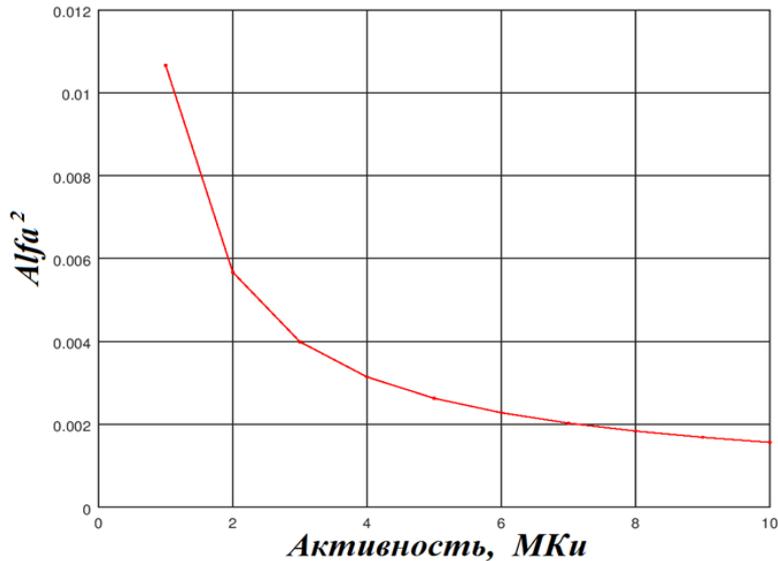
2) Оболочка источника – 670 °С

Существующий контейнер для перевозки источника имеет ограничение на тепловую мощность 1 кВт

Сегодня кажется реальным изготовление источника активностью 1 МКи

Чувствительность эксперимента в зависимости от активности источника

$$\alpha^2 = \frac{\sigma_{\bar{v}}}{\sigma_{\nu}} , \quad \text{оценки сделаны для уровня значимости } 3\sigma$$



Т.е. для источника активностью 1 МКи можно достичь чувствительности $\alpha^2 \sim 0.011$, в ~ 20 раз выше, чем в экспериментах Р.Девиса (с учётом уровня значимости)

Участники эксперимента – сотрудники лабораторий ГГНТ БНО и РХДМ ОЛВЭНА

*При необходимости могут присоединяться другие участники
Эксперимент мы предполагаем сделать за 3 года*

12 дек 2022 (пон) прошло совещание в Москве с руководителями АО «ГНЦ НИИАР» по вопросам изготовления источника

Результаты совещания:

1) НИИАР готов начать работы по изготовлению источника ^{170}Tm активностью 1 МКи

2) Источник с активностью выше 1 МКи изготовить в настоящее время невозможно

Цена оксида туллия в 1991 году была \$ 3 /г

Т.е. для 1 МКи (~4 кг Tm_2O_3) цена будет \$ 12 тыс

Заявленные примеси в Certificate of Chemical Assay, Stanford Material Corporation заметного вклада в дозиметрию не дают