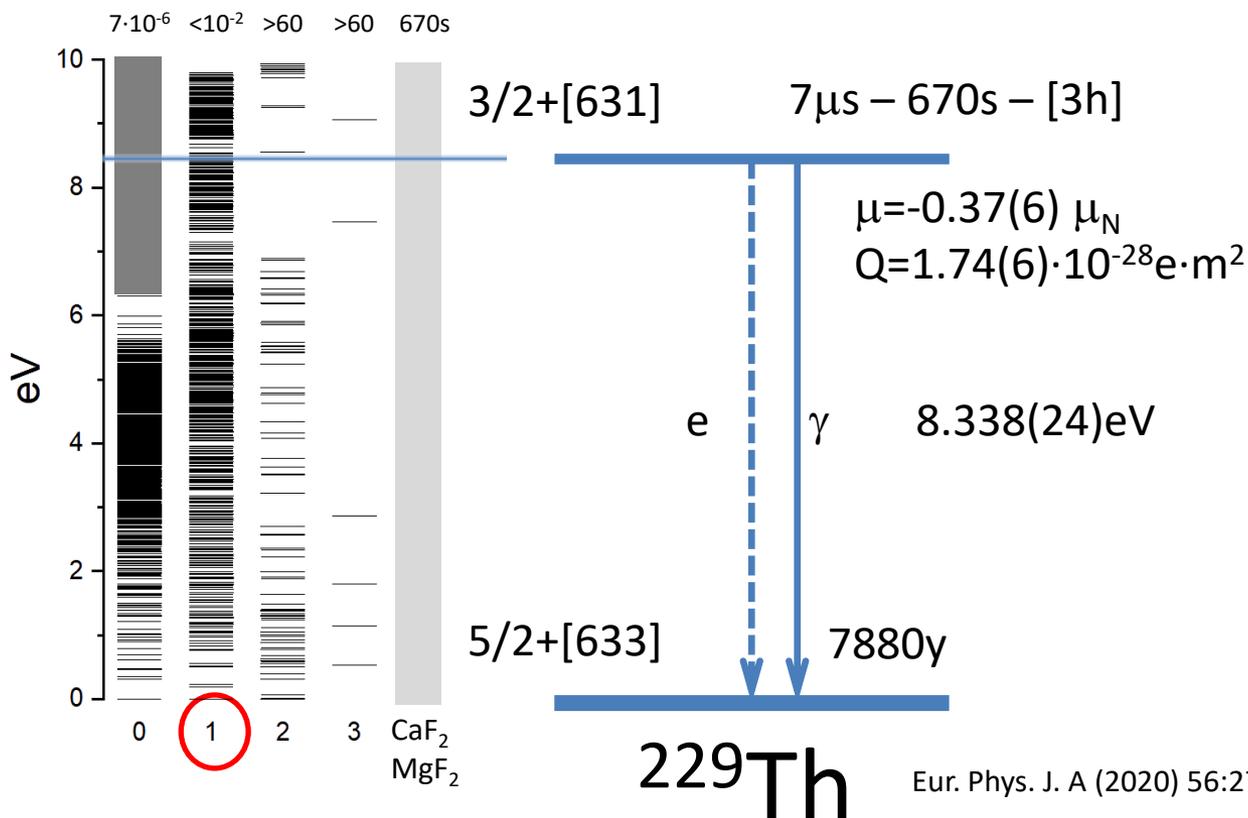




Изучение распада изомера Тория-229. Поиск электронного моста.

*Гусев Ю.И., Карпешин Ф.Ф., Новиков Ю.Н., Попов А.В.
ПИЯФ & ВНИИМ*

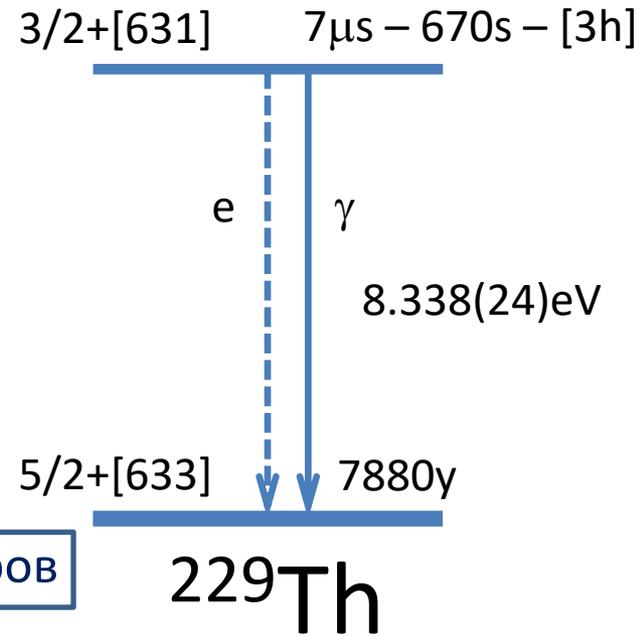
Проект РНФ 22-22-00090
Новиков Ю.Н.



Мотивация

Особенности осциллятора

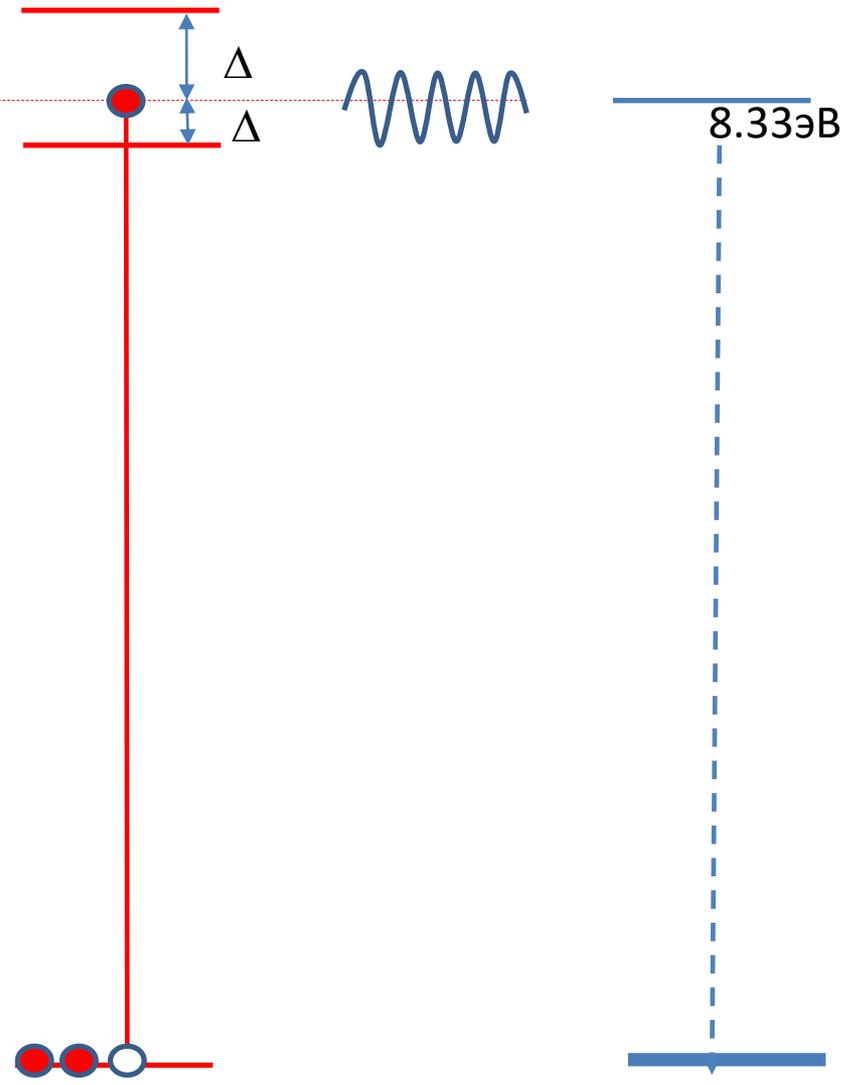
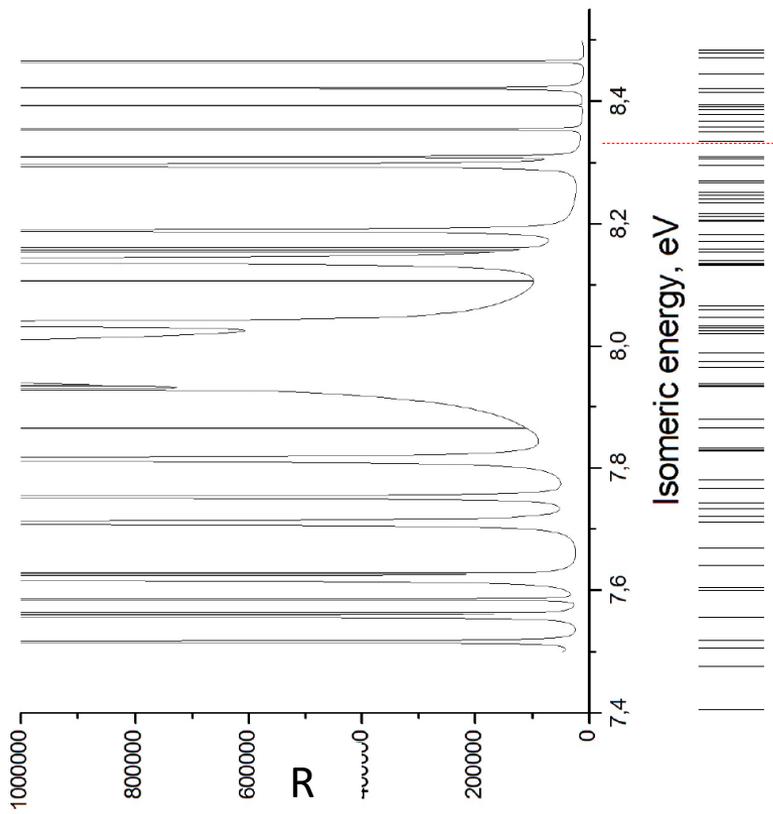
- Малая естественная ширина линии
- Малый размер, экранировка электронами
- Энергия перехода в оптическом диапазоне
- Зависимость от сильного взаимодействия
- Влияние химического окружения на распад
- Наличие связанных с ним электронных осцилляторов



Приложения:

Метрология, техника, фундаментальная физика, космология

- Улучшение точности и стабильности.
- Твердотельный стандарт частоты.
- Мессбауэровская спектроскопия в оптическом диапазоне
- Ядерный лазер
- Проверка стабильности фундаментальных констант



$R = 10^4 - 10^{14}$

$$R = \sum_i \frac{\alpha_d^{(i)}(M1)\Gamma_t^{(i)}/2\pi}{(\Delta^{(i)})^2 + (\Gamma_t^{(i)}/2)^2}$$

If $\Delta=0$; $R = \frac{\alpha^i}{2\pi\Gamma_t^i}$; $\alpha^i \sim 10^8 \text{ eV}$
 $\Gamma_t^i \sim 10^{-7} \text{ eV}$
 $R \sim 10^{14}$

Подстройка атомной оболочки

Выбор начальной конфигурации, параметры среды, магнитное и электрическое поля, молекулы, примесные уровни. /Карпешин ЭЧАЯ т37(2)/

Выбор начальной конфигурации

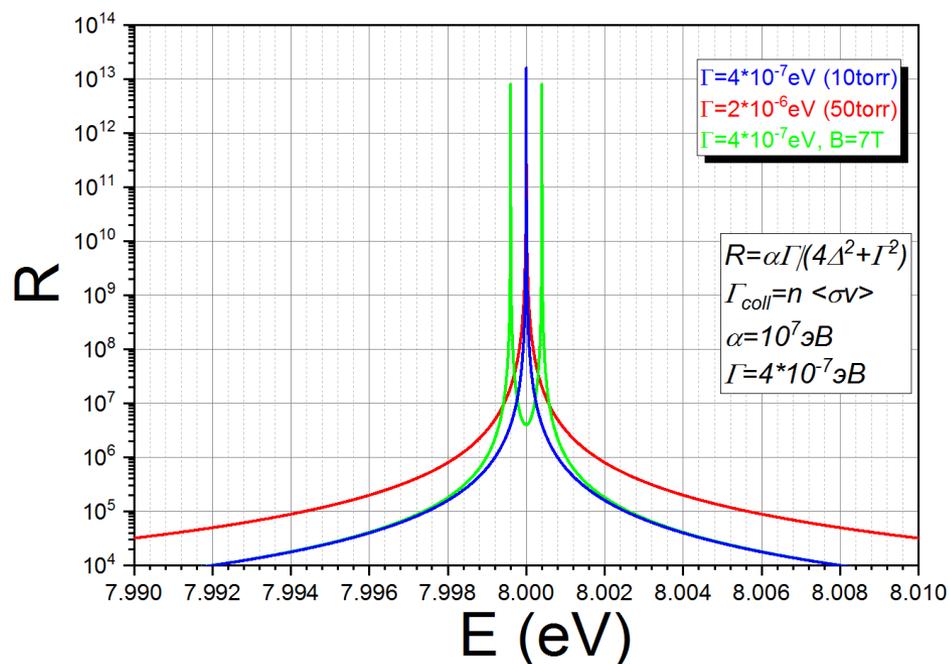
Th⁺ метастабильные состояния

[9/2], $6d^27s$ 0.77eV, 10^4s ;

[7/2], $6d^27s$, 0.5eV;

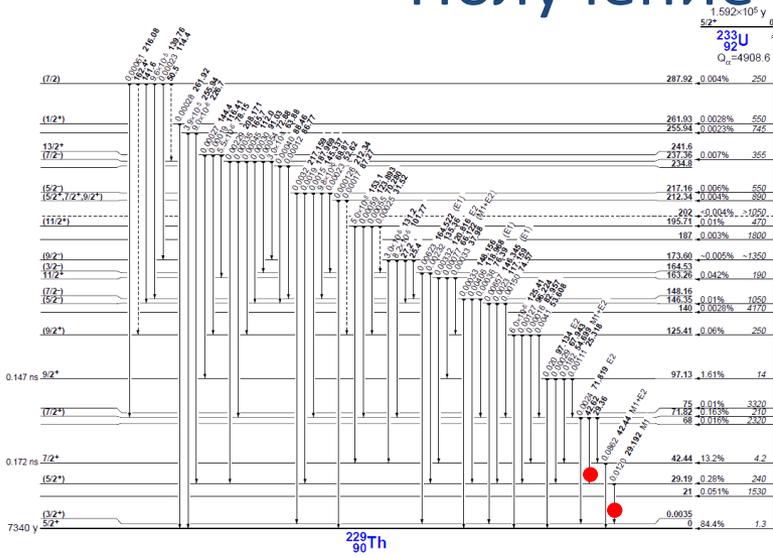
[5/2], $6d^27s$, 0.19eV;

[15/2] $5f 6d^2$ 3.75eV , 0.4 s;
3.75+8.12=11.87eV;

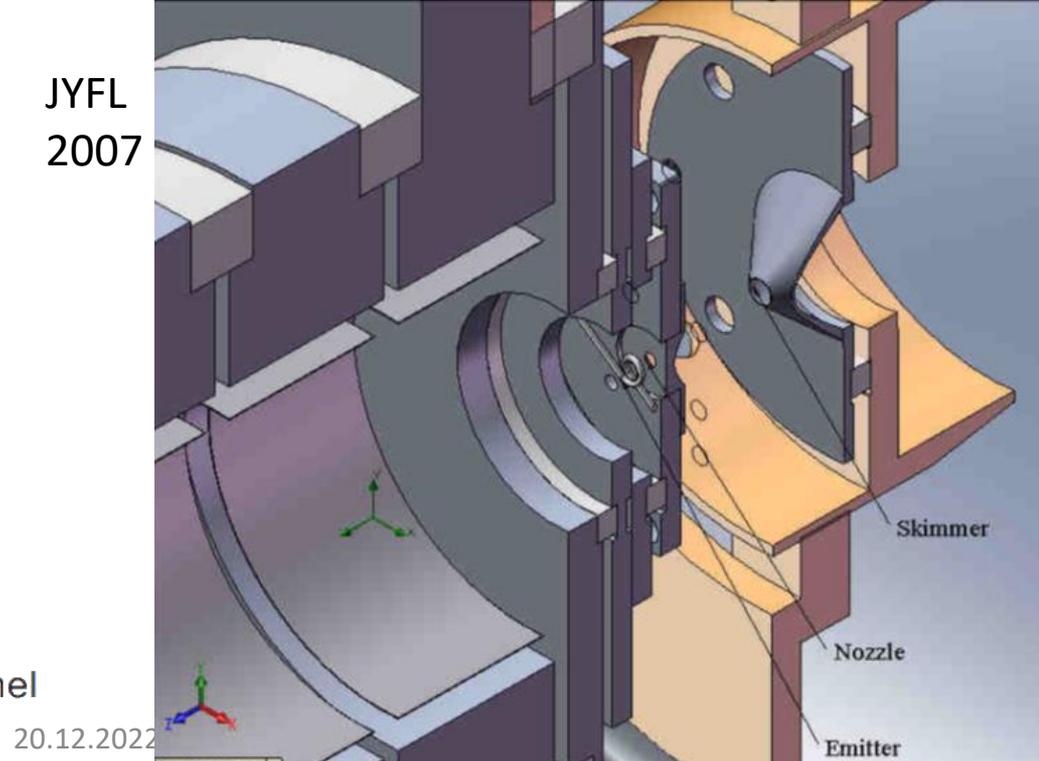
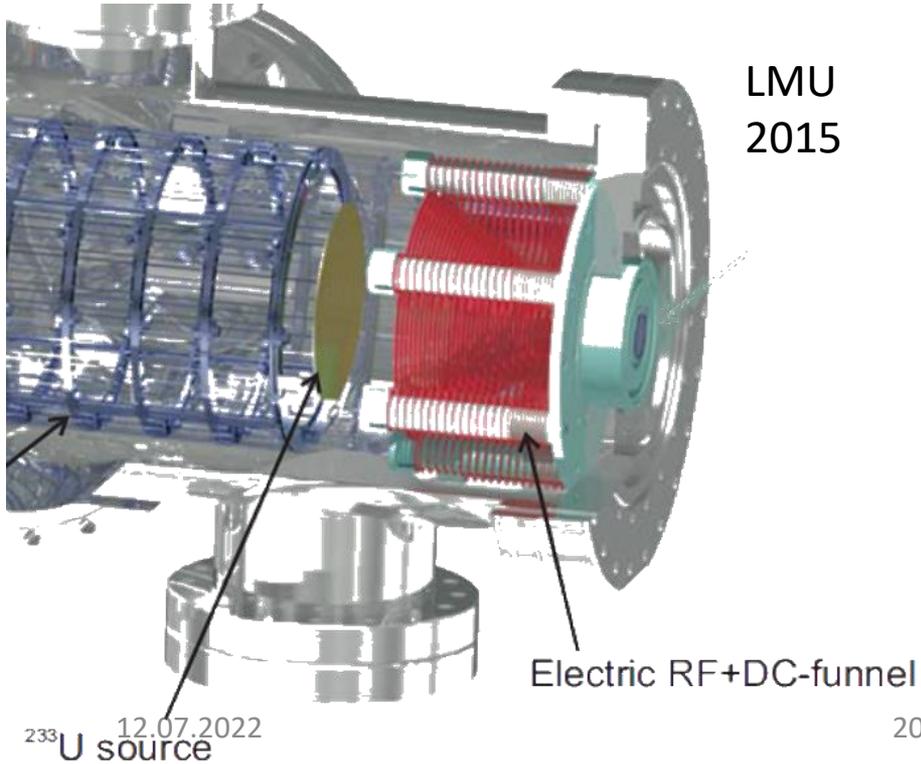


Oscar-Andrey Herrera-Sancho PhD thesis 2012
Bilous Pavlo V. PhD thesis 2018
PRA2017,v95,032503

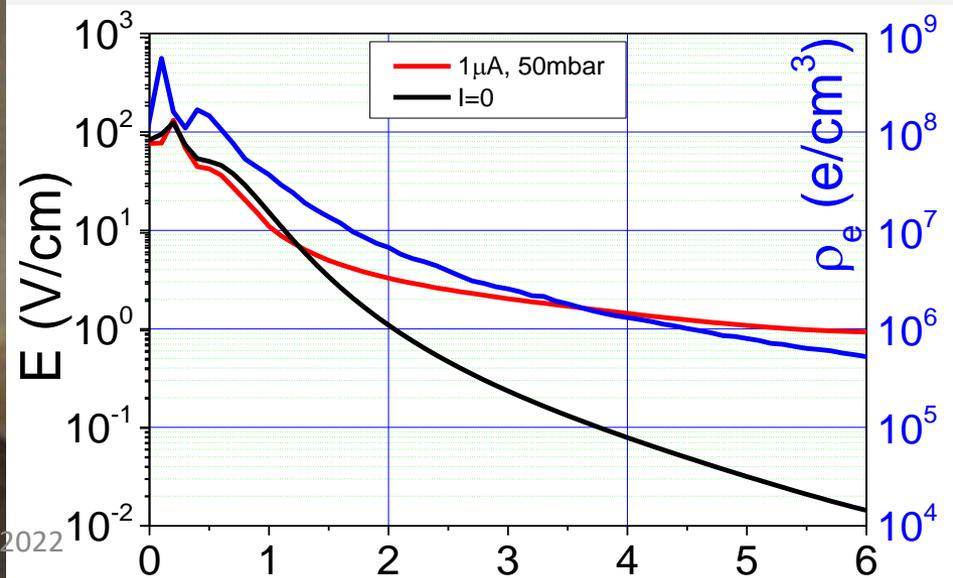
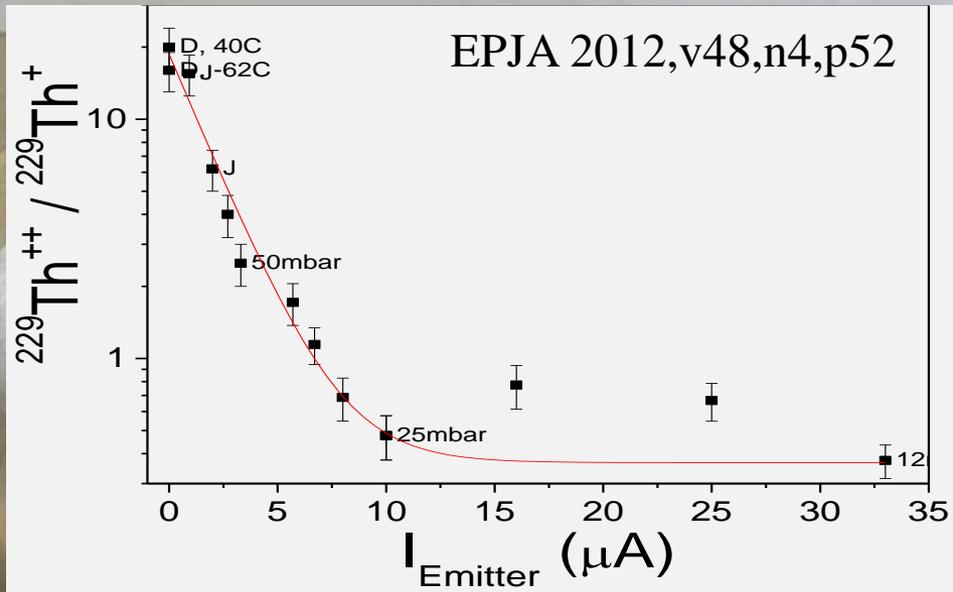
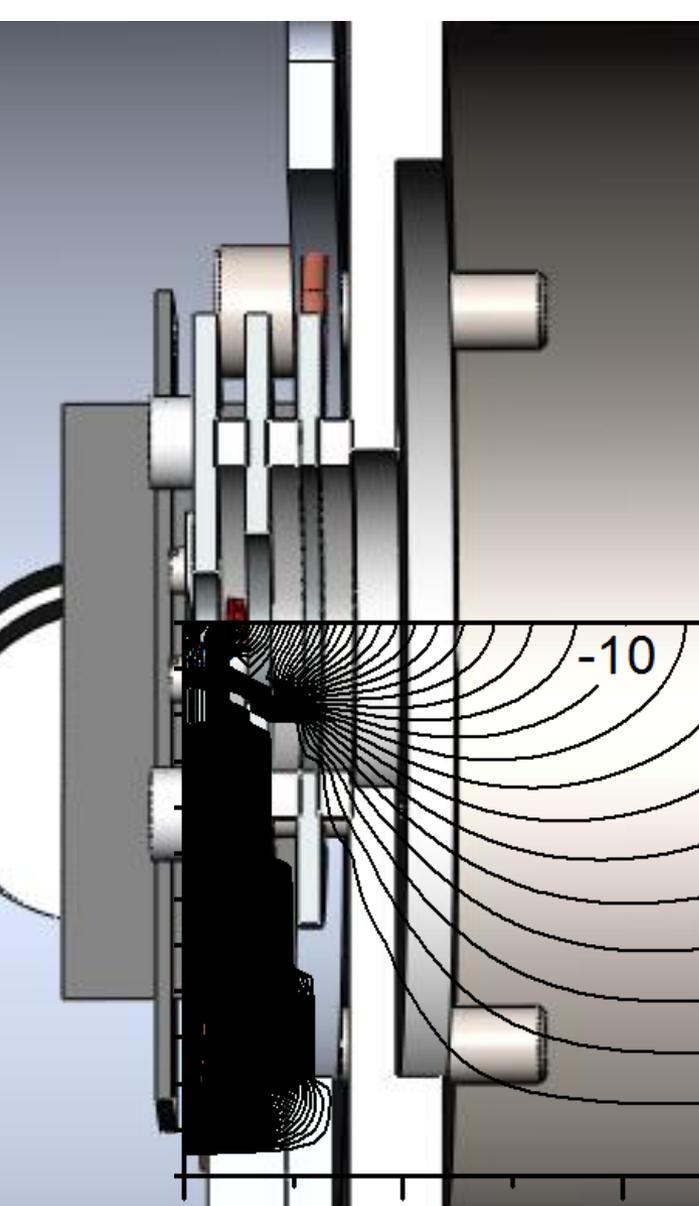
Получение ионов изомера тория

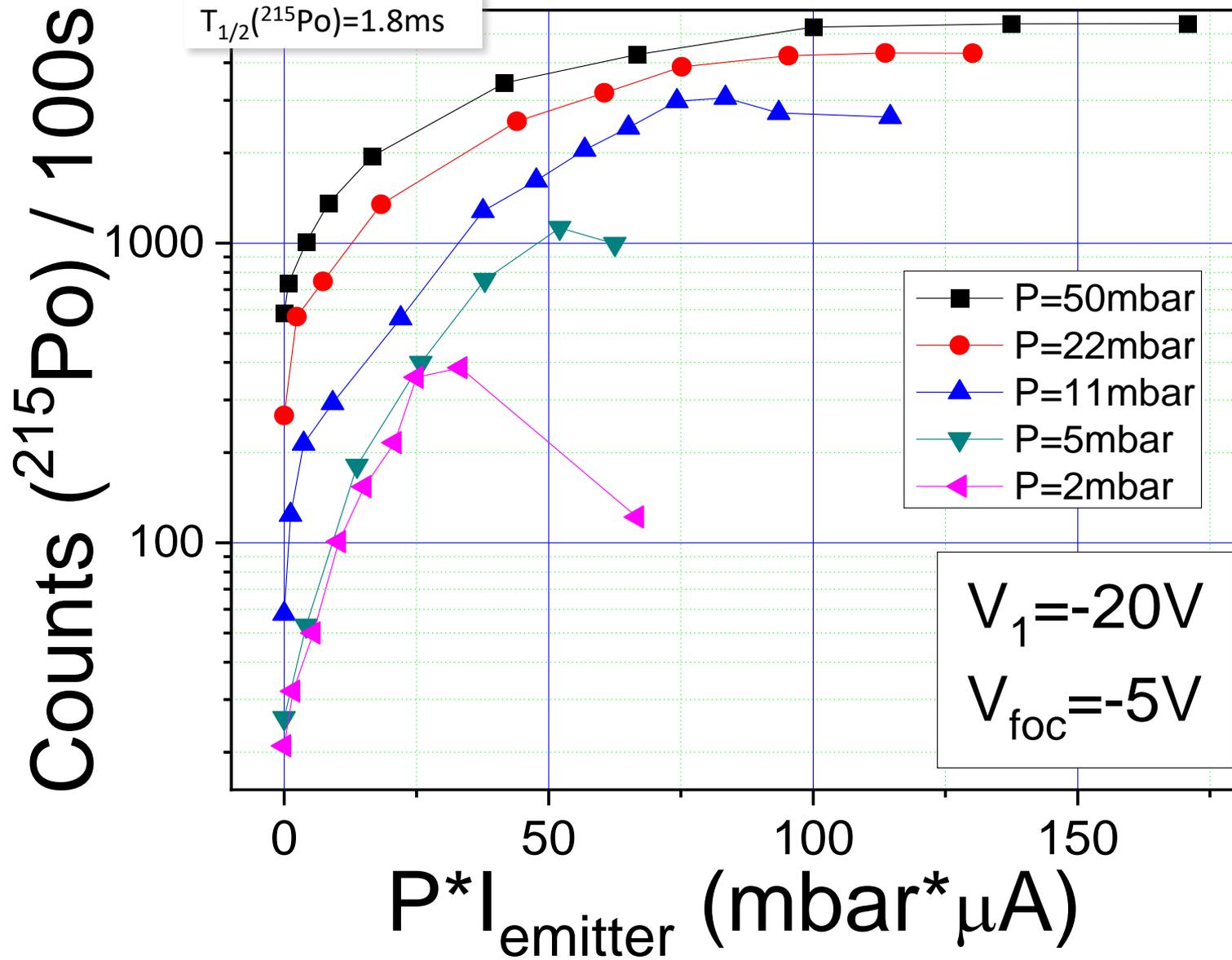


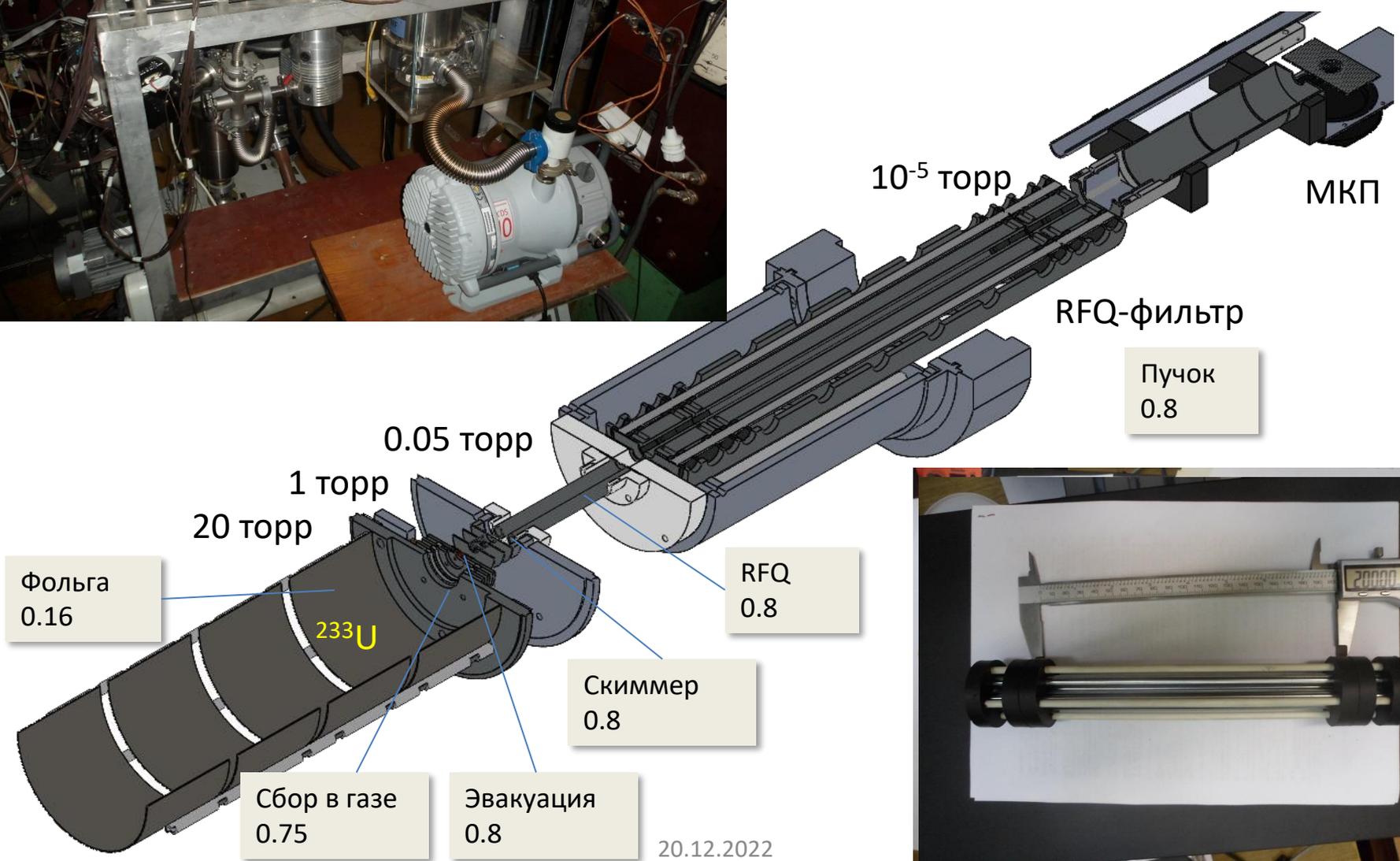
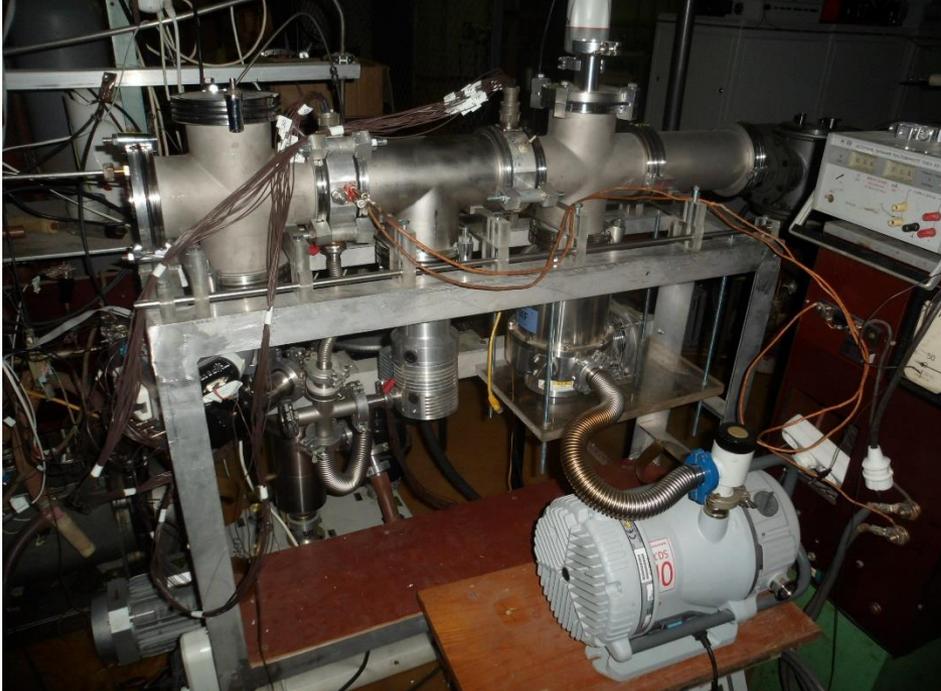
	LMU (2015) (RF-funnel)	JYFL (2007) (электронный эмиттер)
Th^+	0.34%	1.6%
Th^{++}	5.5%	
Th^{+++}	10%	



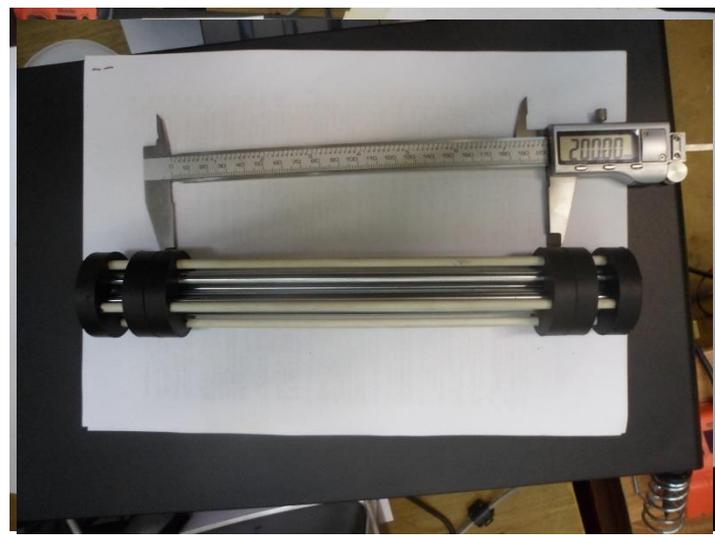
Получение однозарядных ионов Th^+







20.12.2022



Планы...

Результаты ожидавшиеся в конце 2022г.

- Изготовление источников уран-233.
- Изготовление и запуск вакуумной системы.
- Изготовление и запуск схемы очистки и снабжения гелием.
- Изготовление и запуск ионного источника с объемным зарядом.
- Получение пучка ионов нуклидов, дочерних после альфа-распада урана-233
- Изготовление и запуск фильтра масс (вч-квадруполь).
- Оптимизация параметров установки. Изготовление и запуск схемы «мягкой посадки» ионов.

План на 2023г.

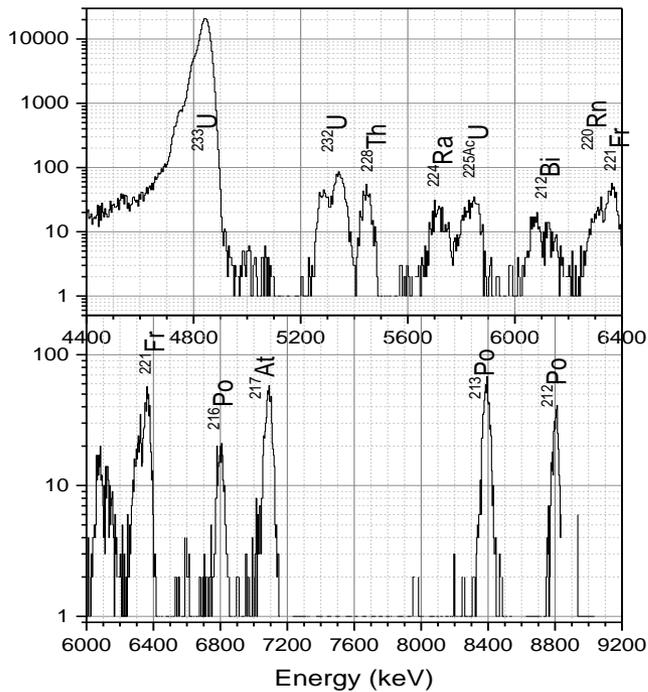
- Получение ионов $\text{Th}^{+}, ++$ и оптимизация параметров установки.
- Установка и запуск детектора конверсионных электронов.
- Отработка методов генерации ионов и регистрации электронов. Оптимизация схемы регистрации, регистрация распада изомера тория-229.
- Изготовление и запуск линейной радиочастотной ловушки - банчера ионов.
- Оценка времени жизни изомера в ловушке.

Заключение

Задачами проекта являются:

1. Создание стенда для генерации пучка 1, 2, 3-зарядных ионов основного и изомерного состояния тория-229.
2. Идентификация распада изомера через механизм электронного моста. Регистрация изомерного состояния и оценка его времени жизни однозарядном ионе тория.
3. Определение оптимальных условий для заселения изомера лазерным излучением и последующего точного определения энергии изомера.

Использование времени жизни изомера в качестве наблюдаемой при манипуляциях вероятностью распада и заселения изомера



						U230 20.8 d 0+	U231 4.2 d (5/2-)	U232 68.9 y 0+	U233 1.592E+5 5/2+
Pa224 0.79 s α	Pa225 1.7 s α	Pa226 1.8 m EC, α	Pa227 38.3 m (5/2-) EC, α	Pa228 22 h 3+ EC, α	Pa229 1.50 d (5/2+) EC, α	Pa230 17.4 d (2-) EC, β , α ,...	Pa231 32760 y 3/2- β , α	Pa232 1.31 d (2-) EC, β	
Th223 0.60 s (5/2)+ α	Th224 1.05 s 0+ EC, α	Th225 8.72 m (3/2)+ α	Th226 30.57 m 0+ α	Th227 18.72 d (1/2+) α	Th228 1.9116 y 0+ α	Th229 7340 y 5/2+ α			
Ac222 5.0 s 1- C, α	Ac223 2.10 m (5/2-) EC, α	Ac224 2.78 h 0- EC, β , α ,...	Ac225 10.0 d (3/2-) EC, β , α ,...	Ac226 29.37 h (1) EC, β , α ,...	Ac227 21.77 y 3/2- β	Ac228 6.15 h 3+ β			
Ra221 28 s 5/2+ α , ¹⁴ C	Ra222 38.0 s 0+ α , ¹⁴ C	Ra223 11.43 d 3/2+ α , ¹⁴ C	Ra224 3.66 d 0+ α , ¹⁴ C	Ra225 14.9 d 1/2+ α , ¹⁴ C	Ra226 1600 y 0+ α , ¹⁴ C	Ra227 42.2 m 3/2+ β			
Fr220 27.4 s 1+ β , α	Fr221 4.9 m 5/2- β	Fr222 14.2 m 2- β							

Rn215 2.30 Us 9/2+ α	Rn216 45 Us 0+ α	Rn217 0.54 ms 9/2+ α	Rn218 35 ms 0+ α	Rn219 3.96 s 5/2+ β , α	Rn220 55.6 s 0+ α	Rn221 25 m 7/2(+) β , α
At214 558 ns 1- α	At215 0.10 ms 9/2- α	At216 0.30 ms 1- EC, β , α ,...	At217 32.3 ms 9/2- β , α	At218 1.5 s β , α	At219 56 s β , α	At220 3.71 m 3 β , α
Po213 4.2 Us 9/2+ *	Po214 164.3 Us 0+ α	Po215 1.78 ms 9/2+ β , α	Po216 0.145 s 0+ α	Po217 10 s β , α	Po218 3.10 m 0+ β , α	
Bi212 60.55 m 1(-) *	Bi213 45.59 m 9/2- β , α	Bi214 19.9 m 1- β	Bi215 7.6 m β	Bi216 3.6 m (1-) β		

Эффективность вылета
16%

134

20.12.2022