



*Национальный исследовательский ядерный  
университет “МИФИ”  
Кафедра №11  
“Экспериментальные методы ядерной физики”*



Отчет по научно-исследовательской деятельности по теме диссертации:  
“Исследование энергетической зависимости сечения канала разрыва легких  
нейтрононизбыточных ядер по характеристическому гамма-излучению.”

**ФИО аспиранта:** Поволоцкий Марк Александрович

**Научный руководитель:** Пятков Юрий Васильевич, д.ф.-м.н., профессор

# Актуальность исследования

- Изучение экзотических нейтрононизбыточных ядер вблизи границ стабильности.
- Необходимость прецизионных данных по сечениям реакций развала.
- Развитие методик исследования ядерных реакций в условиях низких интенсивностей.

## Цель диссертации:

Экспериментальное определение энергетической зависимости сечений кулоновского и ядерного развала легких нейтрононизбыточных ядер по каналу с испусканием характеристического  $\gamma$ -излучения.

# Экспериментальная проблема и выбранная аппаратура

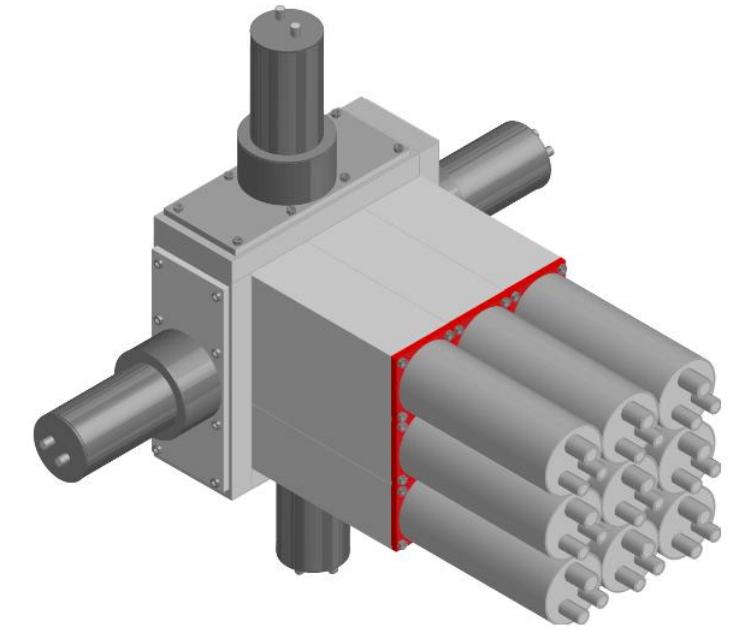
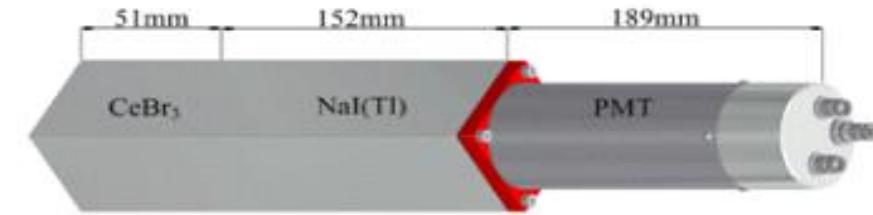
**Основная проблема:** Необходимость регистрации слабых сигналов  $\gamma$ -квантов от развала на фоне интенсивного комптоновского фона с высокой эффективностью регистрации.

**Недостатки традиционных систем (HPGe+BGO):**

- Низкая полная эффективность (относительно  $\text{CeBr}_3$ ).
- Техническая сложность эксплуатации (криогеника).

**Выбранное решение:** Антикомптоновский спектрометр на базе кластера фосвич-детекторов.

- Высокая эффективность объёмных сцинтилляторов.
- Анализ формы импульса для селекции событий.



# Алгоритм выделения событий

- **Регистрация заряда в двух окнах:**

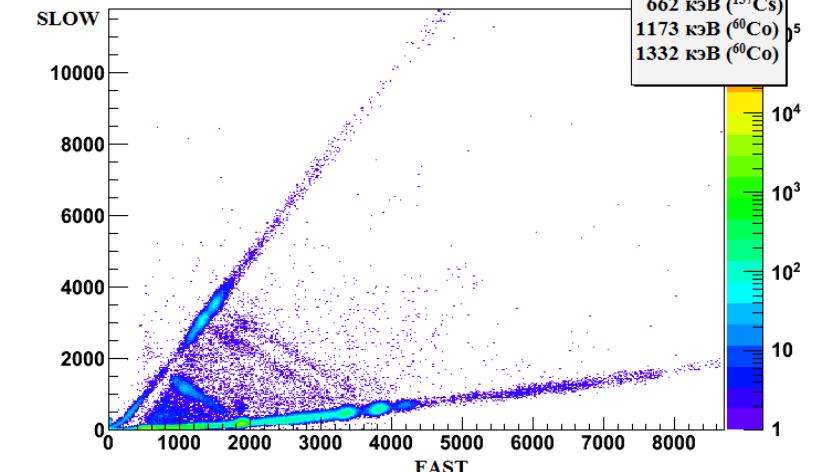
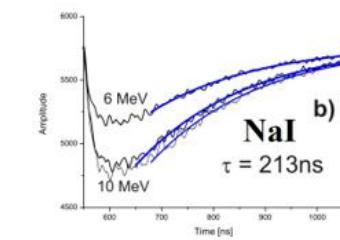
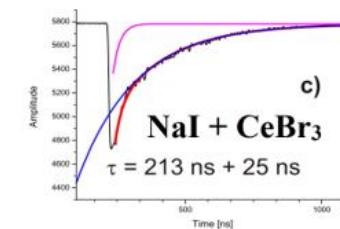
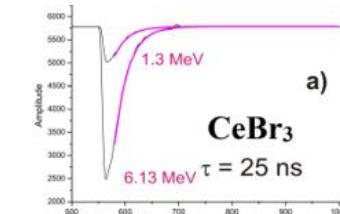
FAST ( $\sim 30$  нс, сигнал от  $\text{CeBr}_3$ ) и SLOW ( $\sim 400$  нс, сигнал от  $\text{NaI}(\text{Tl})$ ).

- **Построение 2D-спектра:** FAST vs SLOW. События чётко кластеризуются:

- Область 1: Поглощение только в  $\text{CeBr}_3$  (нужные события).
- Область 2: Поглощение только в  $\text{NaI}(\text{Tl})$ .
- Область 3: Энерговыделение в обоих кристаллах (комptonовское рассеяние).

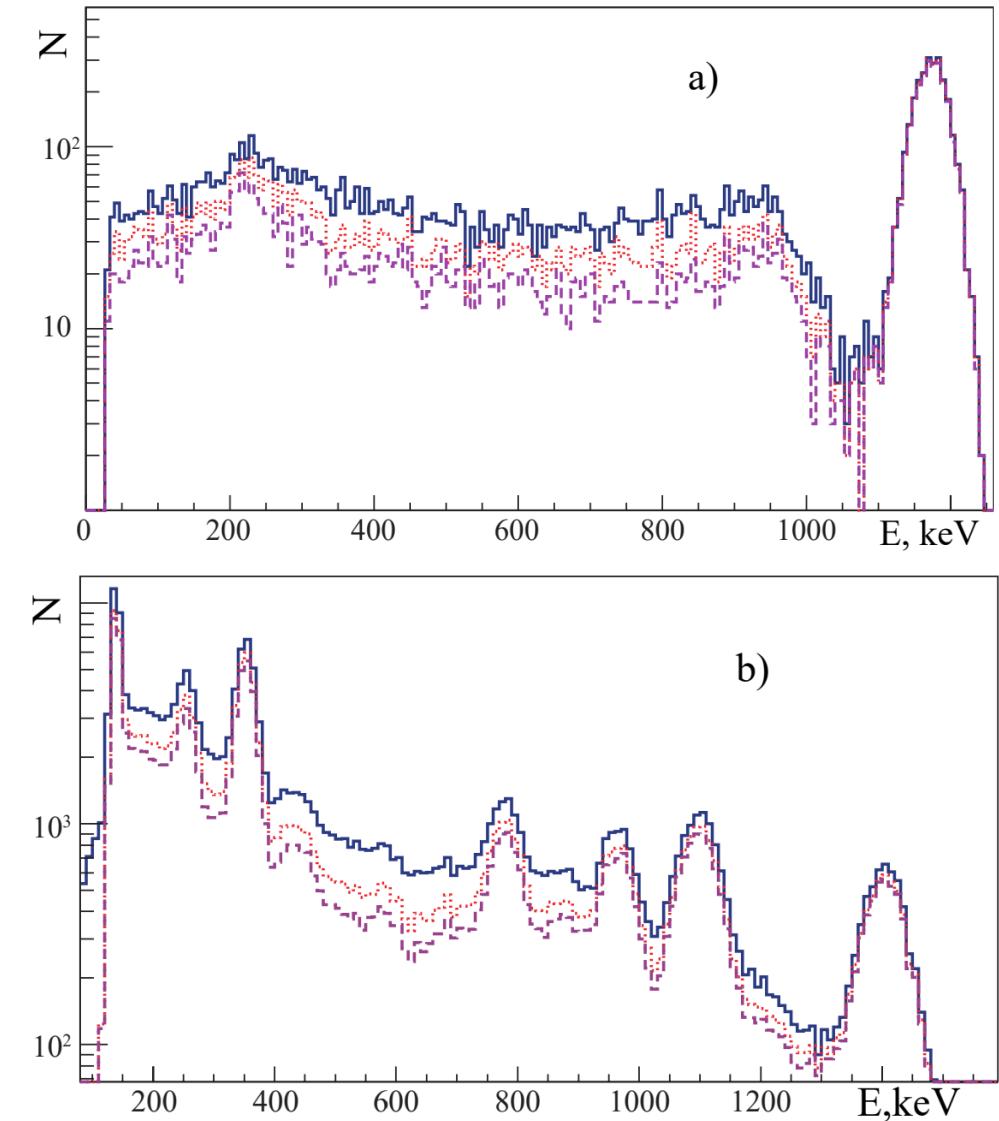
- **Многоступенчатая логика veto (для кластера):**

- Требуется сигнал только в FAST окне выбранного детектора.
- Отсутствие сигналов выше порога в соседних детекторах кластера.
- Отсутствие сигналов выше порога во внешней защите из  $\text{CsI}(\text{Tl})$ .



# Основные характеристики спектрометра

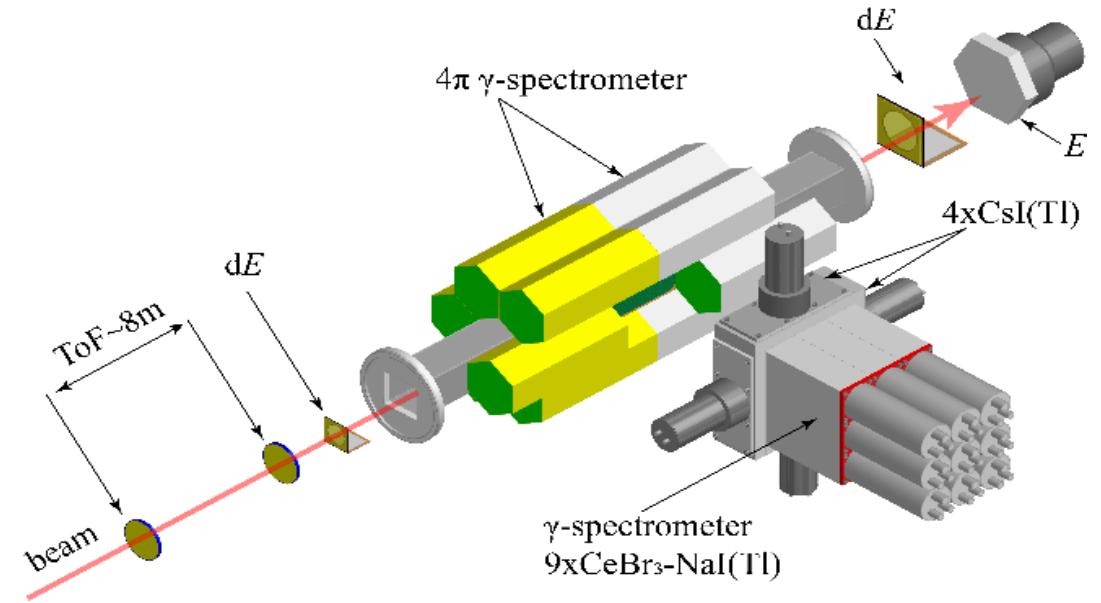
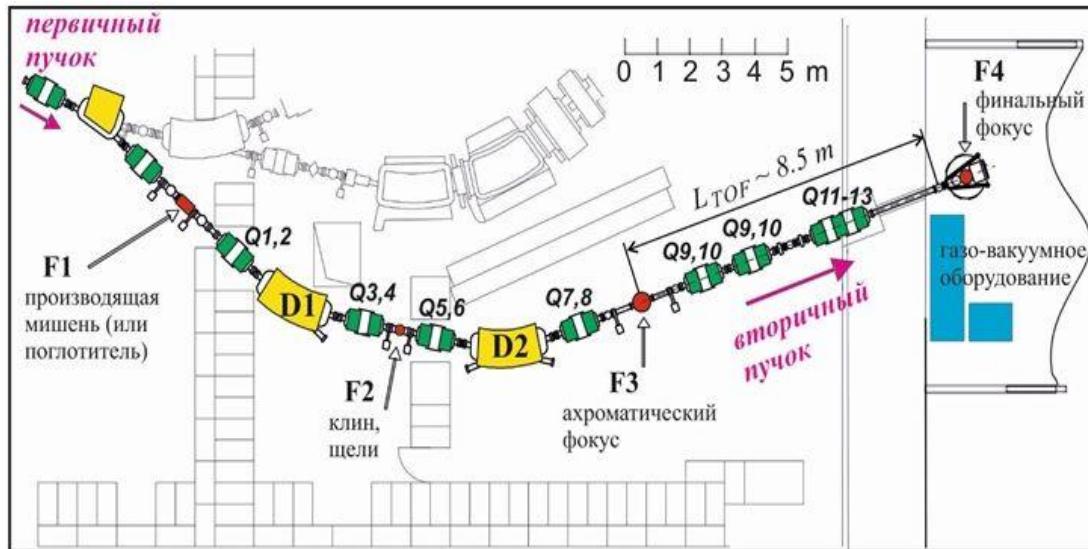
- **Энергетическое разрешение (FWHM):**  $\sim 30$  кэВ при 1 МэВ.
- **Полная эффективность в пике ( $\epsilon$ ):** 21.8% для 1.17 МэВ ( $^{60}\text{Co}$ ) на расстоянии 10 см.
- **Подавление комптоновского фона:** до 65% для  $\gamma$ -линий  $^{60}\text{Co}$ .
- Эффективность более чем в 20 раз выше, чем у стандартного HPGe-детектора при аналогичной геометрии.



# План эксперимента на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА

## Состав установки МУЛЬТИ:

- 12-детекторный  $4\pi$ -спектрометр CsI(Tl) ( $\Omega \approx 4\pi$ ).
- Антикомптоновский  $\gamma$ -спектрометр (клuster фосвич-детекторов).
- Широкоапертурный  $\Delta E - E$  телескоп переднего угла.

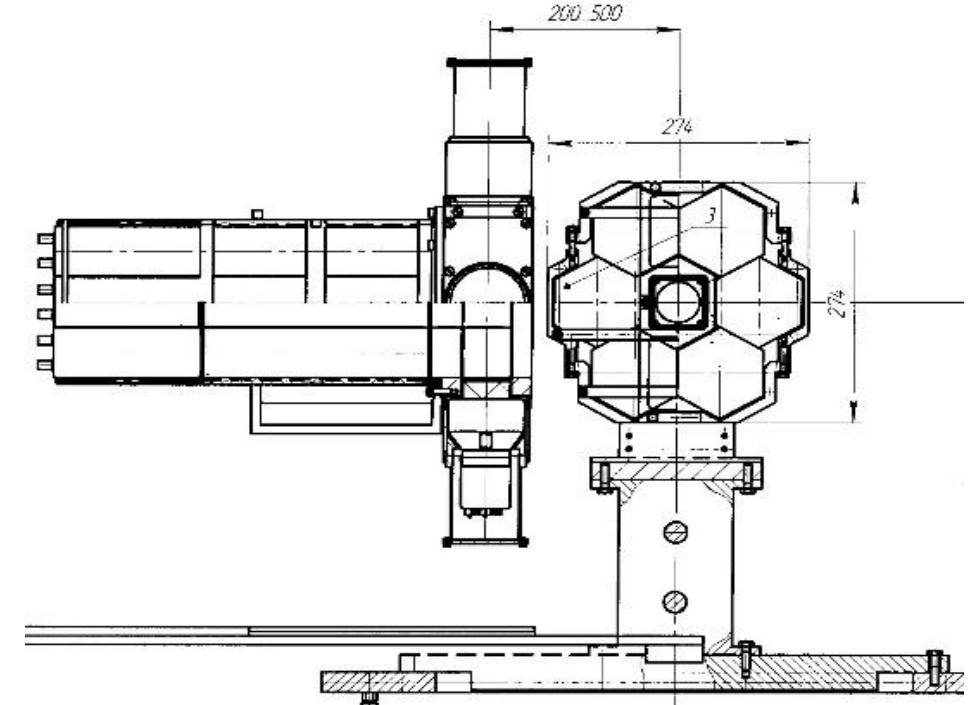


# План эксперимента на фрагмент-сепараторе АКУЛИНА

- **Основные цели:**
  - Тестирование антикомптоновского спектрометра совместно с широкоапertureнного телескопа переднего угла и 4 $\pi$ -спектрометром МУЛЬТИ.
  - Расширение возможностей установки: одновременное измерение полных сечений и сечений отдельных каналов (развал, мало-нуклонные перебросы).
  - Получение новых данных по энергетической зависимости сечений для легких нейтроноизбыточных ядер бериллия.
- **Физическая мотивация:**
  - Исследование структурных особенностей (гало, скин) на основе анализа сечений.

# Планируемые параметры и ресурсы эксперимента

- **Первичный пучок:**  $^{15}\text{N}$  (или  $^{18}\text{O}$ ).
- **Энергия:** 50 МэВ/нуклон.
- **Исследуемые вторичные пучки:**  $^{10, 11, 12}\text{Be}$ ,  $^{14}\text{B}$ ,  $^{15}\text{C}$ .
- **Мишень:**  $^{28}\text{Si}$



# План работ и перспективы

## Итоги 1-го полугодия:

- **Изучение методической базы:** Детальный анализ принципов антикомптоновской  $\gamma$ -спектроскопии на основе фосвич-детекторов и изучение конструкции установки МУЛЬТИ.
- **Подготовка к эксперименту:** Активное участие в подготовительных работах — сборка, настройка и калибровка ключевых элементов установки:
  - Широкоапертурного  $\Delta E$ - $E$  телескопа переднего угла.
  - Антикомптоновского  $\gamma$ -спектрометра на базе кластера фосвич-детекторов.
- **Начало моделирования:** Создание базовой Geant4-модели для отработки методик анализа.

## План работ на следующий период:

- **Развитие моделирования** — переход к модели полной установки для оценки эффективности и фона.
- **Дополнительная подготовка аппаратуры** — участие в финальных калибровочных измерениях спектрометра и отладка алгоритмов отбора событий.
- **Участие в эксперименте** — монтаж, наладка и проведение измерений на сепараторе АКУЛИНА по утверждённому протоколу.
- **Обработка и анализ данных** — применение разработанных методик для выделения сигналов, расчёта сечений и интерпретации результатов.

## Перспективная цель:

- Получение первых экспериментальных данных по энергетической зависимости сечения развала для ядер-кандидатов ( $^{14}\text{B}$ ,  $^{17}\text{C}$ ) и подготовка к публикации результатов.

Спасибо за внимание