

# Предварительный отчет группы ФИАН.

M.Zavertyaev

[zavertyaevmv@lebedev.ru](mailto:zavertyaevmv@lebedev.ru)

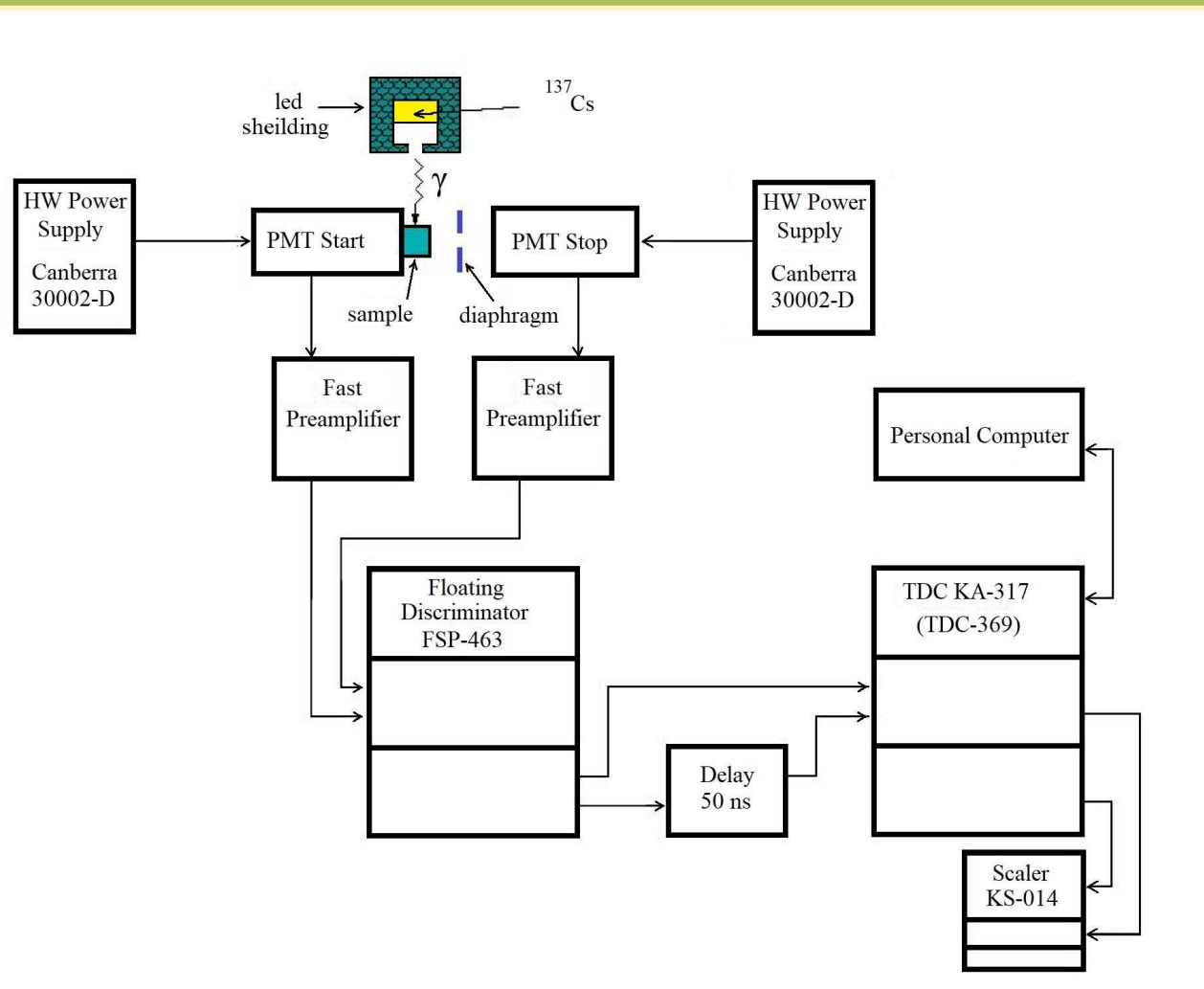
October 10, 2023



Две тематики:

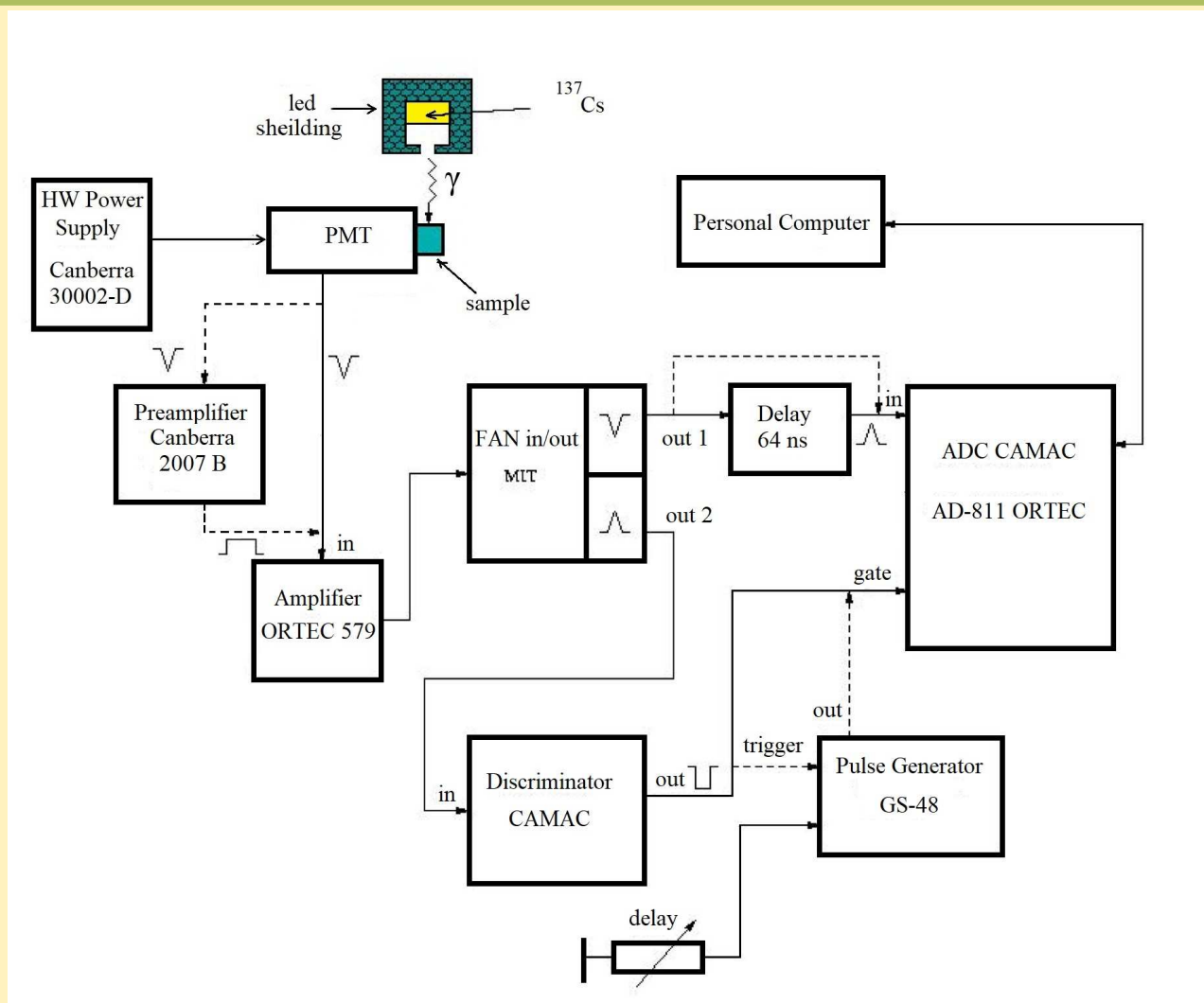
1. Радиационно стойкие кристаллы.
  - 1.a Установки, образцы. - Белов М.В.
  - 1.b MC моделирование энерговыделеия. - Цхай С.И.
  
2. Поиск  $\phi(1020)$ 
  - 2.a Реконструкция вершины. Завертяев М.В.
  - 2.b Идентификация типа частицы.
  - 2.c Исследование триггера в собатаях с парами частиц.
  - 2.c Оптимизация алгоритма реконструкция вершины. - Драпезо И.А.

# Время высвечивания блок - схема установки.



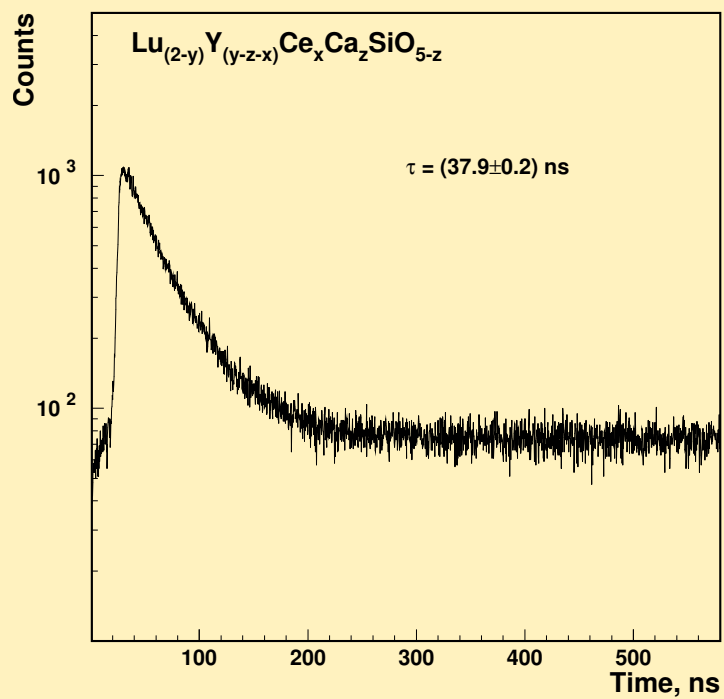
Блок-схема установки для определения времени высвечивания  
сцинтилляционных кристаллов.

# Световыход кристаллов блок - схема установки.

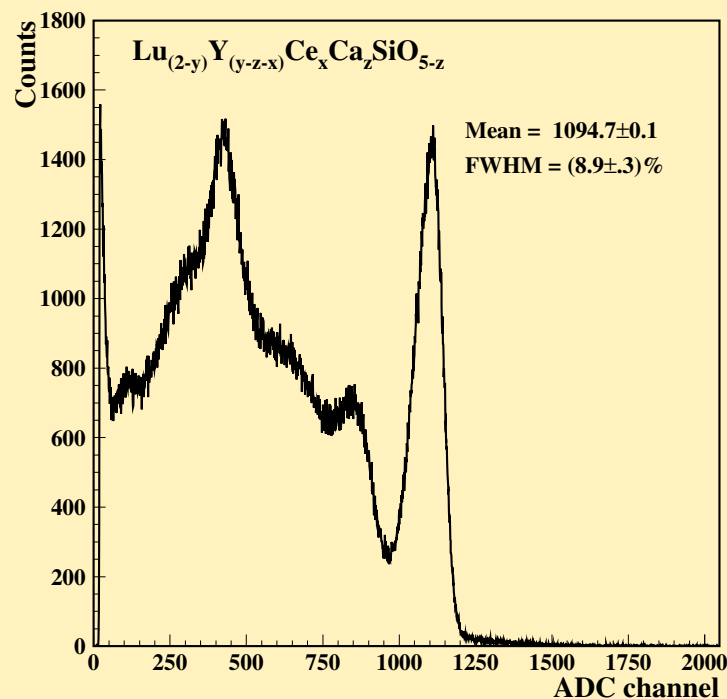


Блок-схема установки для определения световыхода сцинтилляционных кристаллов.

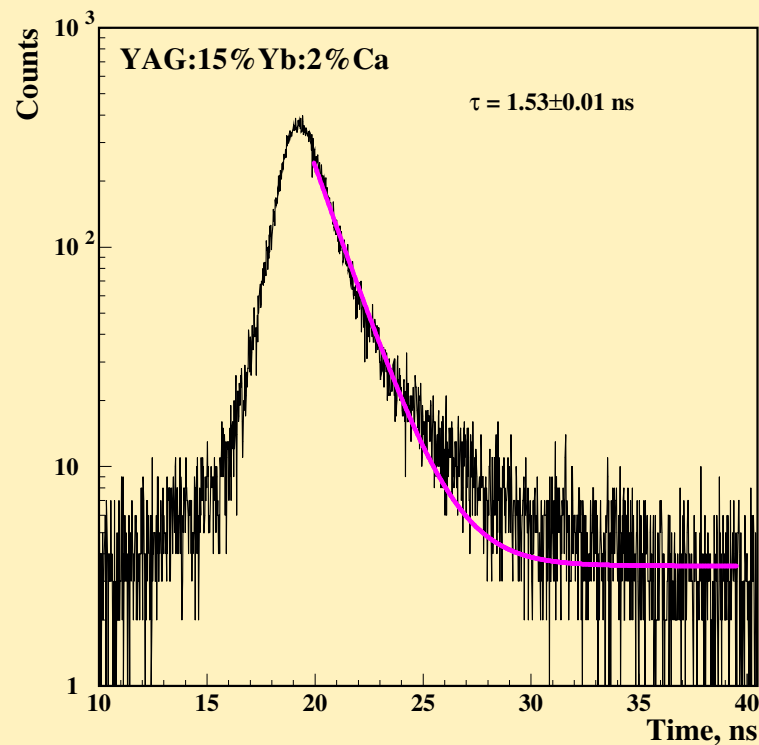
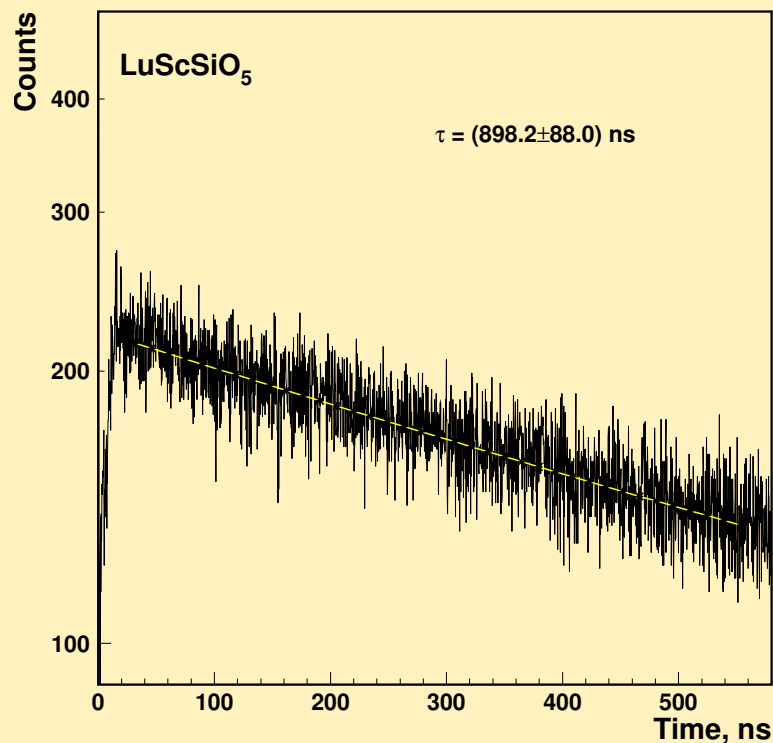
# Время высвечивания и световой ход кристаллов.



Спектр времени высвечивания для  
сцинтилляционного кристалла.

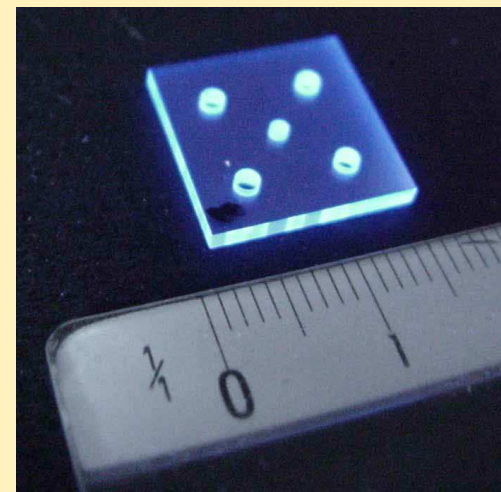
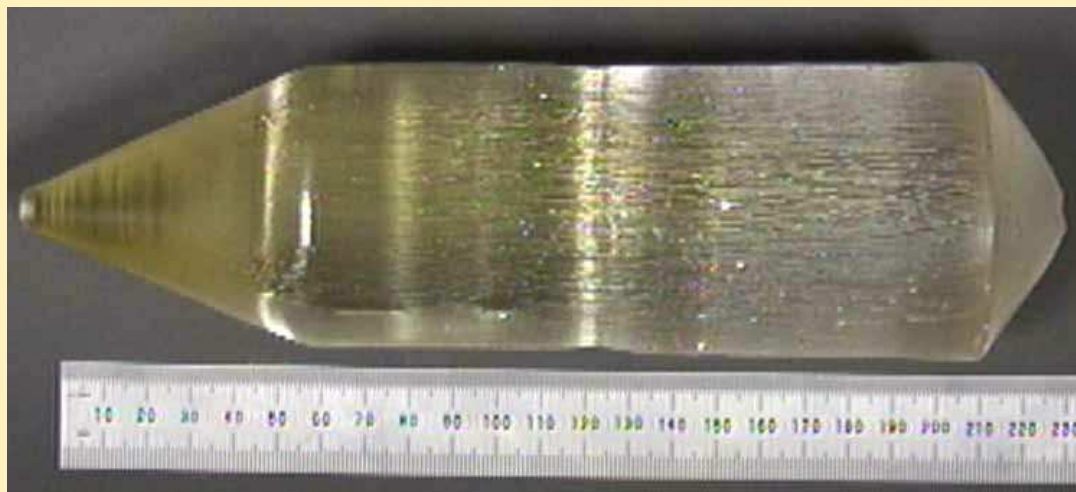


Амплитудное распределение  
сцинтиллятора  
 $\text{Lu}_{(2-y)}\text{Y}_{(y-z-x)}\text{Ce}_x\text{Ca}_z\text{SiO}_{5-z}$ ,  
полученное с помощью  
источника  $^{137}\text{Cs}$ .



Спектры времени высвечивания сцинтилляторов, облучаемых источником <sup>137</sup>Cs.

# Образцы кристаллов.



Слева: кристалл  $Lu_{(2-y)}Y_{(y-z-x)}Ce_xCa_zSiO_{5-z}$  с диаметром цилиндрической части 65 мм

Справо: элемент из кристалла  $Lu_{(2-y)}Y_{(y-z-x)}Ce_xCa_zSiO_{5-z}$  размером  $14 \times 14 \times 2 \text{ mm}^3$  с отверстиями.

Предполагается исследовать радиационную стойкость и оптические свойства новых радиационных кристаллов облучаемых тяжелыми ионами в эксперименте BM@N. Рациональным шагом в проведении исследования представляется проведение Монте Карло моделирования свойств кристаллов. На данном этапе таким параметром было выбрано энерговыделение в кристаллах.

Моделировалось энерговыделение в кристаллах при их облучении ионами  $C^{12}$  и  $Xe^{131}$  при энергиях 4.5 ГэВ/нуклон и 3.6 ГэВ/нуклон.

Расчеты проводились в рамках пакета GEANT-4.10, результаты расчетов представляются в графическом виде на основе версии ROOT-6.28. Разработано соответствующее математическое обеспечение.

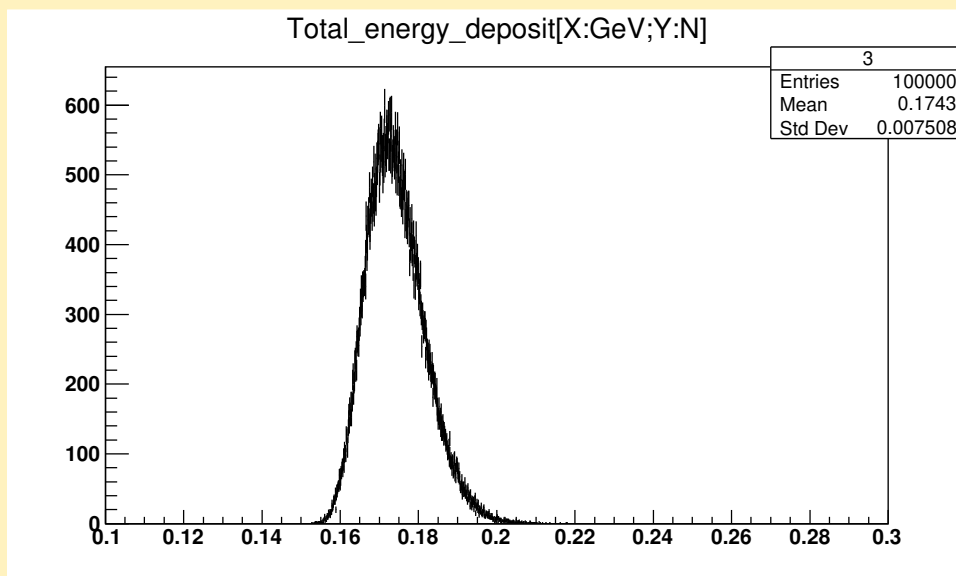


# Таблица кристаллов.

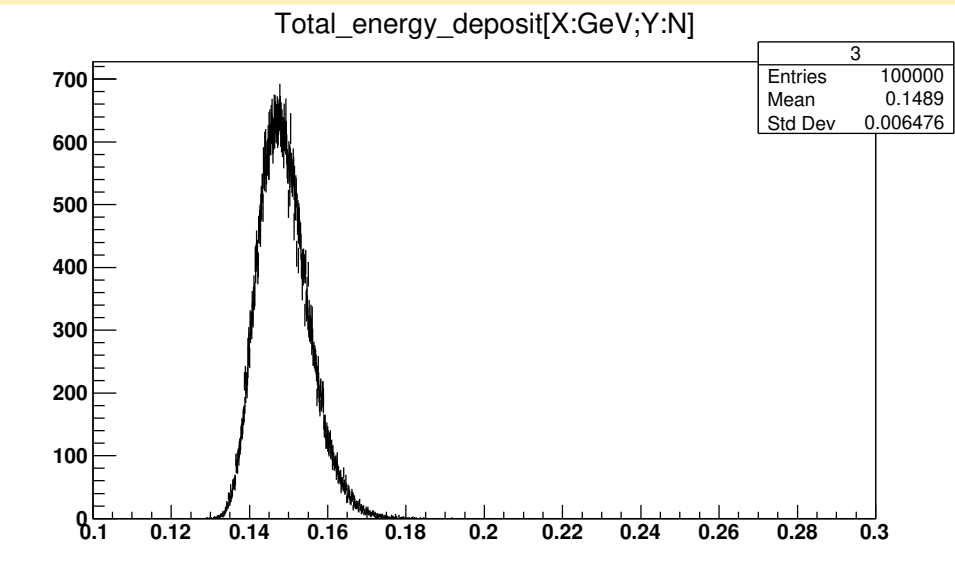


1	Материал	LSO	$CeF_3$	$NaBi(WO_4)_2$	BC408
2	Плотность (г/см <sup>3</sup> )	7.1	6.16	7.57	1.05
2	Радиационная длинна, X0 (см)	1.19	2.03	1.03	390
4	Световыход (фотонов/МэВ)	38000	2000	400-500	8700-10440
5	Время высвечивания (нс)	35	5/30	20	2.5
6	Максимум эмиссии (нм)	425	310/340	520	425
7	Показатель преломления	1.81	1.62	2.31	1.58
8	Радиационная стойкость	$10^6$	$10^7$	$10^7$	$10^3$

# Энерговыделение в кристаллах LSO и CeF<sub>3</sub>.

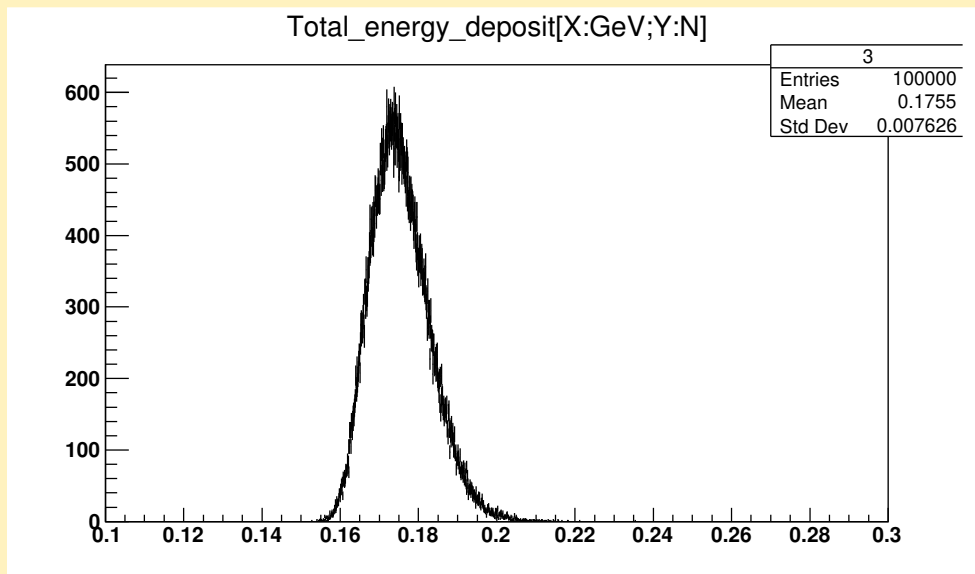


Распределение потерь энергии ионом  
C<sup>12</sup> 4.5 ГэВ/нуклон в 5 мм кристалле  
LSO.

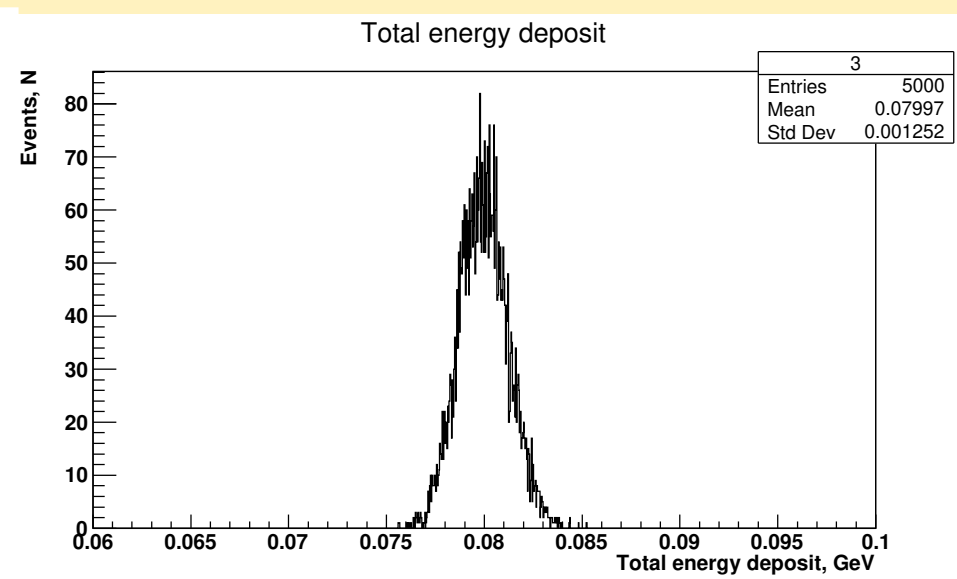


Распределение потерь энергии  
ионом C<sup>12</sup> 4.5 ГэВ/нуклон в 5 мм  
кристалле CeF<sub>3</sub>.

# Энерговыделение в кристаллах $\text{NaBi}(\text{WO}_4)_2$ и BC408 .

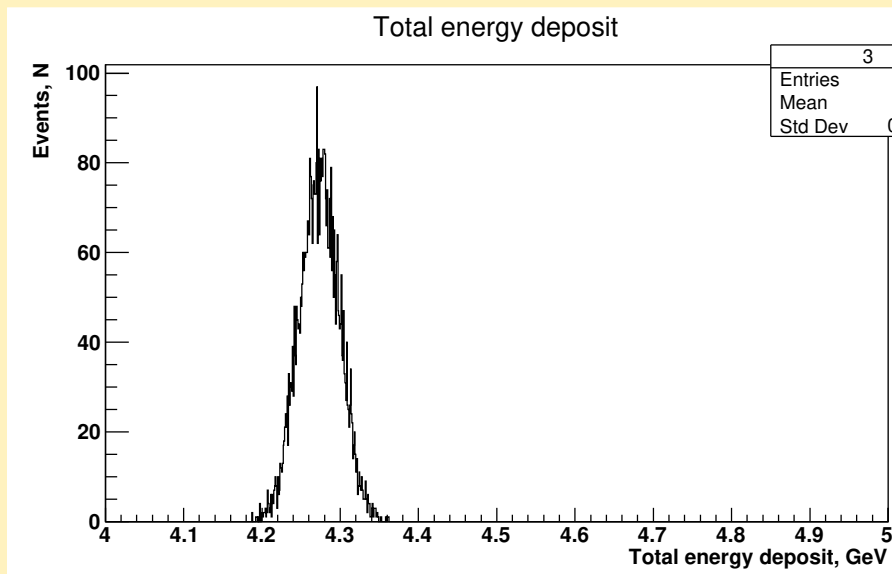


Распределение потерь энергии ионом  $\text{C}^{12}$  4.5 ГэВ/нуклон в 5 мм кристалле  $\text{NaBi}(\text{WO}_4)_2$ .

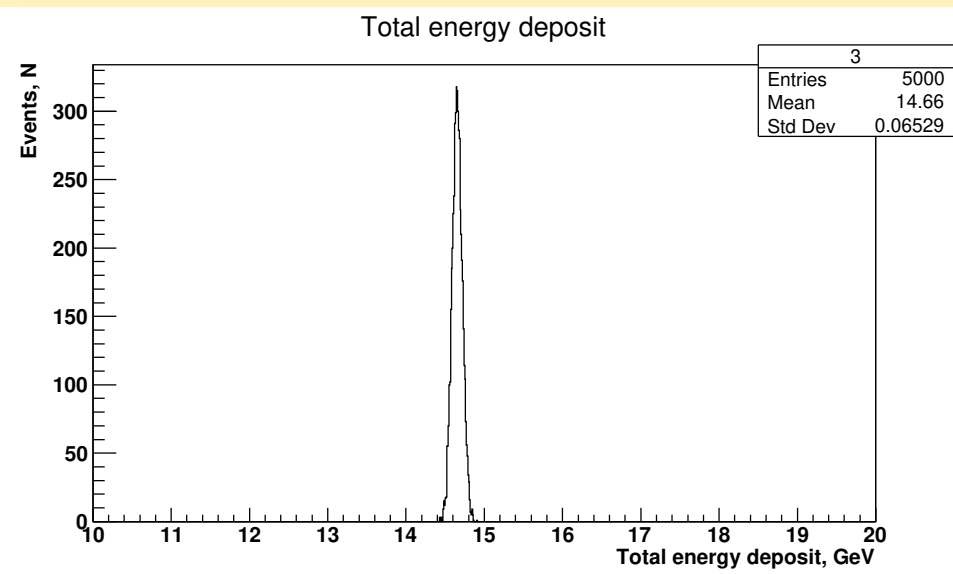


Распределение потерь энергии ионом  $\text{Xe}^{131}$  3.8 ГэВ/нуклон в 150 мкм пленке BC408.

# Энерговыведение в кристалле LSO .



Распределение потерь энергии ионом  
 $\text{Xe}^{131}$  3.8 ГэВ/нуклон в 1.5 мм  
кристалле LSO.



Распределение потерь энергии  
ионом  $\text{Xe}^{131}$  3.8 ГэВ/нуклон в 5  
мм кристалле LSO.

В процедуре поиска сигналов от распада  $\phi(1020) \rightarrow K^+k^-$  существуют ряд критически важных этапов:

1. Поиск первичной вершины взаимодействия с максимальной точностью.
2. Идентификация типа частицы - заряженных каонов.
3. Обработка событий с большой множественностью заряженных треков.

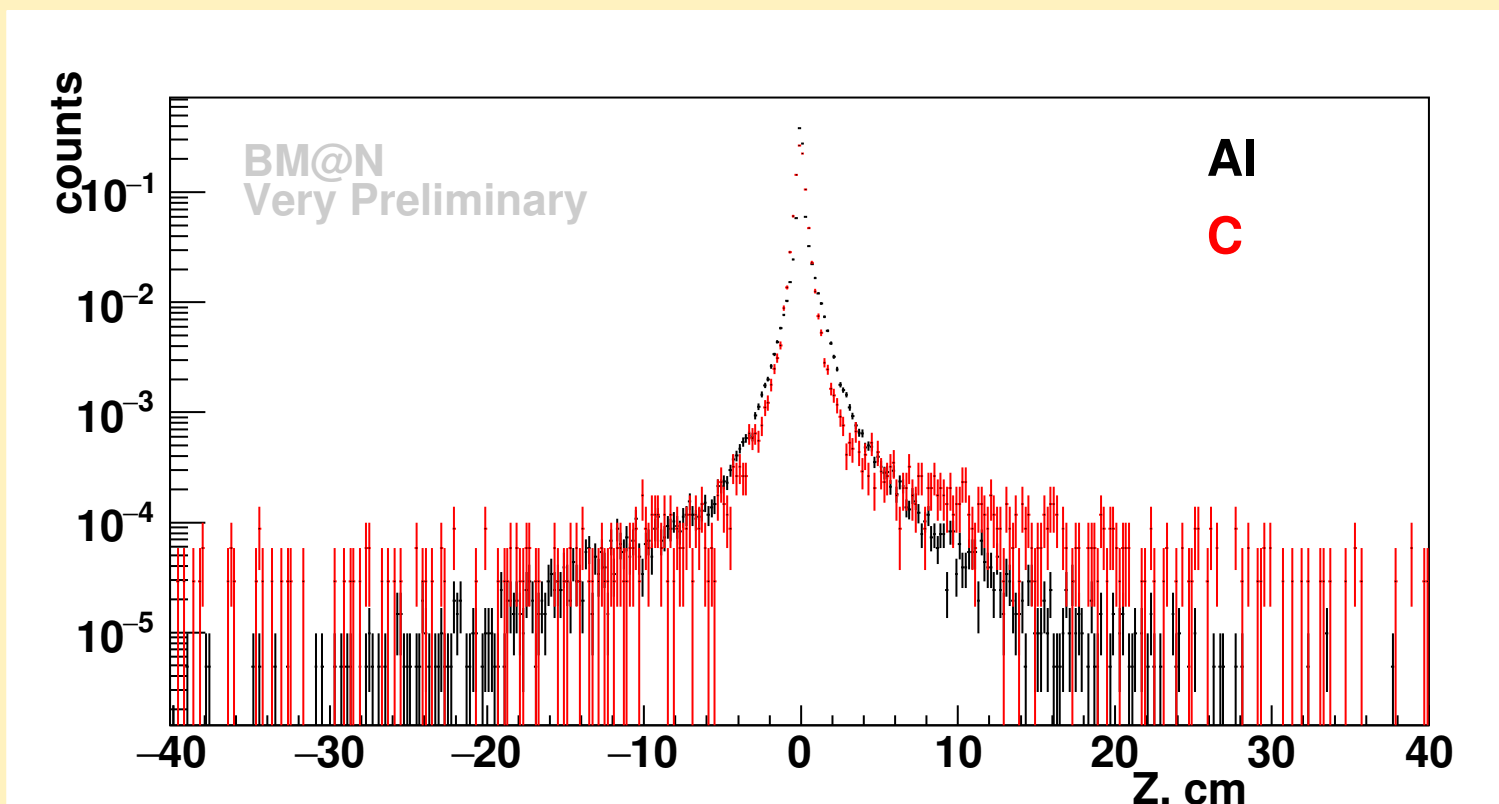
# Поиск первичной вершины, метод.



Алгоритм поиска состоит в полном переборе всех комбинаций заряженных треков в событии и таким образом единообразно восстанавливаются все вершины в событии.

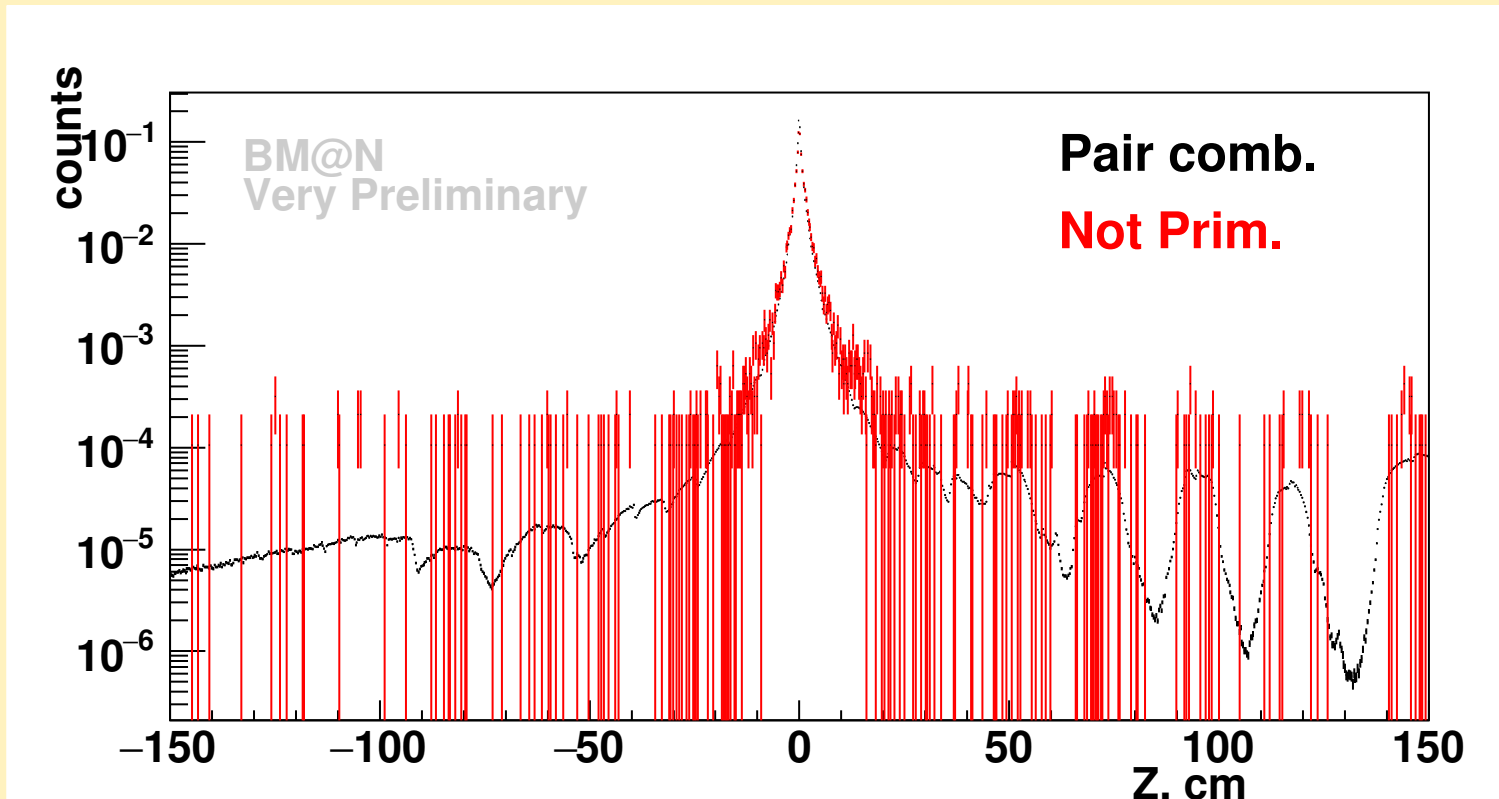
Проблема метода большое число пререборов  $C_n^k$  в случае многотрековых событий, что делает время обработки недопустимо большим.

# 1. Поиск первичной вершины, результат.



Распределение  $Z$  координат первичной вершины, восстановленных двумя алгоритмами: черный - стандартный, красный - комбинаторный.

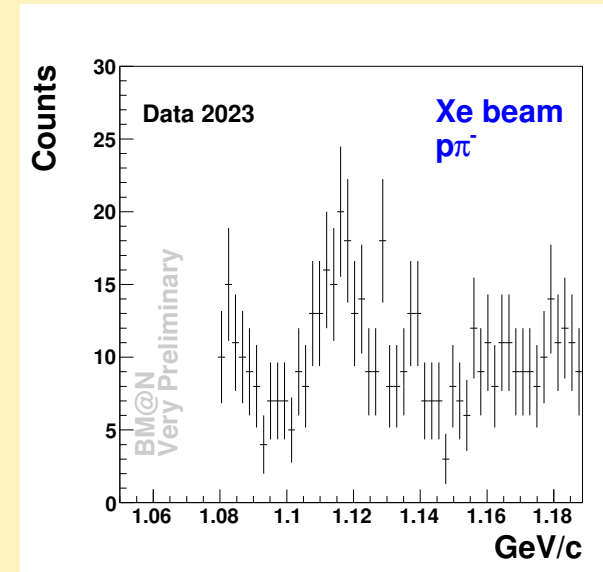
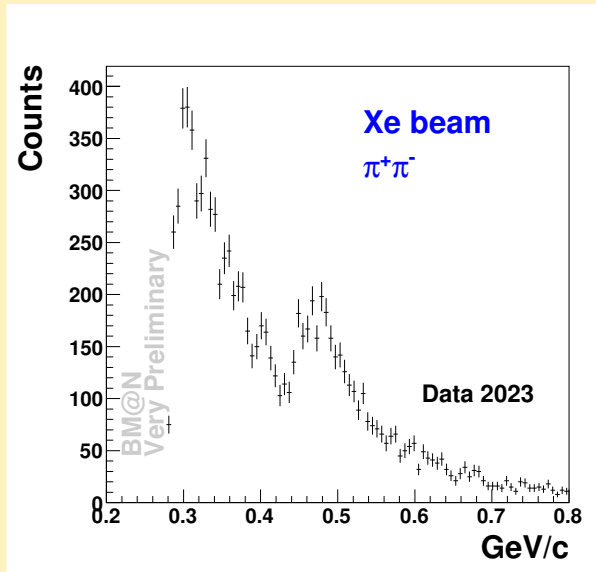
## 2. Поиск первичной вершины, результат.



Сравнение  $Z$  координат вторичной вершины, восстановленных двумя алгоритмами: красный - комбинаторный, черный - парные комбинации треков, исключая треки из первичной вершины.

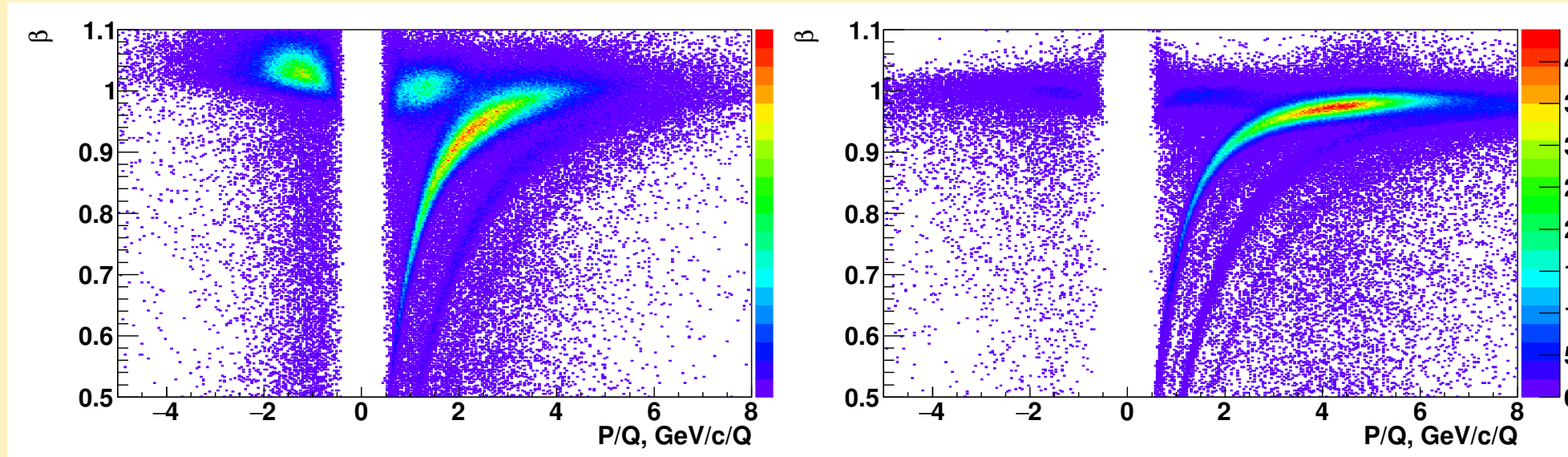


### 3. Предварительный результат.



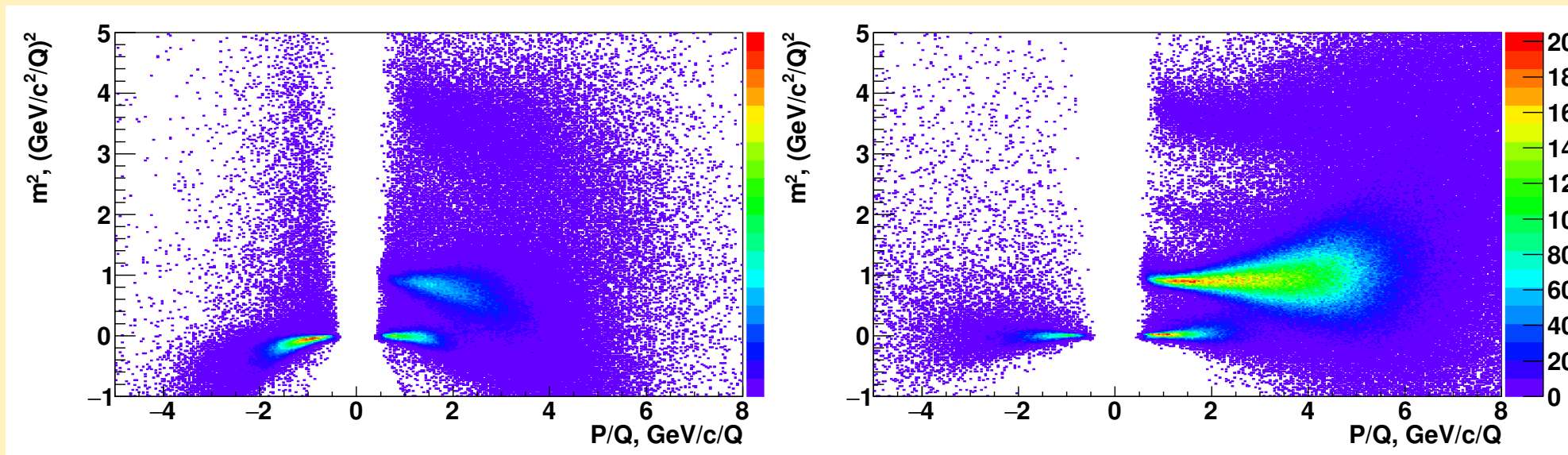
Распределение по инвариантной массе парных комбинаций разнозаряженных треков. Присутствуют сигналы от распадов  $K_S^0$  (слева) и  $\Lambda$  (справа).

## 3. Идентификация тип частицы.



Распределение скорости частицы по импульсу с учетом знака заряда TOF-400 (слева) и TOF-700 (справа).

### 3. Идентификация тип частицы.



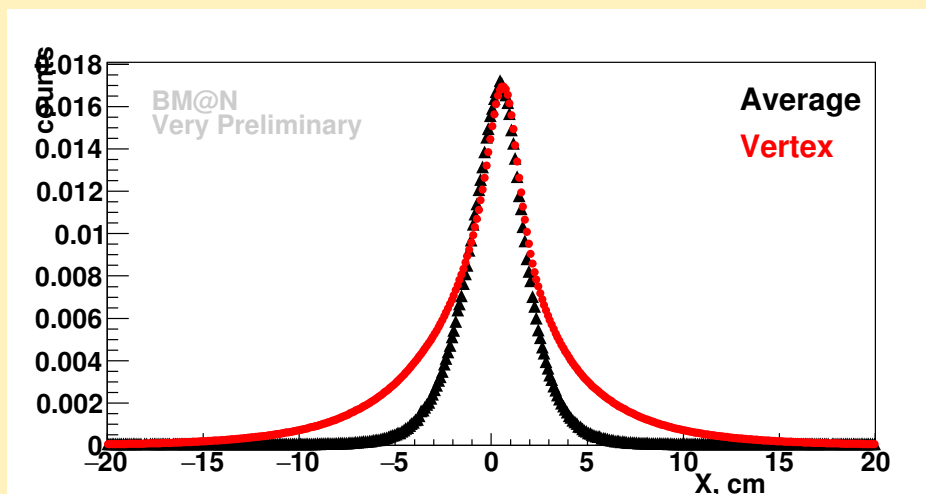
Распределение квадрата инвариантной массы по импульсу с учетом знака заряда TOF-400 (слева) и TOF-700 (справа).

# Многотрековые события // подавление множественности.

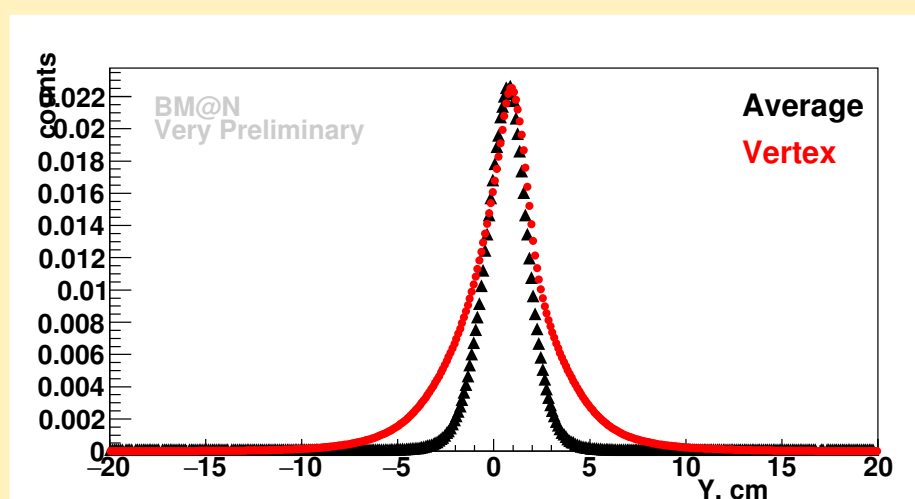


Суть процедуры заключается в том, что полная группа треков разбивается на несолько подгрупп с фиксированным числом треков, для каждой из которых определяется положение прото-вершины для данной подгруппы. На основе полученных координат прото-вершин вычисляется среднее значение, которое рассматриваются как приближенное положение искомой вершины. Все треки, отклоняющиеся от найденных средних значений более чем на определенное расстояние, исключаются из рассмотрения.

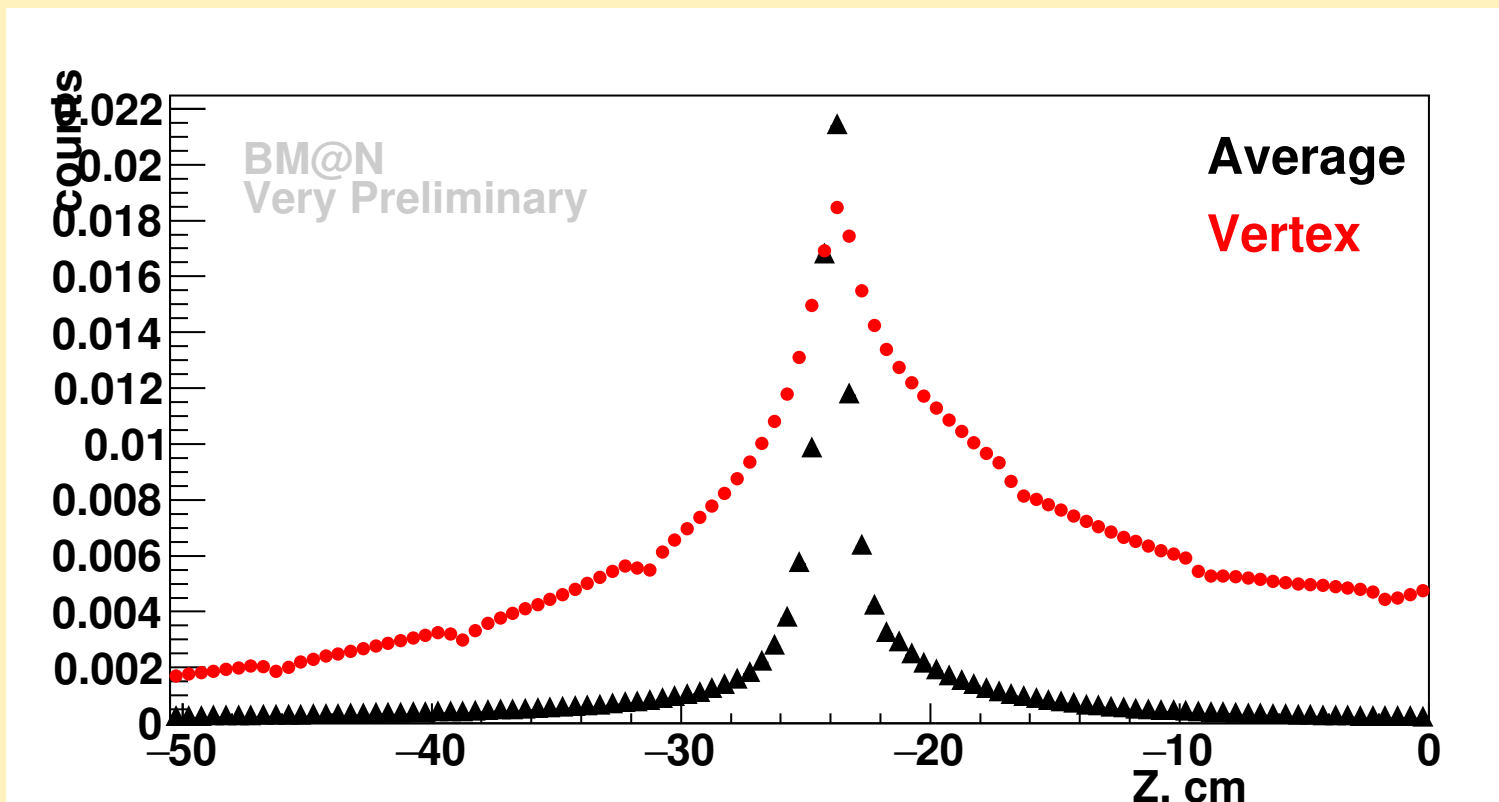
# Положение среднего - $X/Y$ .



Распределение  $X$  координат  
первичной вершины,  
восстановленных двумя  
алгоритмами: черный - ускоренной,  
красный - комбинаторный.

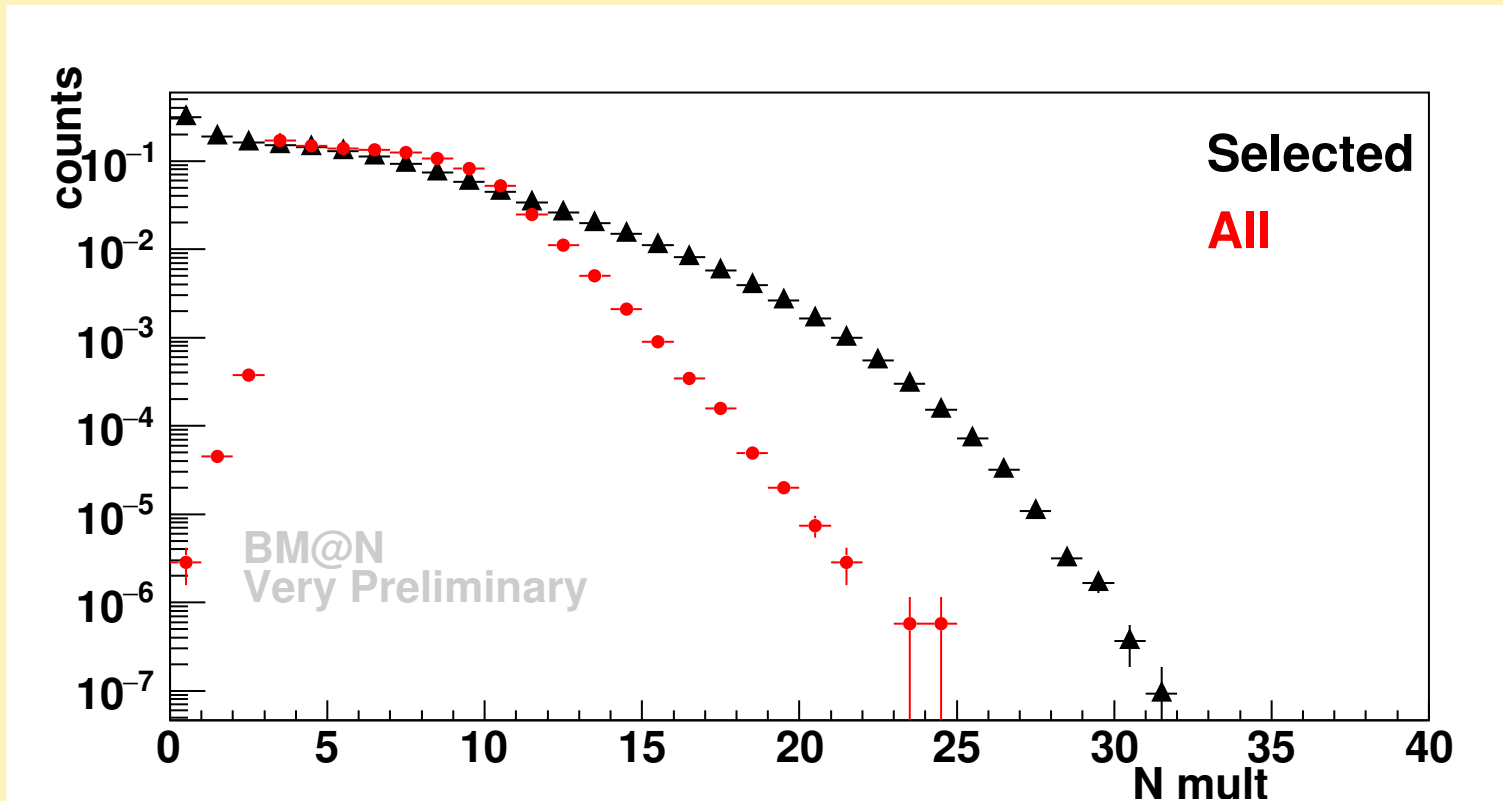


Распределение  $Y$  координат  
первичной вершины,  
восстановленных двумя  
алгоритмами: черный -  
ускоренной, красный -  
комбинаторный.



Распределение  $Y$  координат первичной вершины, восстановленных двумя алгоритмами: черный - ускоренной, красный - комбинаторный.

# Подавление множественности.

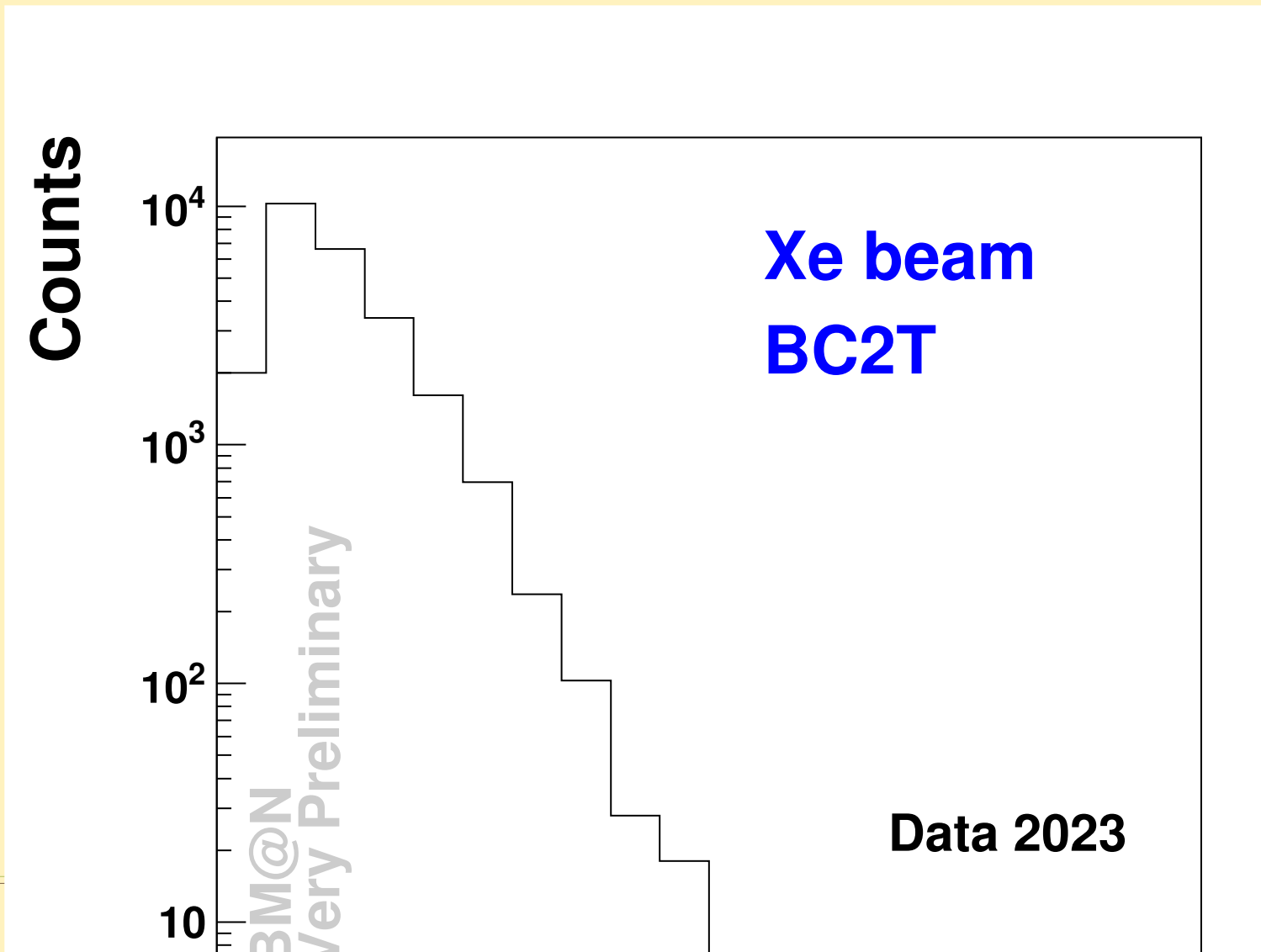


Множественности треков в событии: красный - подавленные, красный - исходный.

# Множественность сигналов в триггерном элементе $BC_2$ .

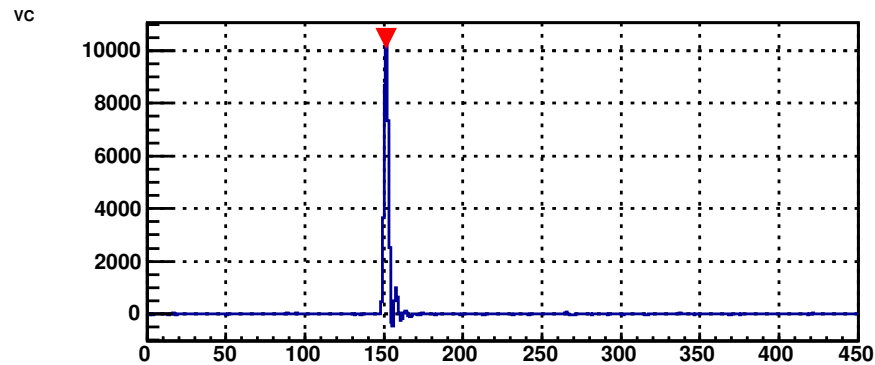
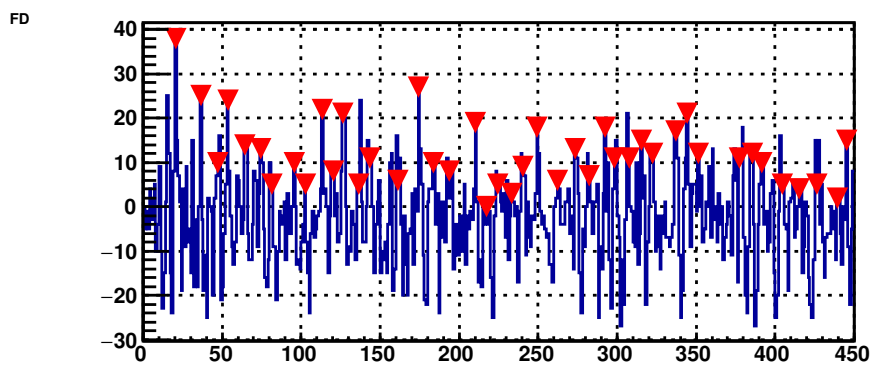
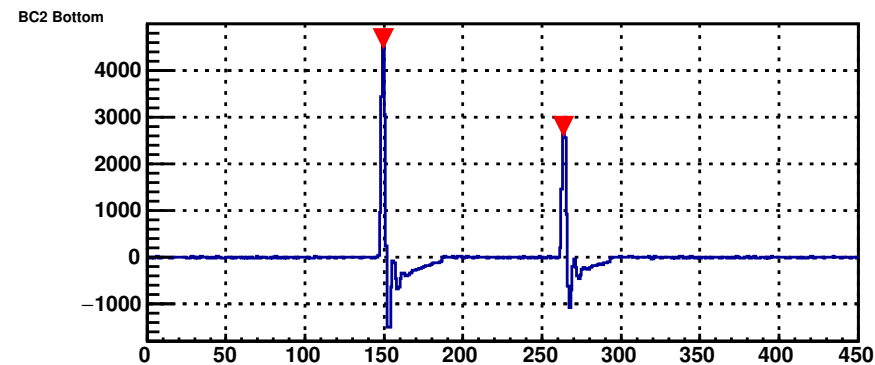
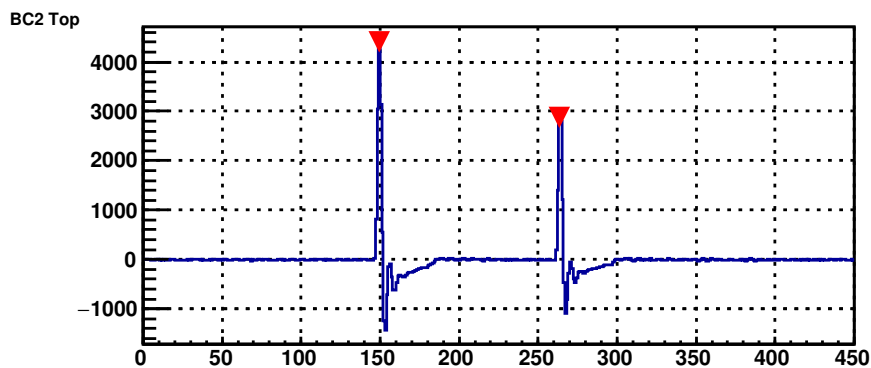
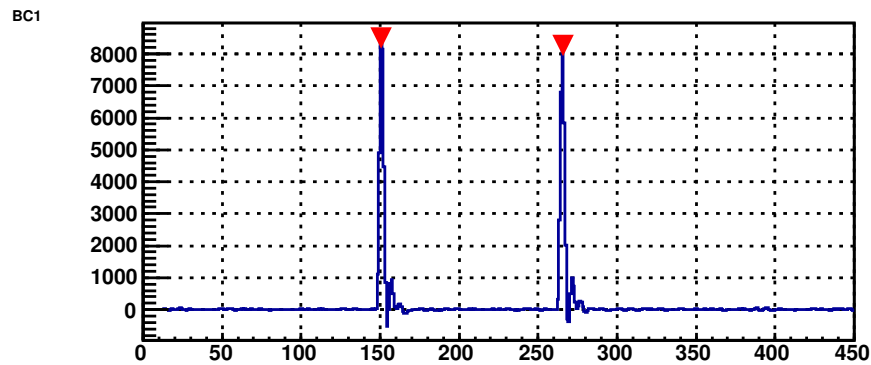


Анализируя множественные сигналы в триггерных элементах, уточнить значение  $T_0$  при наложении сигнала от нескольких частиц на триггерный сигнал.

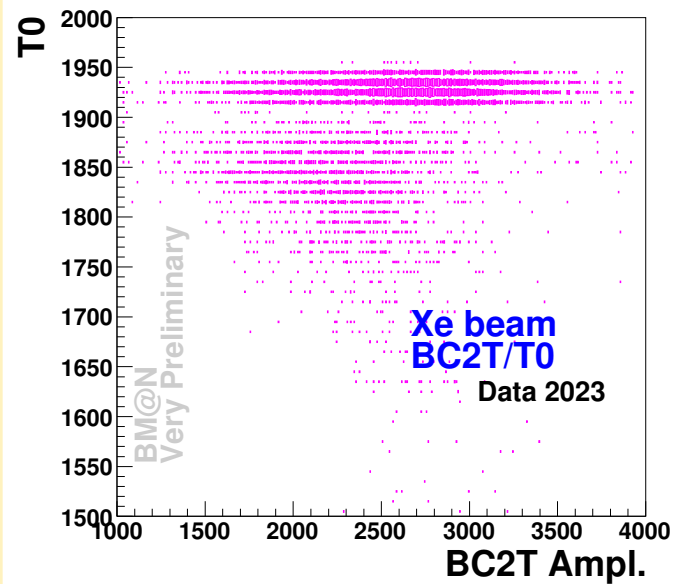
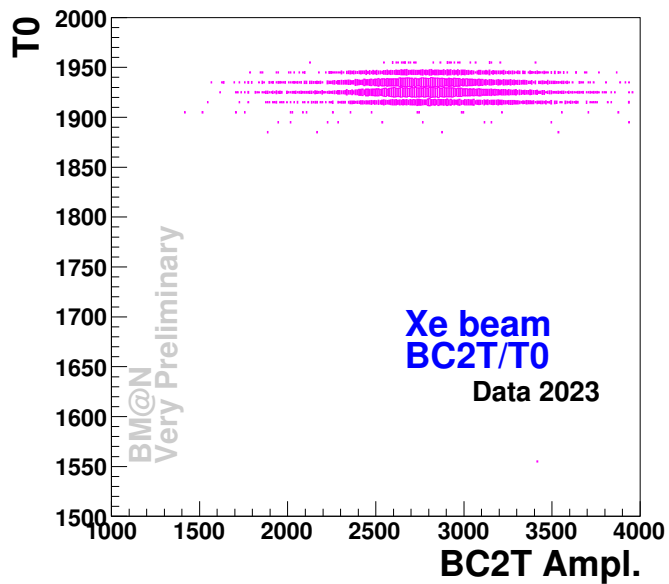




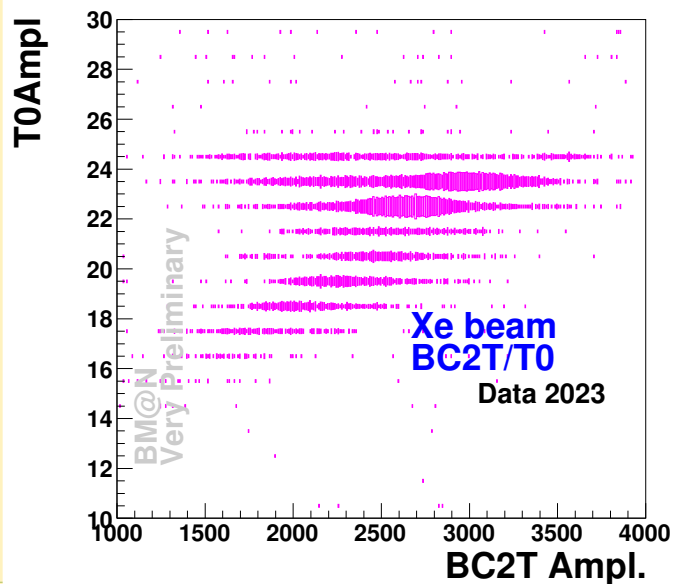
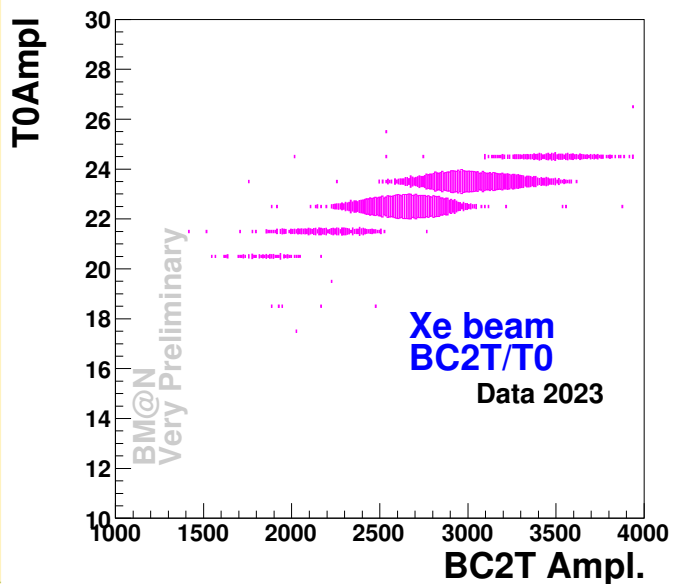
# Сигнал от 2-х частиц в триггерных элементах.



# Распределения амплитудных и временных корреляций.

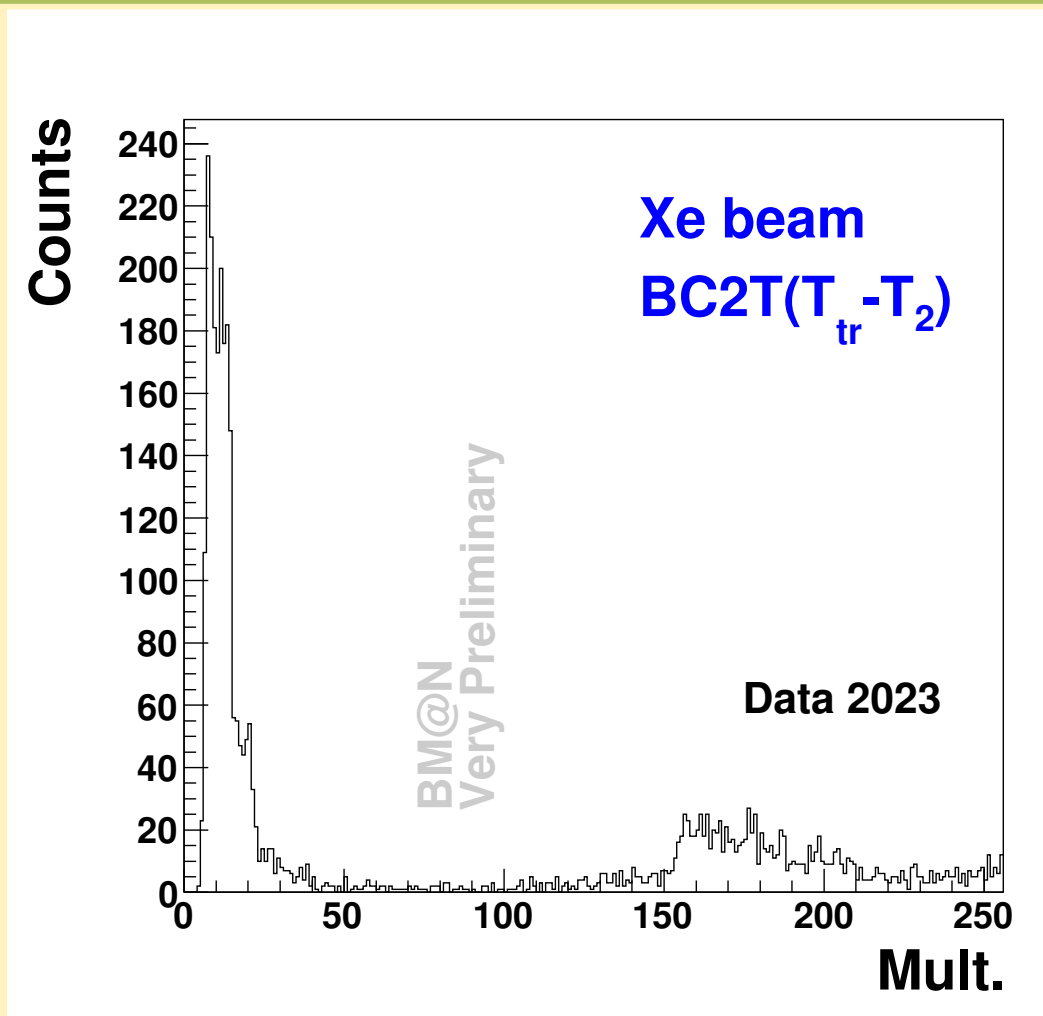


Время-амплитудная зависимость:  
левая - 1 Частица  
правая - 2 частицы



Корреляции амплитуд  
 $T0 - BC_2$ :  
левая - 1 Частица  
правая - 2 частицы

# Сигнал от 2-х частиц. Разница во времени.



Разница во времени между сигналом триггера и второй частицей, пришедшей позже.

В рамках проекта “Парное рождение  $\phi(1020)$  мезонов и рождение  $\phi(1020)$  мезона в парном взаимодействии в различных областях центральности в ядро-ядерных  $\text{Xe}+\text{CsI}$  взаимодействиях при энергии ионов  $\text{Xe}$  3.8 и 3.0 АГэВ”, поддержанного Программой целевого финансирования научно-исследовательских работ научных групп, сотрудничающих в рамках мегапроекта «Комплекс NICA», о проделанной работе по тематике BM@N, получены следующие результаты:

- Создана работающая установка по исследованию оптических свойств радиационно стойких кристаллов.
- Проведено моделирование энерговыделения в радиационно стойких кристаллах, подготовлены образцы для облучения в пучках тяжелых ионов.
- Разработано программное обеспечение, повышающее точность восстановления координат вершин на основе данных полученных в ране 2022-2023 годов.
- Разработан алгоритм повышающий скорость поиска вершин в многотрековых событиях, создано программное обеспечение.