

Методы и комплексы программ для реконструкции траекторий заряженных частиц в детекторных системах перед анализирующим магнитом эксперимента $BM@N$

Ленивенко Василиса Викторовна

Специальность:

1.2.2 - Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ по физико-математическим наукам

Научный руководитель: кандидат физ. мат. наук
Пальчик Владимир Владимирович

2023 год

Актуальность исследования

BM@N (Baryonic Matter at Nuclotron) – первый действующий эксперимент комплекса NICA. NICA – новый ускорительный комплекс строящийся в Дубне уровня мегасайенс.

SRC (Short Range Correlations) – подпроект BM@N для исследования свойств короткодействующих двухнуклонных корреляций в ядре с импульсом 4 GeV/c/n (см. стр.3)

Для получения первых физических результатов эксперимента необходимо реконструировать траектории заряженных частиц до анализирующего магнита.

Ключевую роль в физическом анализе выполняют система многопроводочных пропорциональных камер (**MWPC** – MultiWire Proportional Chambers) и система новых кремниевых детекторов (**SiDet** - Silicon Detectors), а именно: две MWPC до мишени, а после нее две MWPC и три двухкоординатные станции SiDet.

Для получения физических результатов требовалось разработать комплекс программ от расчета координат хитов до полной реконструкции через два вида детекторов.

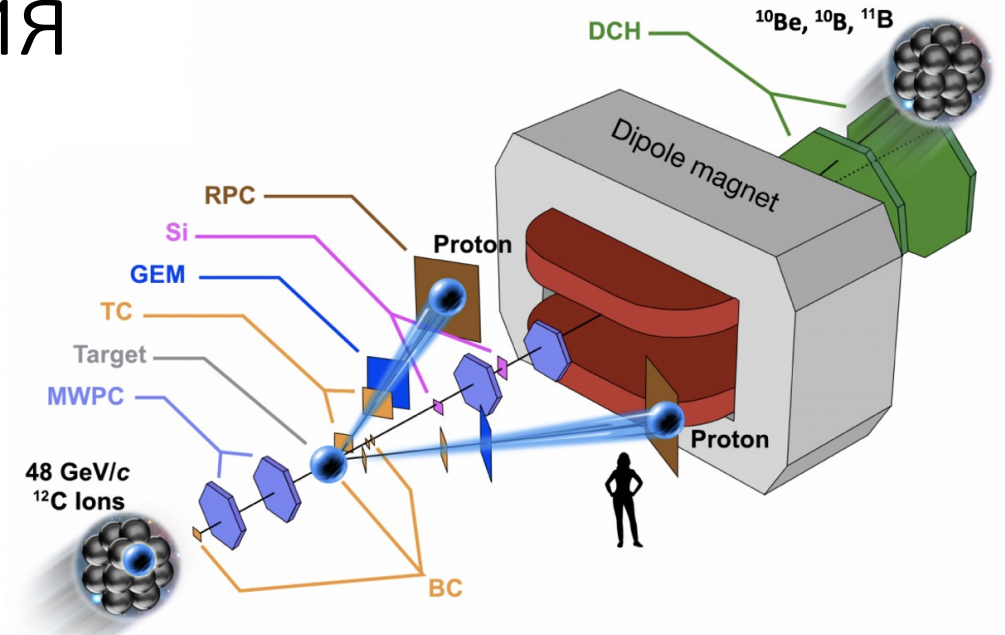
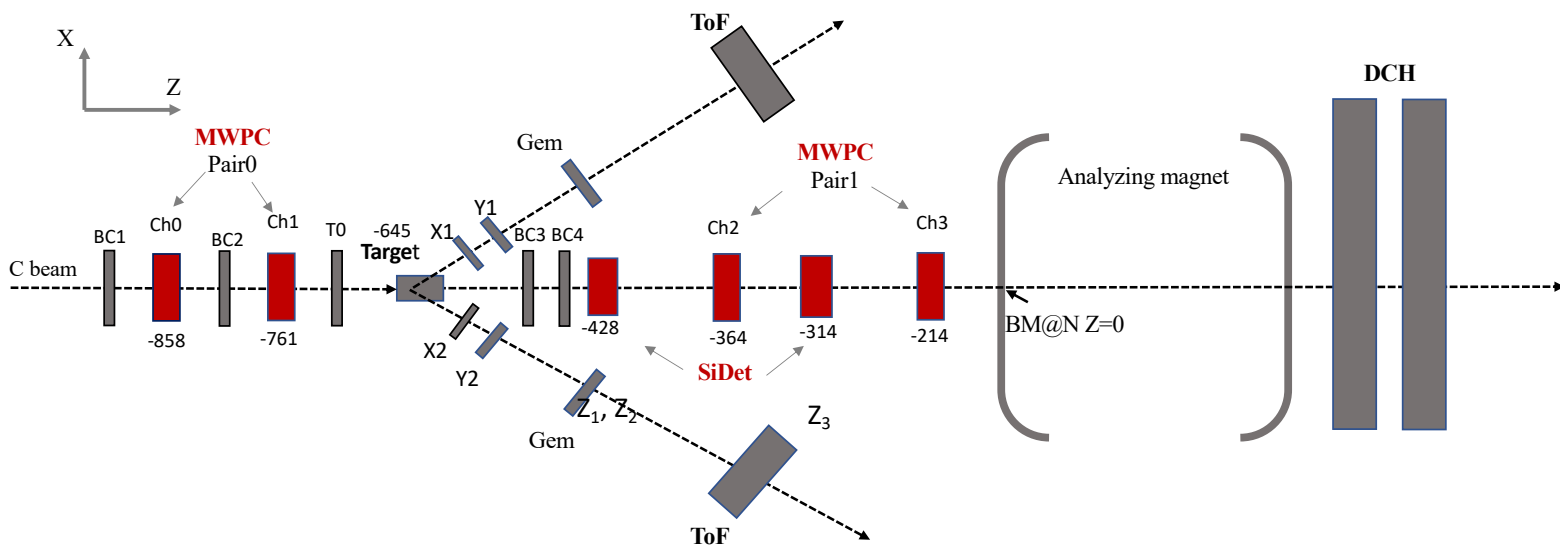


Рис. 1. Схема экспериментальной установки SRC на BM@N 2018г

Детекторные системы MWPC и Si позволяют регистрировать сигналы для комплексной реконструкции:

- Траектории и импульса налетающего на мишень ядра
- Импульса протона внутри ядра до взаимодействия (с использованием информации с плечевого спектрометра)
- Траектории и импульса остаточного иона (с использованием треков после анализирующего магнита)

Конфигурация детекторов MWPC и SiDet в установке SRC на BM@N (2018)



Две многопроволочные пропорциональные камеры (Ch0 и Ch1) до мишени (Pair0-пара)

Две многопроволочные пропорциональные камеры (Ch2 и Ch3) после мишени (Pair1-пара)

Три кремниевые станции (SiDet) после мишени

Рис. 2. Расположение MWPC и SiDet относительно магнита [см]

Эти системы были специально разработаны для ОИЯИ

Основные цели и задачи диссертации

Цель: Разработка, тестирование и практическое внедрение эффективных алгоритмов и программного обеспечения для полной реконструкции траекторий заряженных частиц реакции ионов углерода на различных мишенях в системах детекторов MWPC и SiDet эксперимента BM@N.

Для реализации поставленной цели необходимо было решить следующие основные задачи:

- Разработка новых алгоритмов реконструкции траекторий заряженных частиц для системы детекторов MWPC и SiDet;
- Разработка алгоритма для поиска треков проходящих одновременно через MWPC и SiDet;
- Геометрическое выравнивание детекторов в общей координатной системе;
- Оценка эффективности и разрешения работы детекторных систем в различных условиях;
- Обеспечение возможности работы с данными моделирования;
- Создание комплекса программ в детекторной системе перед магнитом для работы с экспериментальными и моделированными данными с внедрением в программное обеспечение (ПО) эксперимента BM@N с целью получения физических результатов.

Этапы реконструкции треков в SiDet и MWPC перед магнитом и соответствующие им программы, входящие в ПО

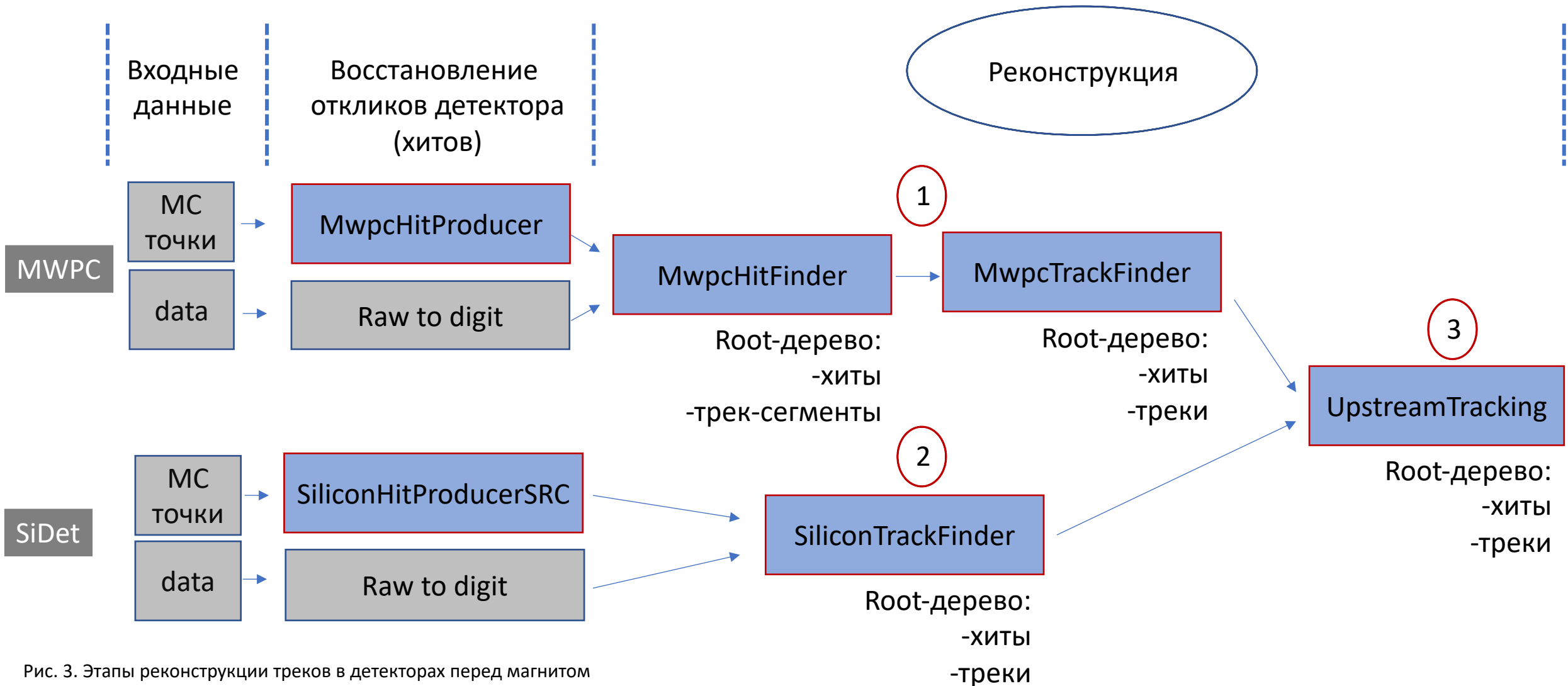


Рис. 3. Этапы реконструкции треков в детекторах перед магнитом

1) Реконструкция трека по сигналам в MWPC

- Каждая камера имеет 6 плоскостей:
две X, две U и две V, с углами $0^\circ, \pm 60^\circ$.
- Шаг между проволоками $dw = 2.5$ мм
- Координатное разрешение $\sigma_i = \frac{dw}{\sqrt{12}}$
- Координаты связаны соотношением:

$$y = (U+V)/\sqrt{3}, U = \frac{x+\sqrt{3}y}{2}, V = \frac{x-\sqrt{3}y}{2},$$

$$V + U - X = 0 \quad (1)$$

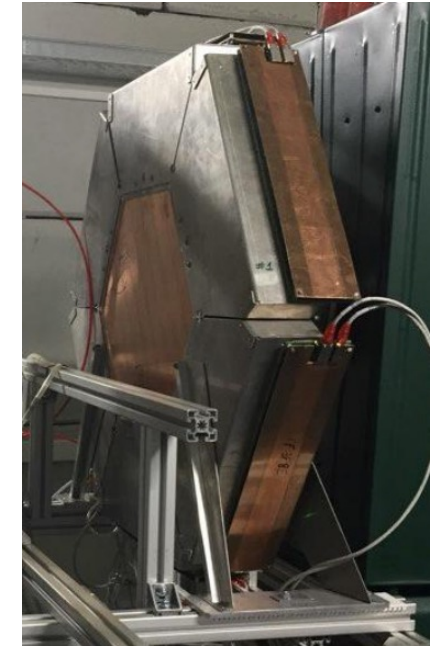
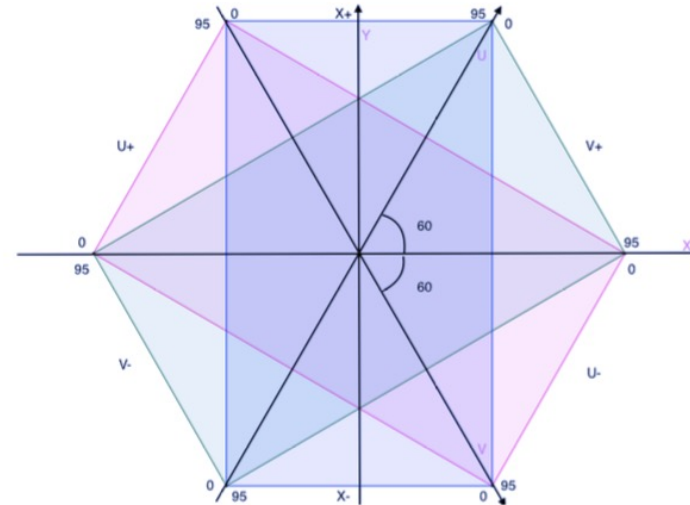


Рис. 4. MultiWire Proportional Chamber

Проблема: большое количество сработавших проволок

➤ Разработан разный способ поиска хитов до и после мишени
по времени прихода сигнала на проволоки

1 Реконструкция трека по сигналам в MWPC

1. Чтение сигналов с проволок и объединение сигналов в кластер.

Кластер – объединение рядом сработавших проволок.

Хит – координата кластера.

2. Создание кандидатов в трек-сегменты (N = 6,5,4 хитов).

2.1 Набор в кандидаты используя уравнение (1) : $|u_1 + v_1 - x_1| < 3 dw$

2.2 Вычисление параметров сегментов с помощью МНК $\sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2} \rightarrow \min$

где d_i - разность между измеренной и аппроксимированной координатой в i-й плоскости

2.3 Выбор лучшего сегмента по χ^2 -критерию: $\frac{1}{N-4} \sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2}$; ($\frac{1}{N} \sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2}$ для N=4)

2.4 Критерий на геометрический размер мишени трека: трек экстраполирован в область мишени.

3. Сопоставление сегментов между разными камерами в плоскости между ними с

помощью критерия: $\chi_m^2 = \frac{dx^2}{\sigma_x^2} + \frac{dy^2}{\sigma_y^2}$; где dx, dy – разницы между координатами

проекций параметров трек-сегментов в среднюю плоскость между камерами, а σ_i – ширины их распределения

4. Аппроксимация результирующего трека по хитам в двух камерах

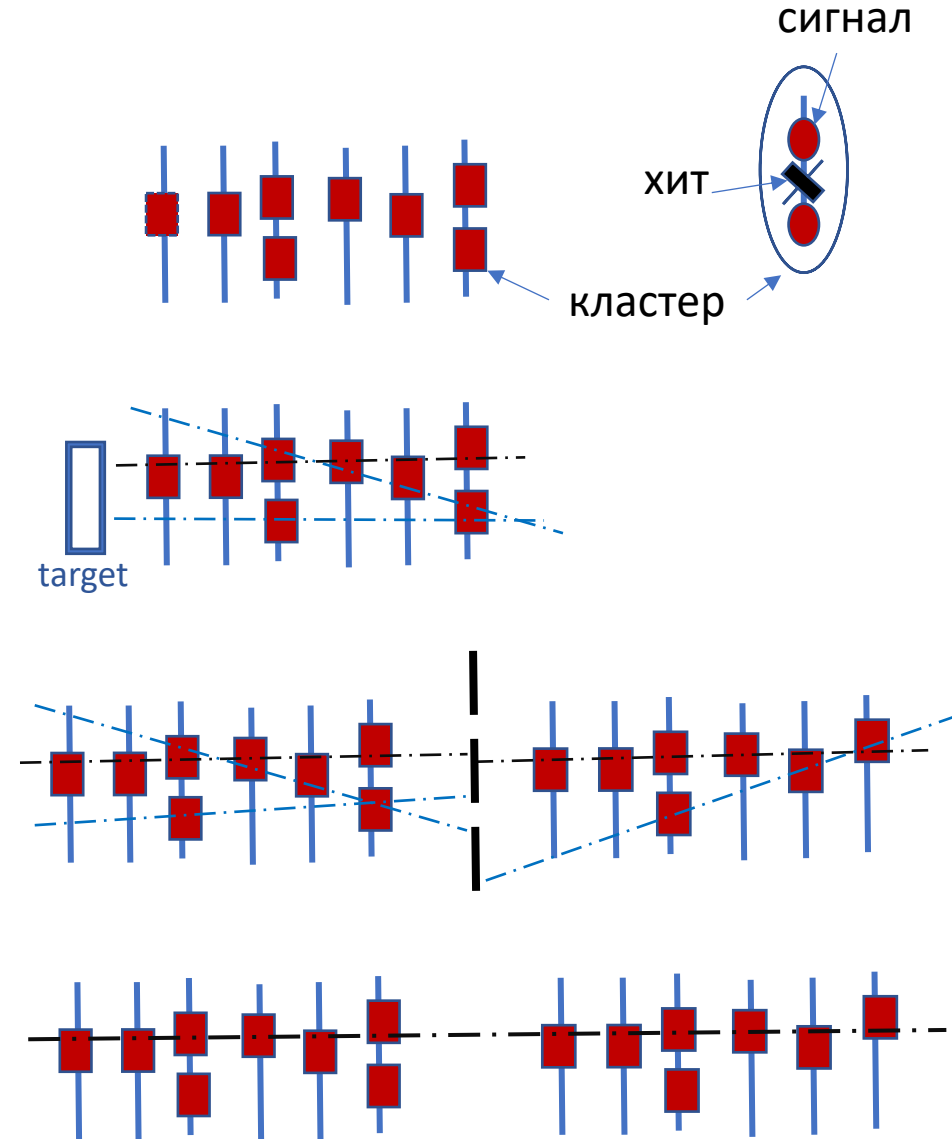
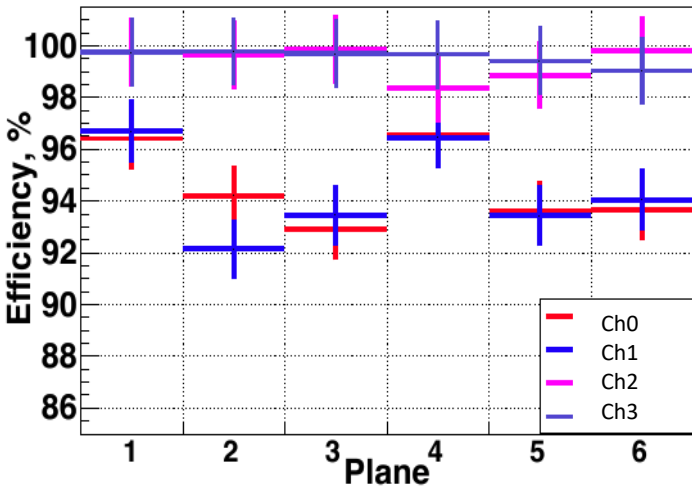


Рис. 5. Процесс реконструкции в MWPC

1 Эффективность реконструкции хитов/треков в MWPC на экспериментальных данных SRC 2018г

Эффективность хитов на плоскости относительно реконструкции трек-сегментов, Run 3430 без мишени

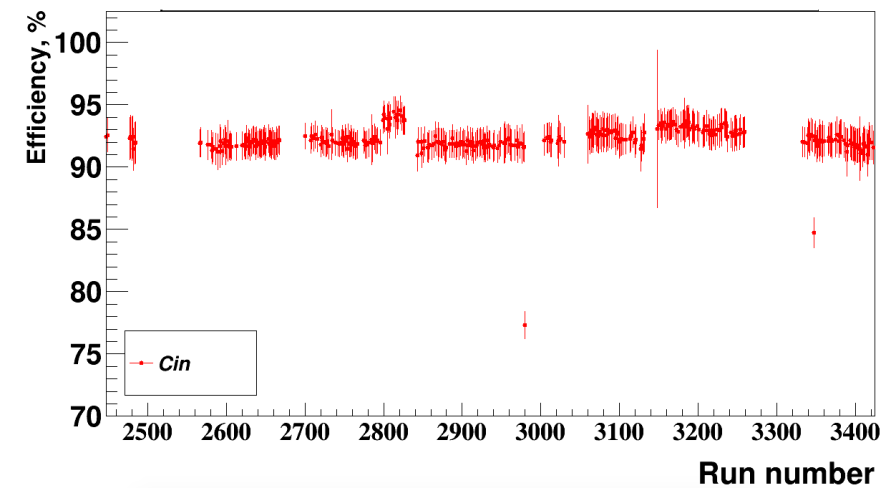


$$\frac{\sum_i N_{tracks}(1, \text{if hit on plane})}{\text{Number of tracks}}$$

$$Eff_{Ch0,1} = 94.5\%$$

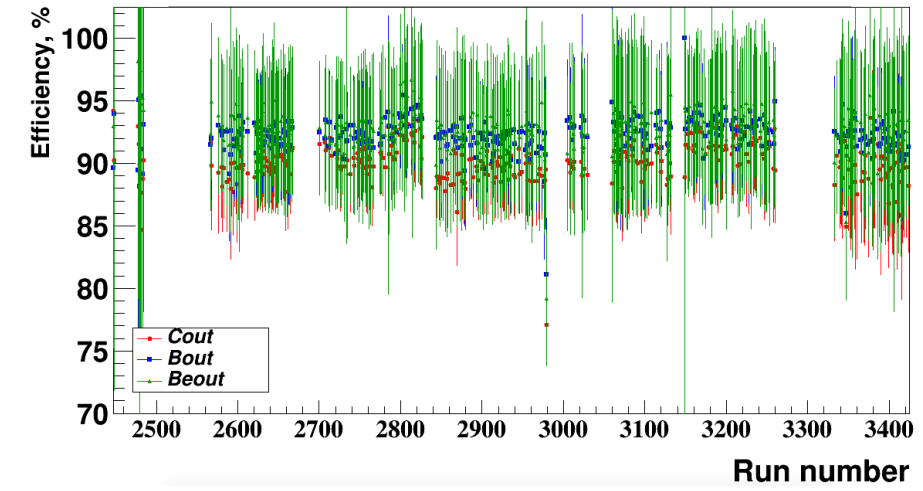
$$Eff_{Ch2,3} = 98.9\%$$

Эффективность реконструкции треков



$$\frac{N_{ev MWPC(Pair0)} * Cin}{N_{ev Cin}}$$

$$Eff_{Cin} = 92.2 \pm 0.1 \%$$



$$\frac{N_{ev MWPC(Pair0)} * MWPC(Pair1)}{N_{ev MWPC(Pair0)}}$$

$$Eff_{CinCout} = 90.4 \pm 0.3 \%$$

$$Eff_{CinBout} = 92.3 \pm 0.4 \%$$

$$Eff_{CinBeout} = 92.6 \pm 0.5 \%$$

$^{12}C(p,2p)^{10}B, ^{12}C(p,2p)^{10}Be$; *C out* – углерод в мишени не провзаимодействовал; *Cin* - ^{12}C зарегистрирован до мишени

2 Реконструкция треков в SiDet

- Каждая станция имеет:
прямые (X) стрипы с шагом $d = 95 \mu\text{m}$,
наклонные X' (2.5°) стрипы, $d = 103 \mu\text{m}$
- С каждого сработавшего стрипа считывается амплитуда сигнала A_i

- Координаты связаны соотношением: $Y = \frac{X' - X}{\text{tg}2.5^\circ}$

- Толщина детектора $300 \mu\text{m}$
- Координатное разрешение $\sim 50 \mu\text{m}$

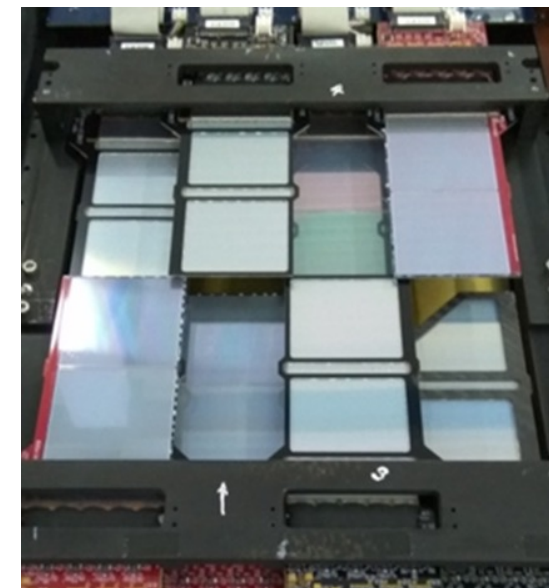
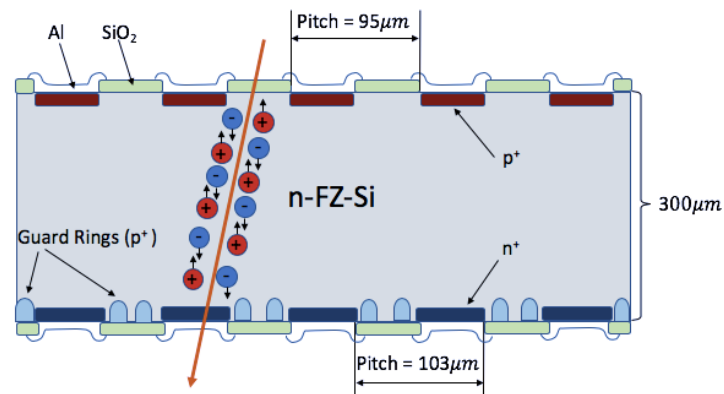


Рис. 6. Double-Sided Silicon Detectors (DSSD)

Проблема:

- Неоптимальное геометрическое расположение станций по Z – координате ($Z_1 = -426$, $Z_2 = -430$, $Z_3 = -314$ [см])
- Эффективность считывания по X' -координате несколько ниже, чем по X

2) Реконструкция треков в системе SiDet

1. Чтение сигналов со стрипов и создание кластеров.

Кластер – объединение соседних сработавших стрипов (X и X' слоя).

Хит – центр кластера, координата которого рассчитывается

$$\text{как центр тяжести: } CoG = \frac{\sum^N A_i * i}{\sum^N A_i},$$

A_i – амплитуда измерения на i -м стрипе

2. Кандидаты в треки отбираются методом опорной дороги используя случаи:

- 6 хитов (3 пары X+X')
- 4 хита + хит X/X' (станция 2)
- 4 хита + хит X/X' (станция 3)
- 2 хита(ст.3) + 2 хита (X ст.1 + X' ст.2)

3. Создание кандидатов в треки и выбор лучшего.

- Вычисление параметров кандидата в треки (N = 6,5,4 хитов)

с помощью МНК $\sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2} \rightarrow \min$

- Выбор лучшего кандидата по χ^2 -критерию: $\frac{1}{N-4} \sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2}$;

$$\left(\frac{1}{N} \sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2} \text{ для } N=4 \right);$$

4. Критерий на геометрический размер мишени: трек экстраполируется в область мишени.

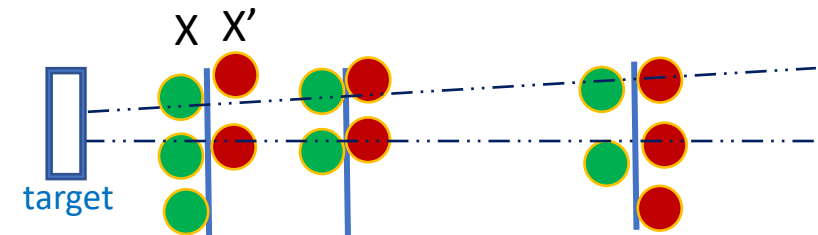
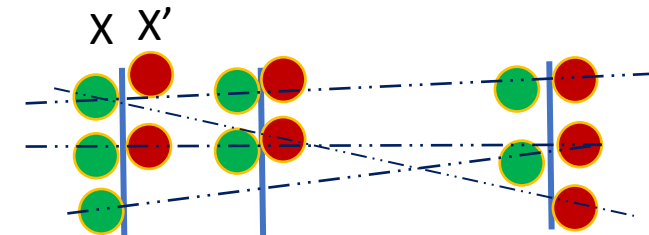
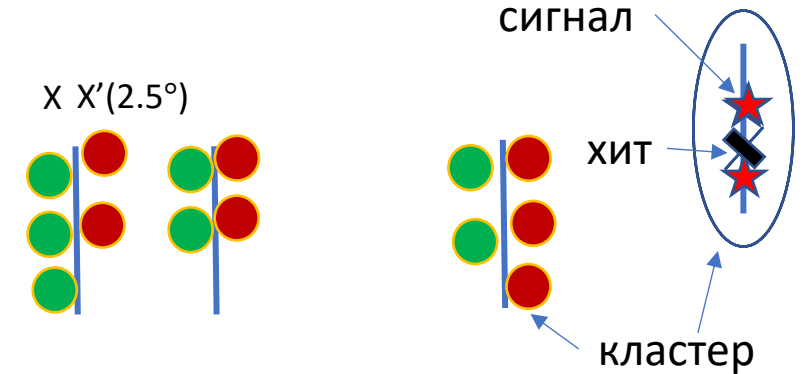
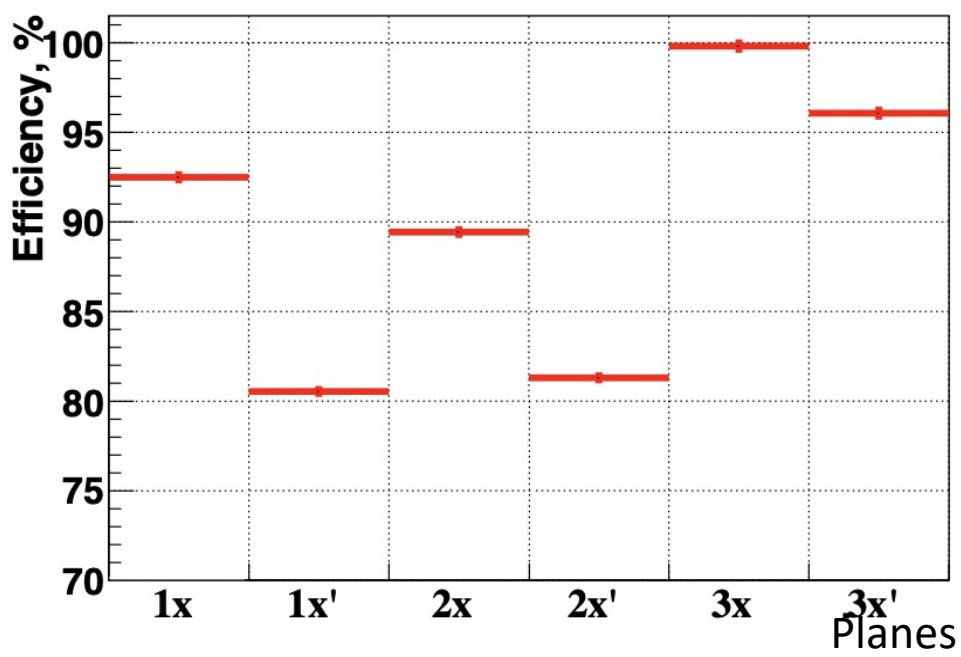


Рис. 7. Процесс реконструкции в SiDet

2 Эффективность реконструкции хитов/треков в SiDet на экспериментальных данных SRC 2018г

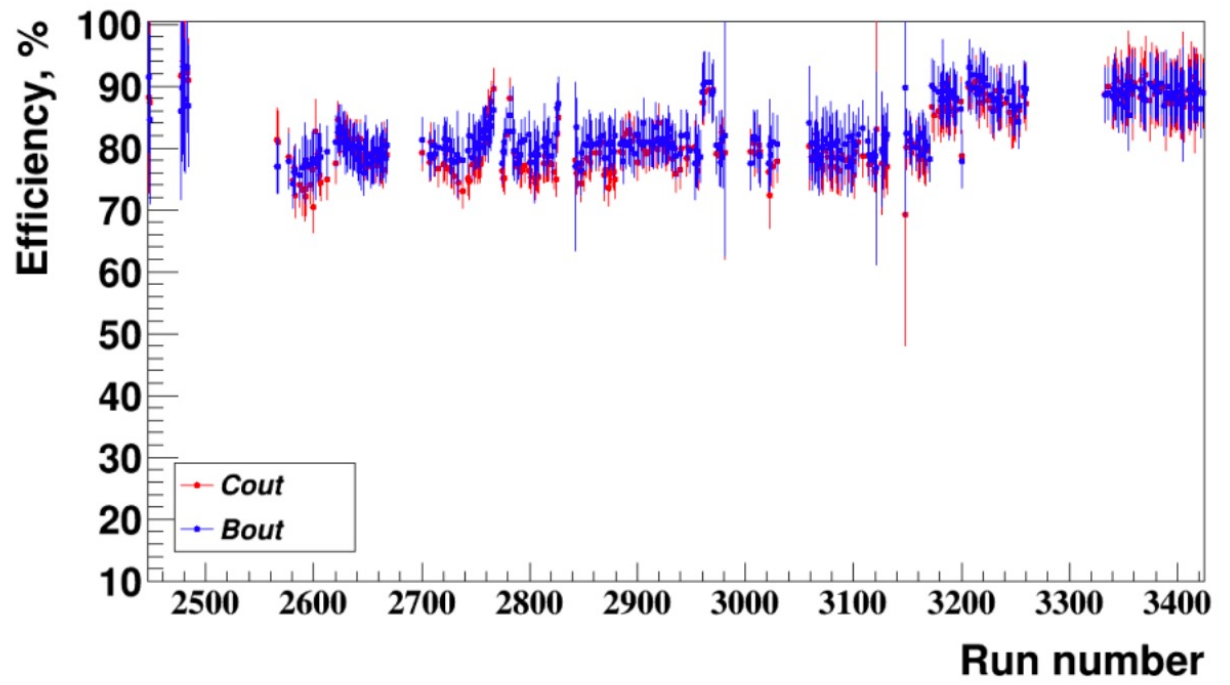
Эффективность реконструкции хитов на плоскость,
Run 3430 без мишени



$$\frac{\sum_i^{N_{tracks}} (1, \text{if hit on plane})}{\text{Number of tracks}}$$

$$Eff_{hit} = 90.0 \%$$

Эффективность реконструкции треков



$$\frac{N_{ev} MWPC(Pair0) * SiDet}{N_{ev} MWPC(Pair0)}$$

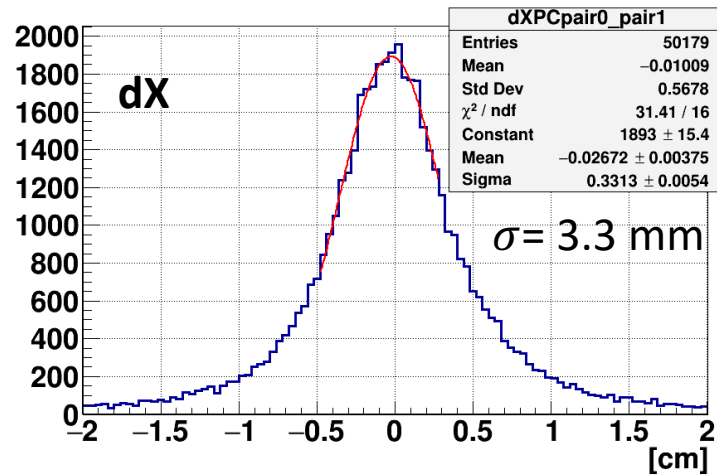
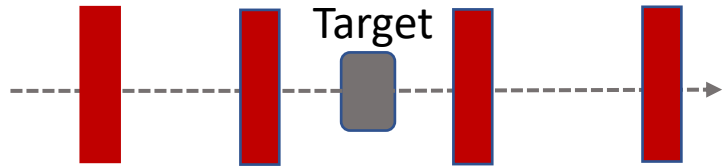
$$Eff_{CinCout} = 81.5 \pm 0.7 \%$$

$$Eff_{CinBout} = 82.6 \pm 0.7 \%$$

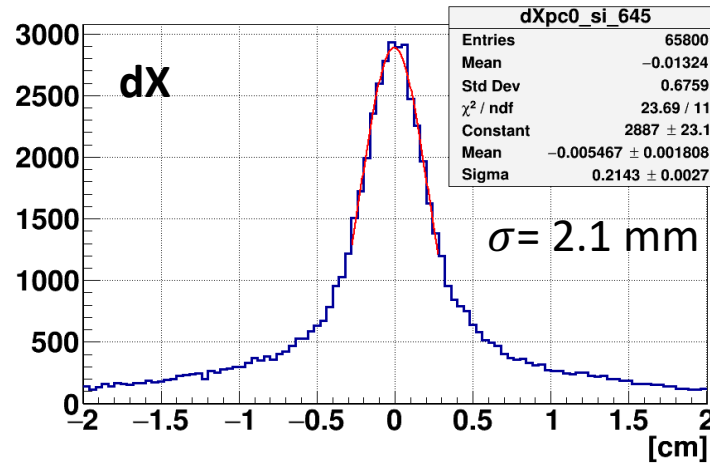
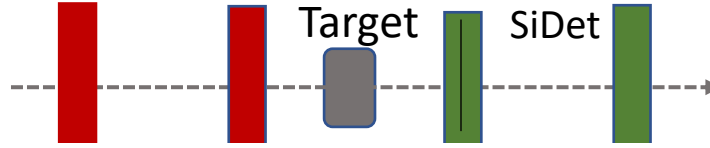
¹²C(p,2p)¹⁰B, Cout – углерод в мишени не провзаимодействовал

Выравнивание систем детекторов до/после мишени относительно друг друга

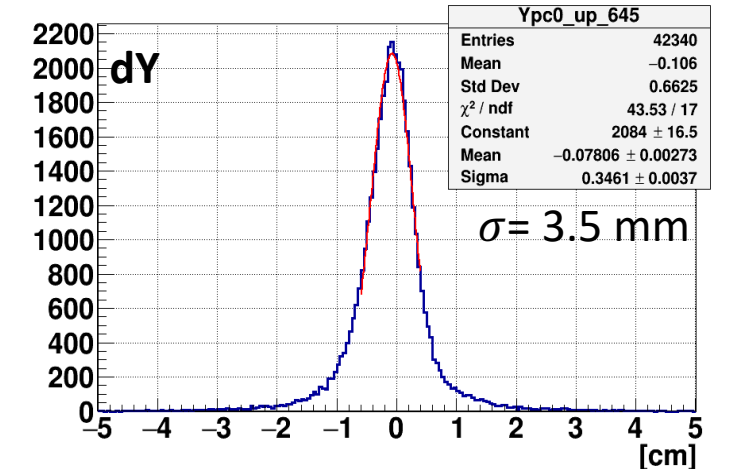
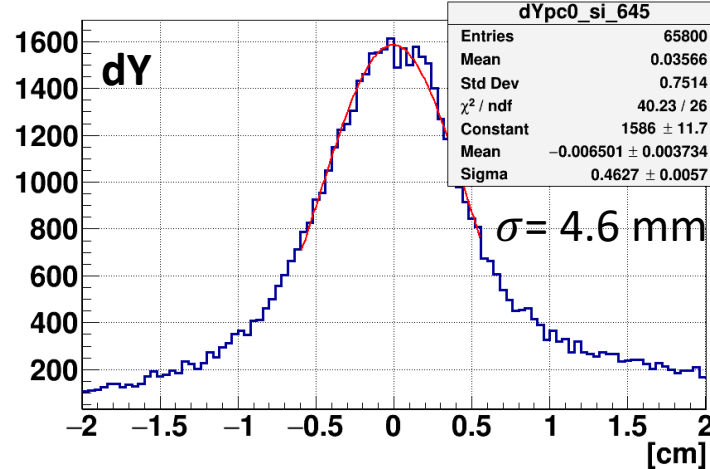
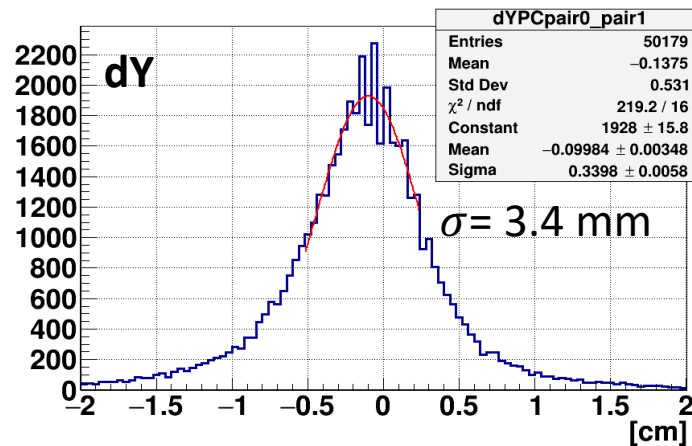
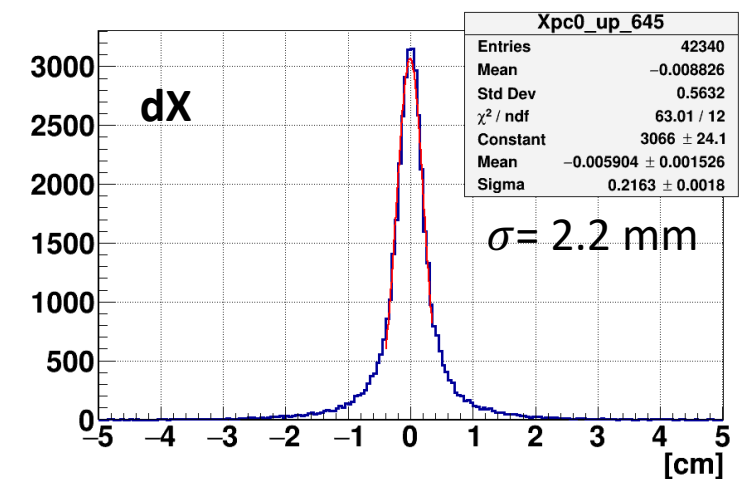
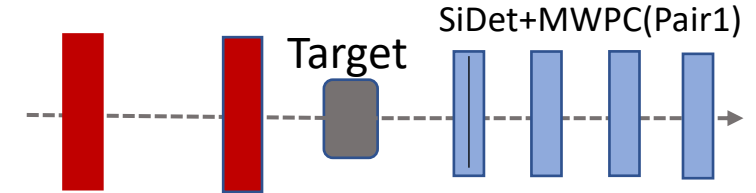
MWPC(Pair0 – Pair1) matching



MWPC(Pair0) – SiDet matching



MWPC(Pair0) – Upstream matching (см.стр.13)



3) Реконструкция Upstream-трека после мишени: MWPC+SiDet

1. Поиск сопоставления:

Si- треки— треки MWPC (Pair1),

минимальное расстояние в средней плоскости с помощью

критерия $\chi_m^2 = \frac{dx^2}{\sigma_x^2} + \frac{dy^2}{\sigma_y^2}$; где dx, dy – разницы между

координатами проекций параметров трек-сегментов в среднюю плоскость между камерами, а σ_i – ширины их распределения;

2. Сопоставление оставшихся Si-треков с сегментами MWPC с

помощью критерия $\chi_m^2 = \frac{dx^2}{\sigma_x^2} + \frac{dy^2}{\sigma_y^2}$;

3. Аппроксимация по значениям из двух систем (Upstream track)

- Выбор лучшего трека по χ^2 -критерию: $\chi^2 = \frac{1}{N-4} \sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2}$, $N > 5$
- Проверка экстраполированного трека на геометрические размеры мишени

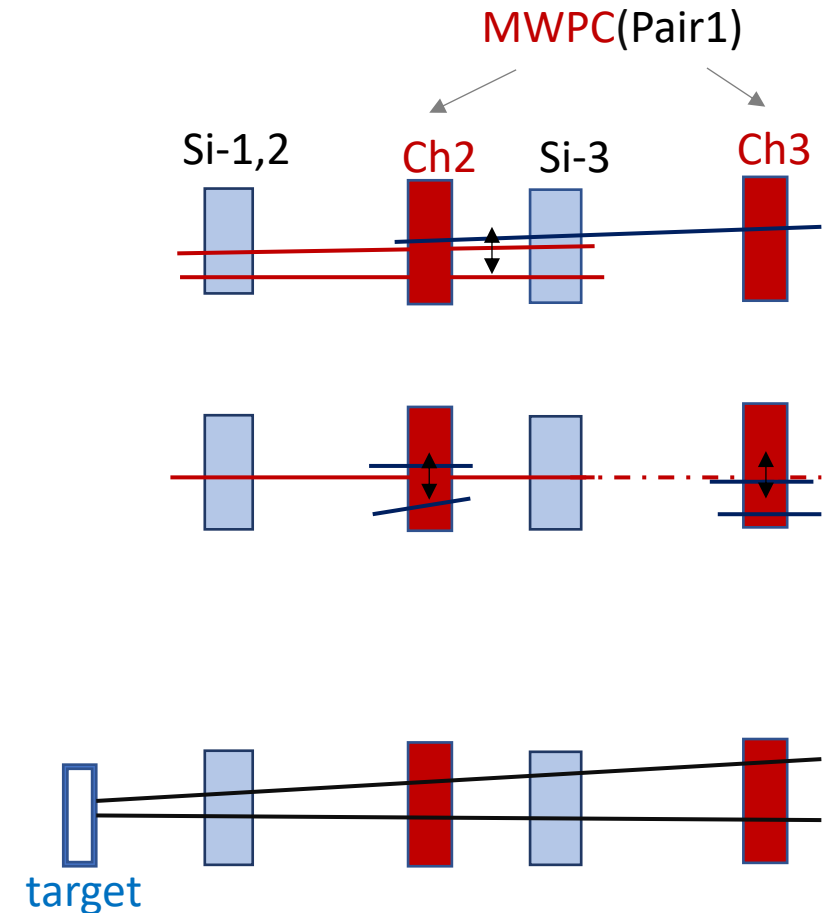
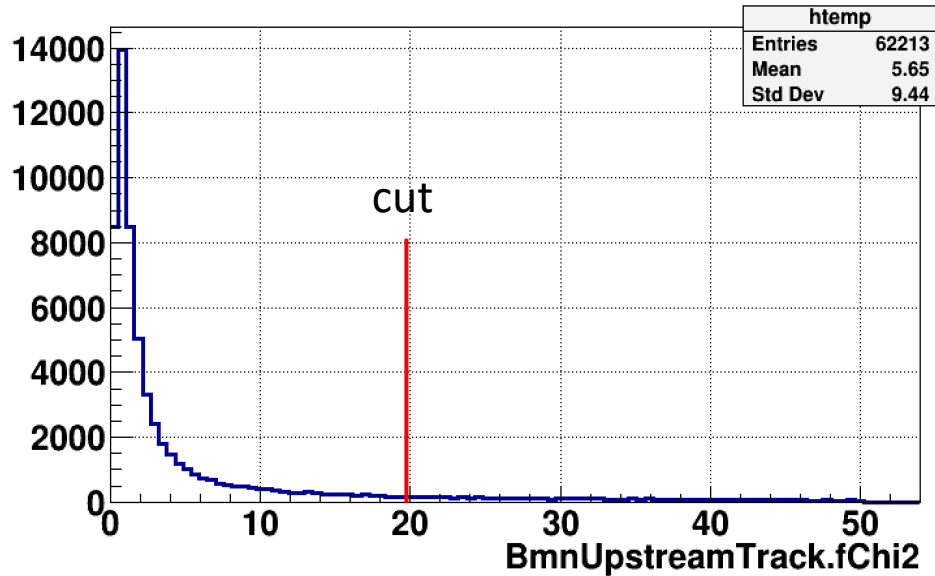


Рис. 8. Схема соединения треков SiDet и MWPC в Upstream

3

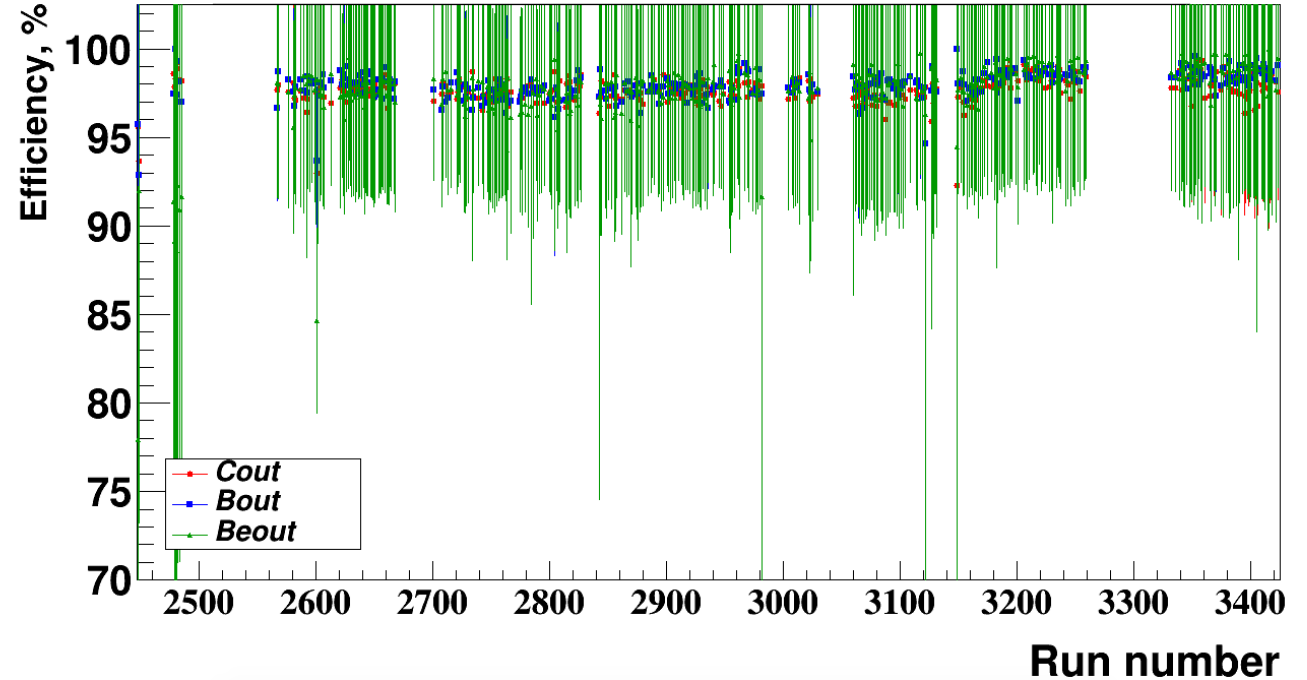
Результат реконструкции Upstream-треков(MWPC+SiDet)

Критерий χ^2 , Run 3430 данные без мишени



$$\chi^2 = \frac{1}{N-4} \sum \frac{d_i^2}{\sigma_i^2}, N > 5$$

Эффективность реконструкции Upstream or Si or MWPC(Pair1)



$$\frac{N \text{ ev MWPC(Pair0)} * (\text{Upstream or SiDet or MWPC(Pair1)})}{N \text{ ev MWPC(Pair0)}}$$

$$Eff_{CinCout} = 97.7 \pm 0.2 \%$$

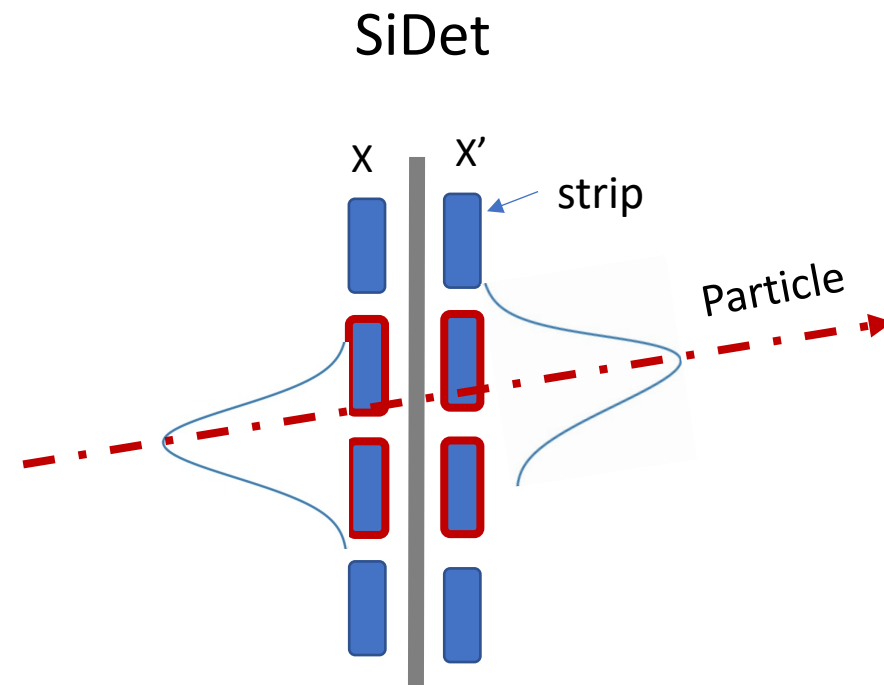
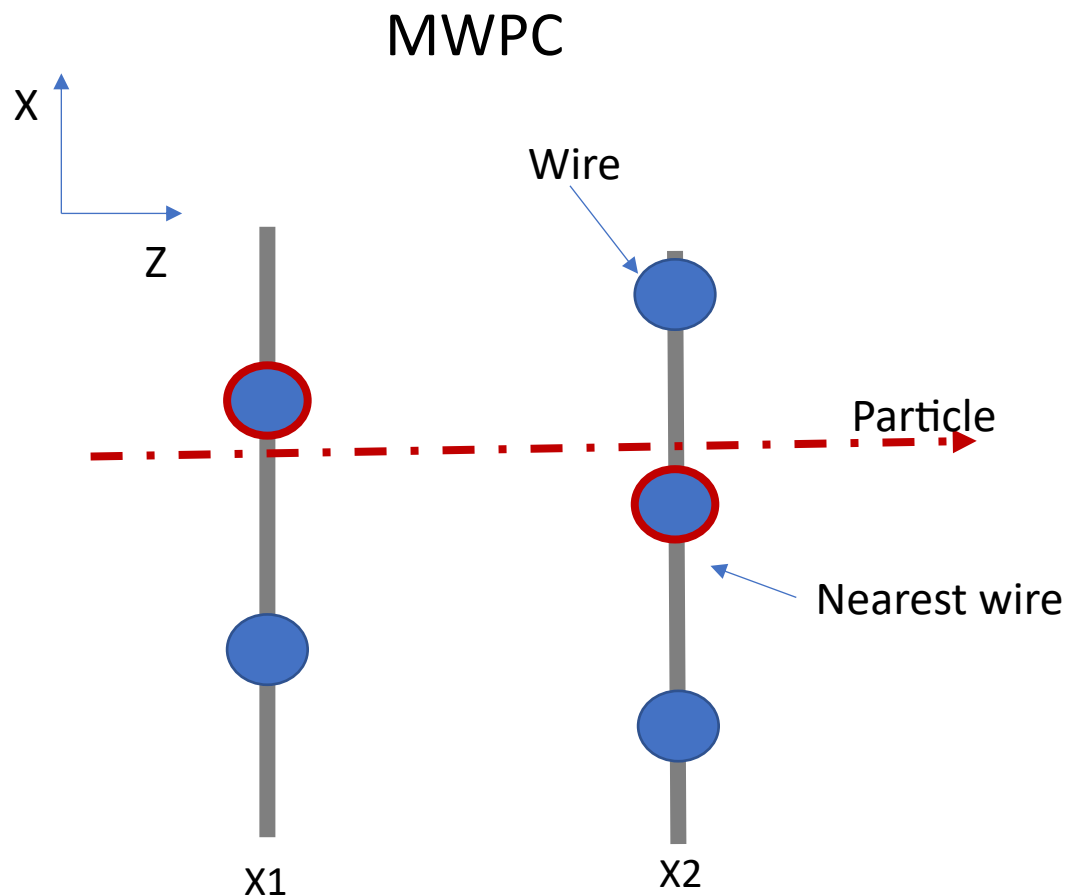
$$Eff_{CinBout} = 97.9 \pm 0.2 \%$$

$$Eff_{CinBeout} = 97.8 \pm 0.3 \%$$

$^{12}\text{C}(p,2p)^{10}\text{B}$, $^{12}\text{C}(p,2p)^{10}\text{Be}$; C out – углерод не провзаимодействовал

Моделирование отклика детектора

Первым шагом в моделировании отклика детекторов является трассировка траекторий частиц из мишени через детекторы и вещество установки с учетом магнитного поля и всех физических эффектов. В каждой детектирующей плоскости MWPC или SiDet регистрируются точки вдоль генерированного трека.



в детекторе SiDet генерированная точка размывается датчиком случайных чисел с гауссовой функцией с неопределенностью (σ)

Оценка эффективности реконструкции на данных моделирования физических событий

$$Efficiency = \frac{MC\ reco\ track}{MC\ true\ track}$$

MC true track – общее число генерированных треков, прошедших через детекторную систему;

MC reco track – число реконструированных треков.

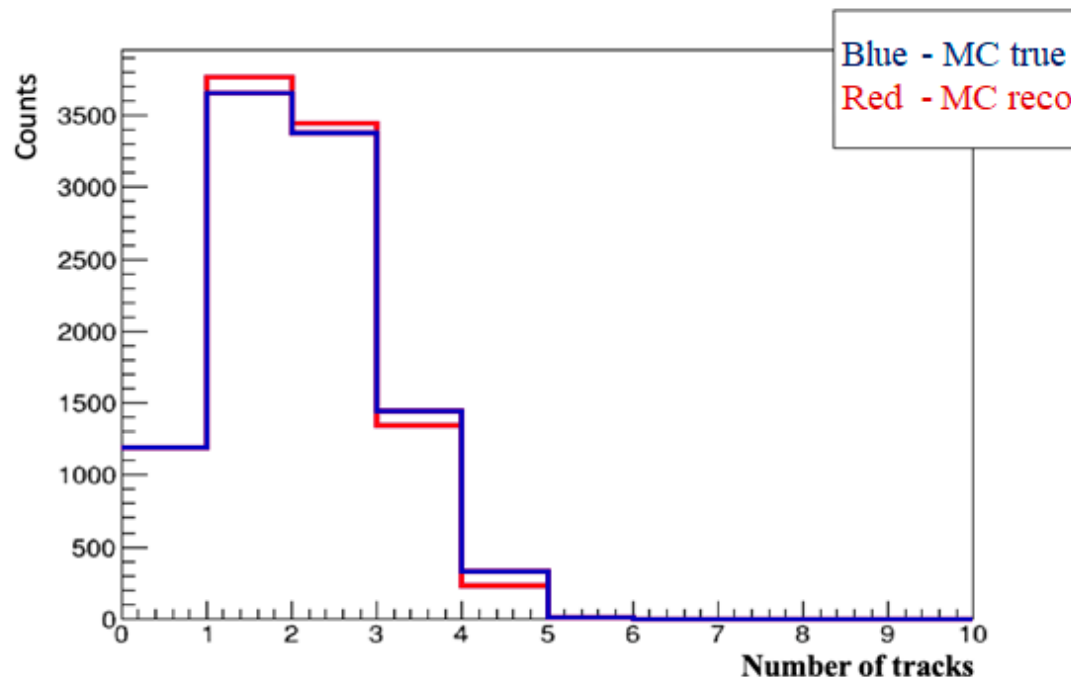
Генератор/Детектор	Ch2(%)	Ch3(%)	Pair1(%)	SiDet (%)	Upstream(%)
Ion [¹² C]	99.9	99.9	99.2	100.0	99.0
DCM-SMM	97.4	98.3	96.4	97.4	96.0

Более низкая эффективность реконструкции с генератором DCM-SMM объясняется сложной топологией генерированных физических событий.

Сравнение MC-reco и MC-true для Upstream треков

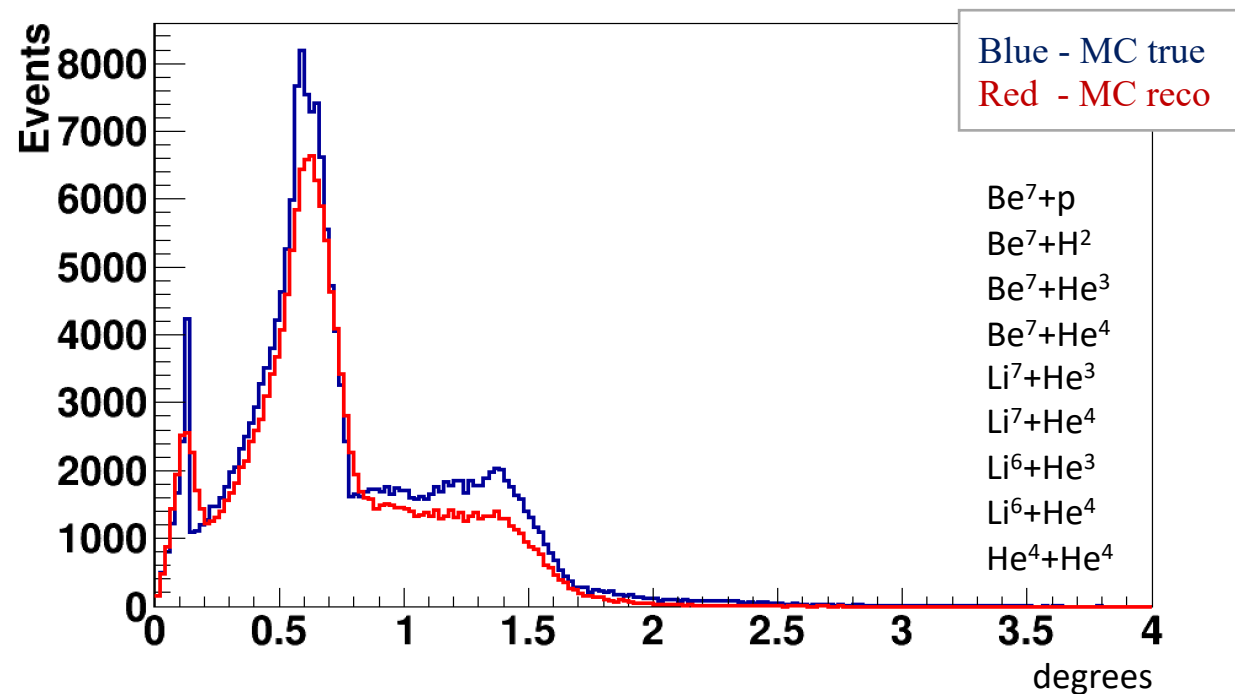
Генератор: DCM-SMM

Количество Upstream треков



Разница между количеством событий в 3-4 трековых случаях связана с эффективностью реконструкции на данных моделирования = 96.0 %

Скалярный угол между двумя Upstream треками

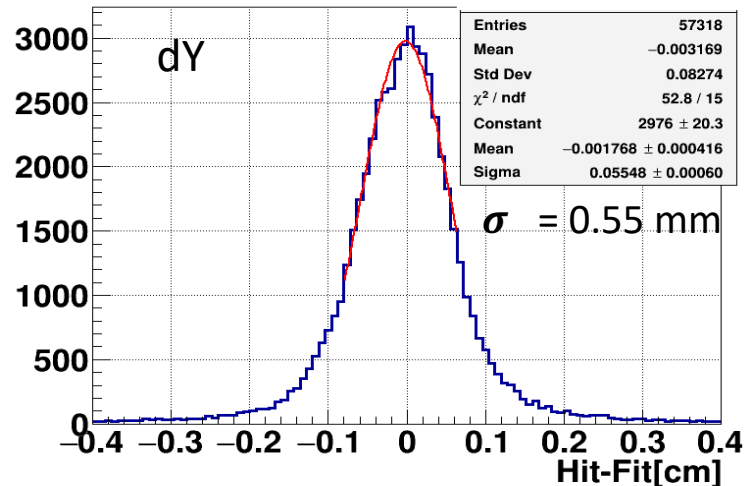
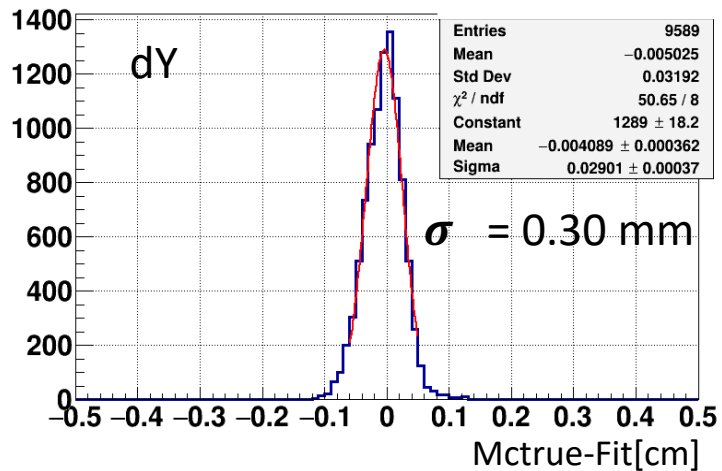
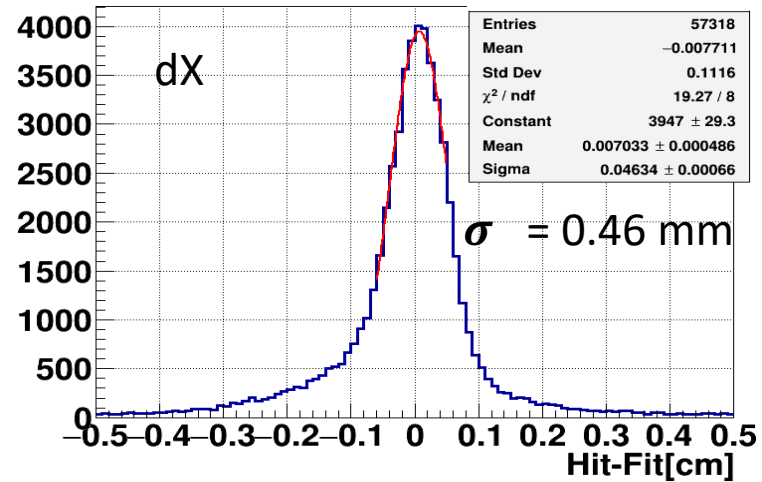
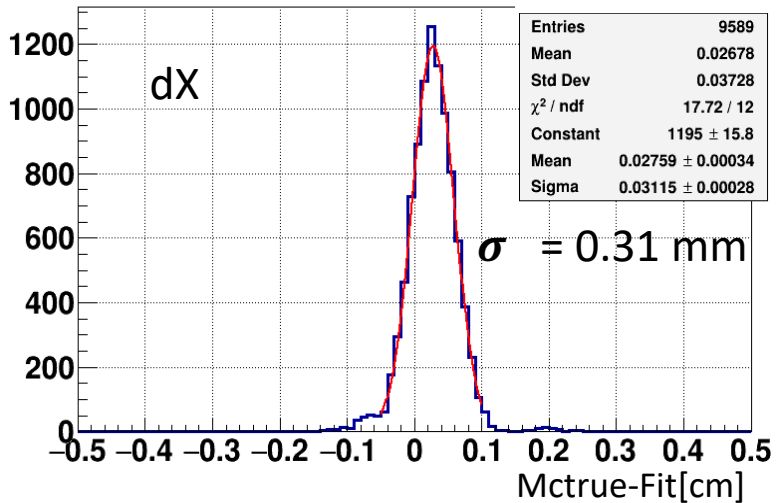


Реконструкция хорошо воспроизводит угол между двумя близко проходящими фрагментами на MC данных

Сравнение реконструкции моделированных и экспериментальных данных

MC (DCM-SMM)

Экспериментальные данные



Для моделирования были выбраны различные генераторы: ION и модель физических событий DCM-SMM. Стандартное отклонение (Sigma) распределения для MC и экспериментальных данных согласуются.

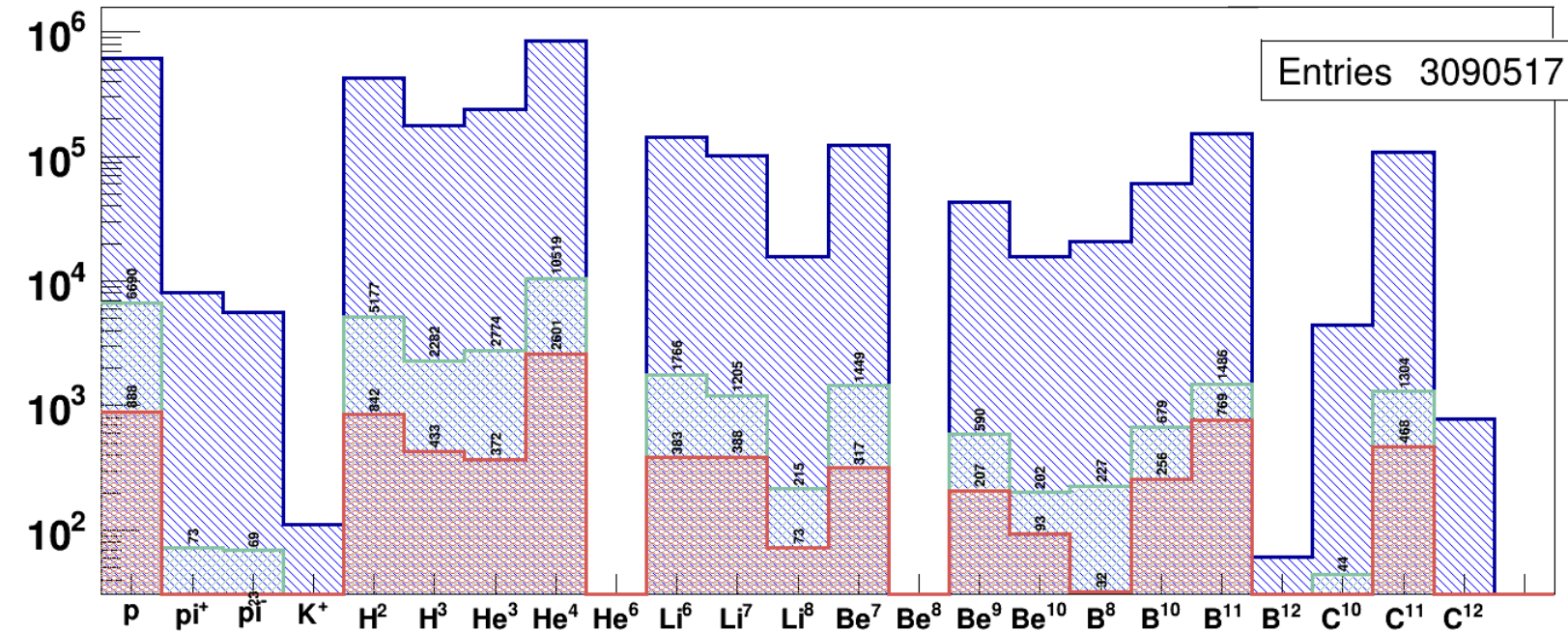
Разница в результатах можно объяснить:

- неэффективностью работы детекторов (90-95%),
- большой множественностью ложных срабатываний (шумов) детектора

Рис. 11. Пространственное разрешение в камере MWPC

Выходы реакции $^{12}\text{C}(p,2p)X$ для частиц прошедших через детекторы до и после магнита

Генератор: DCM-SMM



Экспериментально было оценено отношение выходов B^{10} к B^{11} и оно составило $27.5 \pm 3.0(\text{stat}) \pm 5.3(\text{sys}) \%$
 На моделированных данных это отношение оценивается как $256/769 = 33.2\%$

Рис. 12. Реакции $^{12}\text{C}(p,2\text{particles})X$:

Blue: если была частица в плечевых детекторах (хотя бы в одном)

Green: если частицы были в обоих плечах

Red: если были протоны в обоих плечах

Физический анализ экспериментальных данных SRC

Детекторные системы MWPC и SiDet реконструируют треки для восстановления искомой реакции :

- Траектория и импульс налетающего на мишень ядра
- Импульса протона внутри ядра до взаимодействия восстанавливается по трекам из плечей, а также треку налетающего ядра
- Траектория и импульс фрагмента после взаимодействия (с использованием треков после анализирующего магнита)

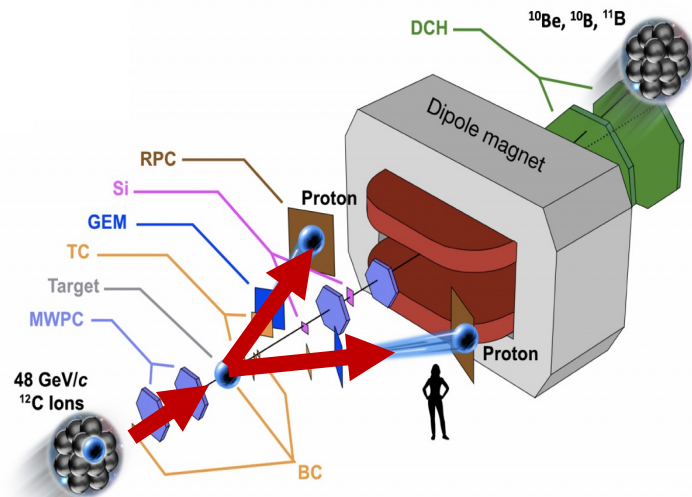


Рис. 10. Схема экспериментальной установки и искомые реакции: $^{12}\text{C}(p,2p)^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(p,2p)^{10}\text{Be}$, ^{10}B

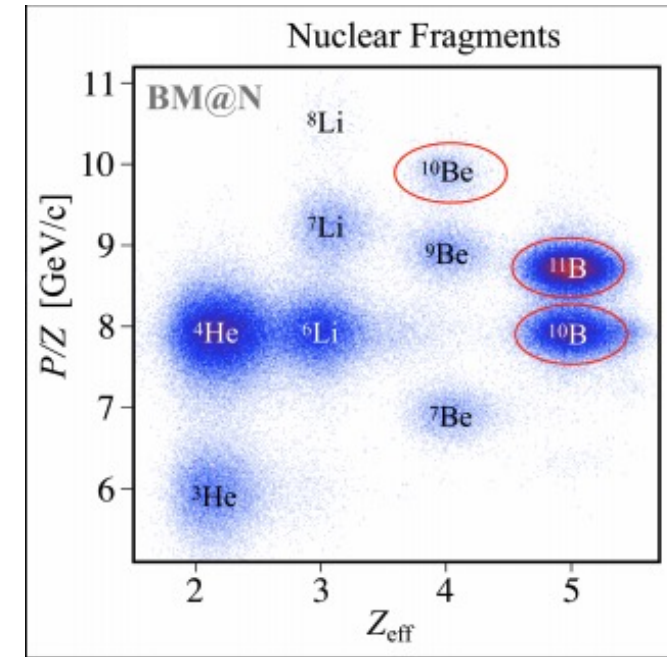
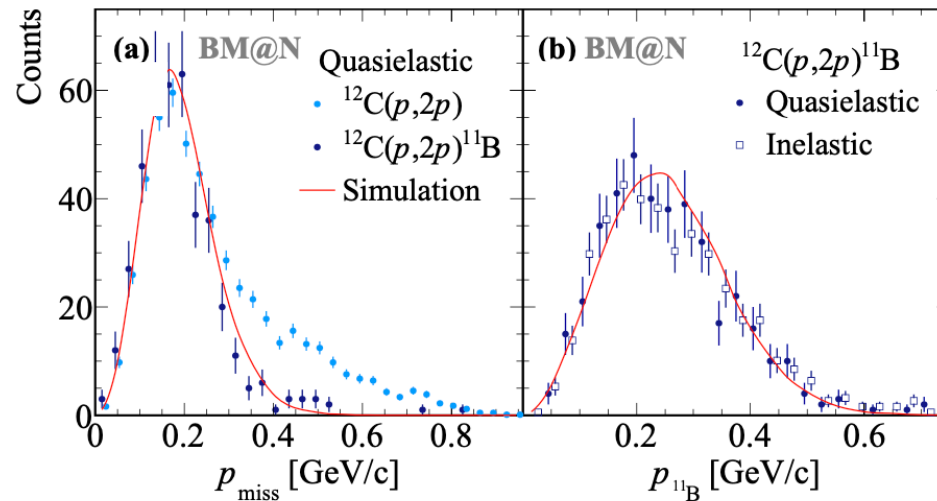


Рис. 9. Первое измерение по тематике SRC имело целью исследование реакции $^{12}\text{C}(p,2p)^{11}\text{B}$, $^{12}\text{C}(p,2p)^{10}\text{Be}$, ^{10}B

Результаты

- Разработаны новые алгоритмы реконструкции траекторий заряженных частиц в системе детекторов MWPC и в системе детекторов SiDet установки BM@N;
- Разработан алгоритм для поиска треков, проходящих одновременно через MWPC и SiDet;
- Выполнено геометрическое выравнивание детекторов;
- Оценена эффективность работы детекторных систем при различных условиях эксперимента;
- Разработана опция работы с данными моделирования;
- Создан комплекс программ для экспериментальных и моделированных данных, который внедрен в ПО эксперимента BM@N;
- Разработанные алгоритмы и комплексы программ позволили получить реконструкцию всех частиц конечного и начального состояния исследуемых реакций.

Защищаемые положения

1. Алгоритм реконструкции в системе камер MWPC до и после мишени и Алгоритм реконструкции в системе SiDet детекторов эксперимента SRC на BM@N;
2. Алгоритм реконструкции через две системы детекторов, с помощью которых реконструированы треки для анализа данных SRC на BM@N с эффективностью более 97%;
3. Программная реализация алгоритмов с возможностью работы как с экспериментальными, так и с моделированными данными, интегрирована в ПО эксперимента BM@N позволила провести физический анализа данных.

Научная новизна

- Разработан алгоритм, позволивший произвести реконструкцию треков для SiDet детекторов, разработанных специально для эксперимента BM@N
- Впервые разработан алгоритм реконструкции треков, проходящих через две детекторные системы MWPC и SiDet для SRC на BM@N
- Алгоритм трансформации данных моделирования в ожидаемые сигналы электроники в детекторах, возможность работы с моделированными данными

Научно-практическая значимость

- Алгоритмы реализованы в комплексах программ и внедрены в ПО эксперимента $BM@N$; С помощью созданных программных средств обработаны наборы данных разных годов: 2017, 2018 и 2022;
- Разработанные алгоритмы используются как для подпроекта SRC на $BM@N$, так и для $BM@N$;
- Разработанные алгоритмы могут использоваться для проекта SRC на HyperNIS;
- Алгоритмы реконструкции для кремниевых детекторов могут использоваться для фокусируемых настроек пучка для коллайдера NICA.

Достоверность исследования

- Достоверность реконструированных треков проверялась другими детекторными системами; а также с помощью сцинтилляционных счетчиков, которые регистрировали общий заряд;
- Кинематические распределения величин, полученные при реконструкции треков в искомой реакции, согласуются с моделированием данной реакции;
- Результаты эксперимента SRC на $BM@N$ согласуются с измерениями по тематике SRC, проведенными на электронных пучках в других лабораториях.

Апробация работы (1)

- Collaboration Meetings of the BM@N Experiment at the NICA Facility – 2021, 2020, 2019 годы.
- Международная научная конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ – 2021, 2020, 2018, 2016 годы.
- Школа-конференция молодых ученых и специалистов ОИЯИ Алушта – 2021, 2016
- Meetings of the PAC for Particle Physics, Дубна, 2020, 2019, 2017 (стендовый доклад)
- The 18th International Conference on Strangeness in Quark Matter (SQM 2019), Бари, Италия, 2019 (стендовый доклад)
- The International Conference on Particle Physics and Astrophysics ICPPA – 2018, 2017 годы.
- International Conference on Mathematical Modeling and Computational Physics (ММСП), Дубна, 2017

Апробация работы (2)

- На постоянной основе на внутренних собраниях и еженедельных совещаниях профильных подгрупп.

Работа выполнена в Лаборатории физики высоких энергий имени В.И. Векслера и А.М. Балдина ОИЯИ в рамках Проблемно-тематического плана 02-0-1065-2007/2023 - Комплекс NICA: создание комплекса ускорителей, коллайдера и экспериментальных установок на встречных и выведенных пучках ионов для изучения плотной барионной материи, спиновой структуры нуклонов и легких ядер, проведения прикладных и инновационных работ.

При поддержке следующих грантов, стипендий и премий:

- Грант РФФИ 18-02-40046 «Анализ данных в эксперименте VM@N по изучению короткодействующих двухнуклонных корреляций во взаимодействии пучка ядер углерода с протонной мишенью»
- Грант ОМУС 2023 год;
- Стипендии А.М. Балдина – 2022, 2021, 2020 годы;
- 51я и 52я встреча Программно-Консультативного Комитета по физике частиц, стендовые доклады (отмечены дипломами второй степени)

Публикации по теме диссертации

По теме диссертации опубликовано 7 научных работ в рецензируемых изданиях, соответствующих требованиям к публикациям Положения о присуждении ученых степеней в ОИЯИ (пр. ОИЯИ от 11.02.2022 № 132).

- V. Lenivenko, M. Patsyuk, V. Palichik, *SRC at BM@N: reconstruction of tracks upstream and downstream the target using the MWPC and Silicon detector systems*, AIP Conference Proceedings **2377**, 030010 (2021)
- V. Lenivenko, V. Palichik, *Reconstruction of Charged-Particle Trajectories in Multiwire Proportional Chambers at the BM@N Experiment*, Physics of Particles and Nuclei Letters, **15**, 637-649 (2018)
- M. Patsyuk, J. Kahlbow, G. Laskaris, M. Duer, V. Lenivenko, et al., *Unperturbed inverse kinematics nucleon knockout measurements with a 48 GeV/c carbon beam*, Nature Physics, **17**, 693 (2021)
- M. Patsyuk, T. Atovullaev, A. Corsi, O. Hen, G. Johansson, J. Kahlbow, V. Lenivenko, et al., *BM@N data analysis aimed at studying SRC pairs: one-step single nucleon knockout measurement in inverse kinematics out of a 48 GeV/c ^{12}C nucleus*, Physics of Particles and Nuclei, **52**, 631–636 (2021).
- A. Galavanov, S. Khabarov, Y. Kirushin, E. Kulish, V. Lenivenko, et al., *Studies of Short Range Correlations in inverse kinematics at BM@N at the NICA facility*, J. Phys.: Conf. Ser. **1390** 012025, (2019).
- S. Khabarov, E. Kulish, V. Lenivenko, A. Makankin, A. Maksymchuk, V. Palichik, et al., *First glance at the tracking detectors data collected in the first BM@N SRC run*, EPJ Web of Conferences, **201**, 04002 (2019).
- M. Kapishin, V. Karjavin, E. Kulish, V. Lenivenko, A. Makankin, A. Maksymchuk, V. Palichik, and S. Vasiliev, *GEM Detector Performance Assessment in the BM@N Experiment*, The European Physical Journal Conferences, **173**, 04007 (2018).

Соответствие паспорту специальности 1.2.2

В диссертационной работе присутствуют результаты в четырех областях, соответствующих следующим пунктам паспорта специальности:

3. Разработка, обоснование и тестирование эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий;
4. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента;
6. Разработка новых математических методов и алгоритмов проверки адекватности математических моделей объектов на основе данных натурального эксперимента;
7. Разработка новых математических методов и алгоритмов интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели.

Личный вклад автора

Положения и результаты, представленные в диссертации, получены при определяющем участии соискателя. Программная реализация разработанных методов и алгоритмов выполнена лично соискателем, а также имплементирована в рабочую среду эксперимента VM@N.

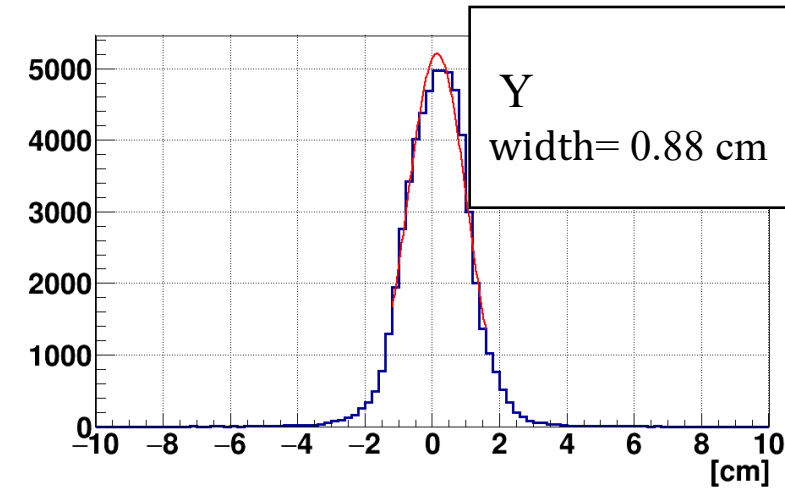
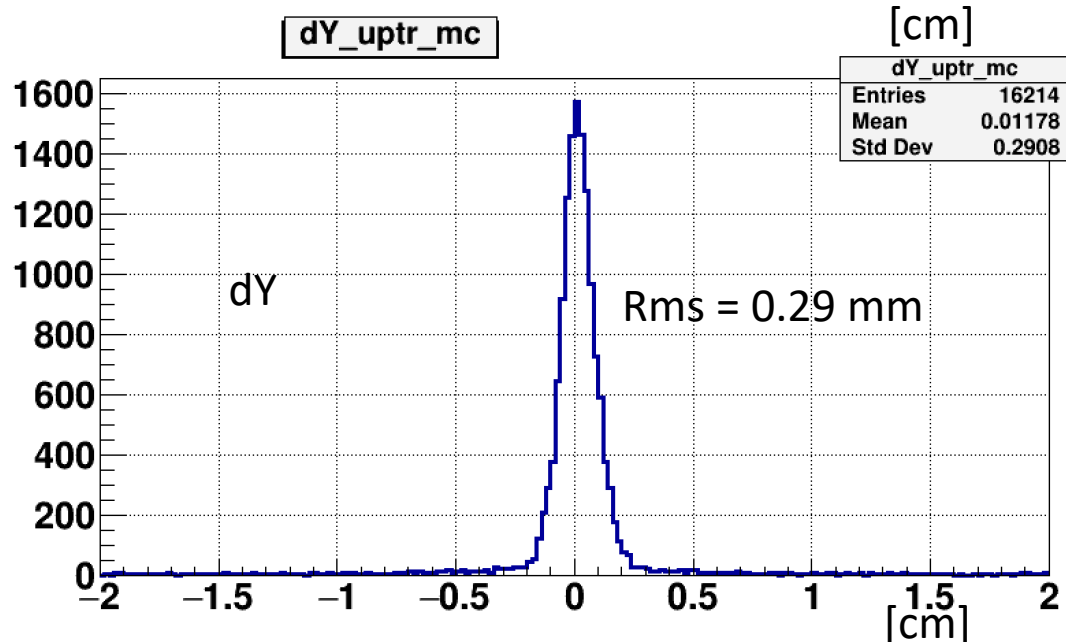
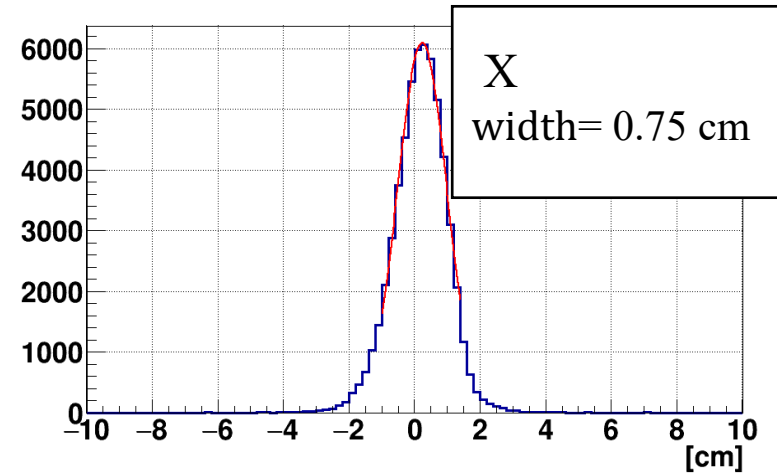
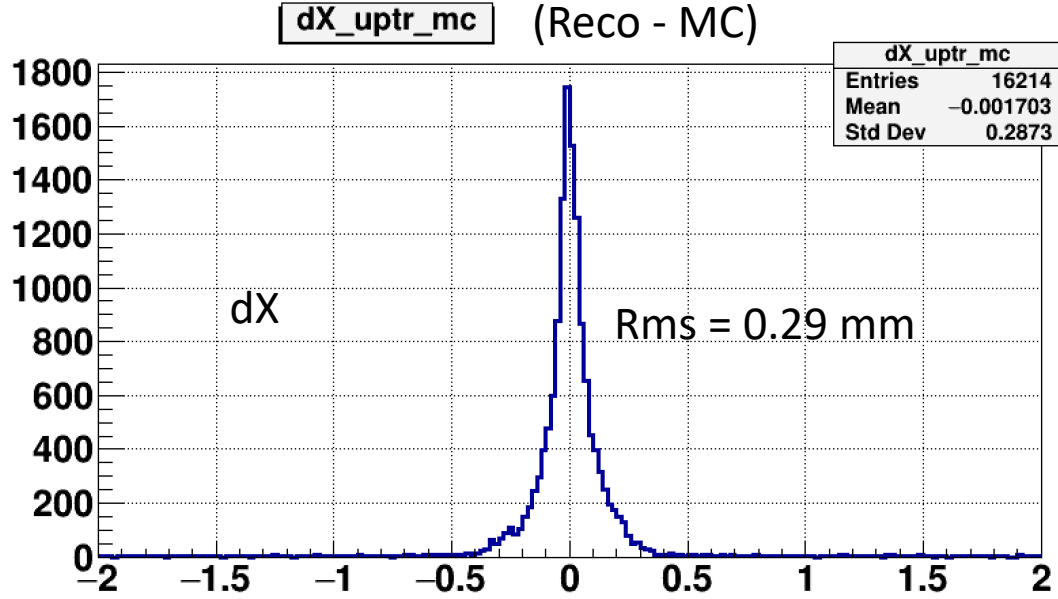
- Спасибо за внимание!

Ленивенко Василиса Викторовна
vasilisa@jinr.ru

Дополнительные материалы

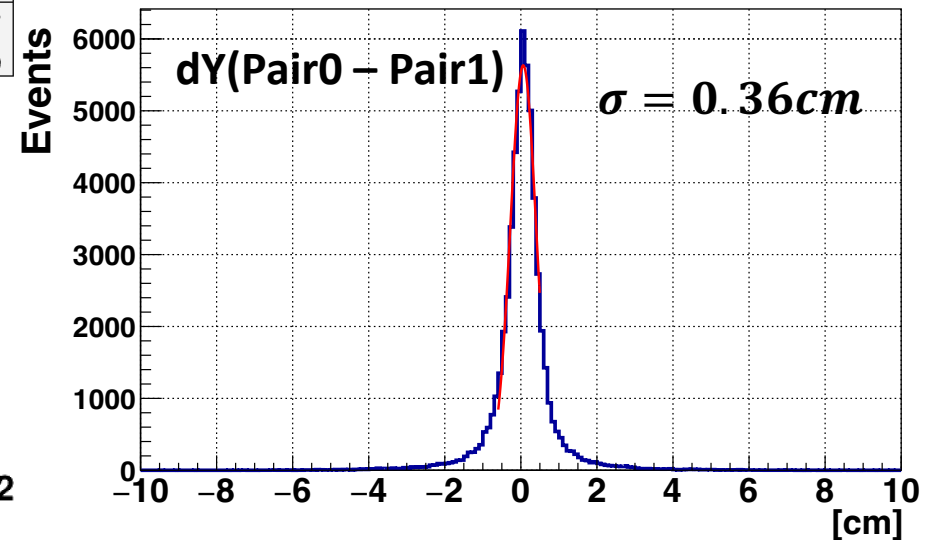
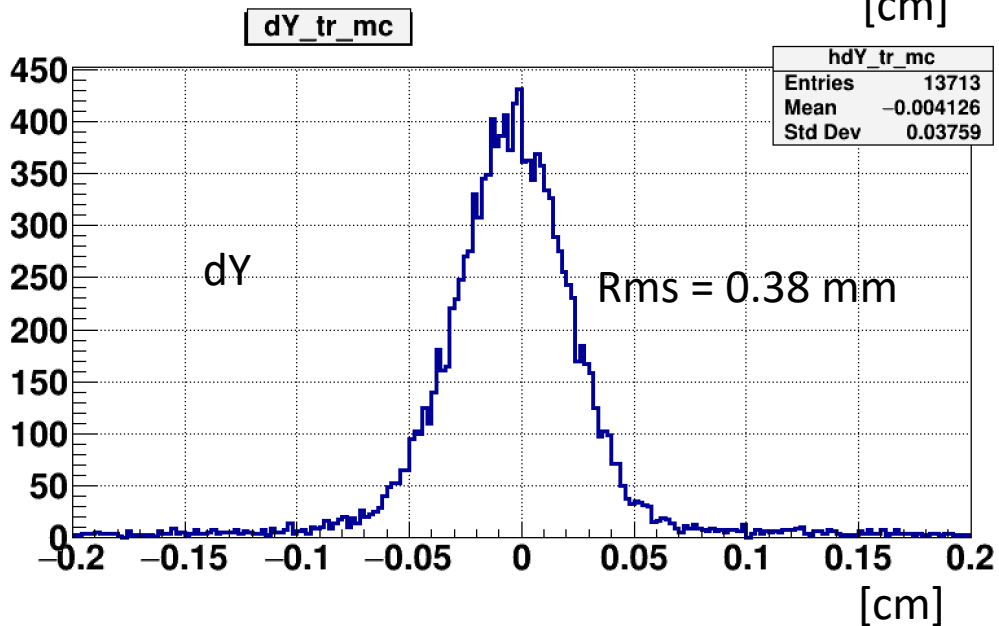
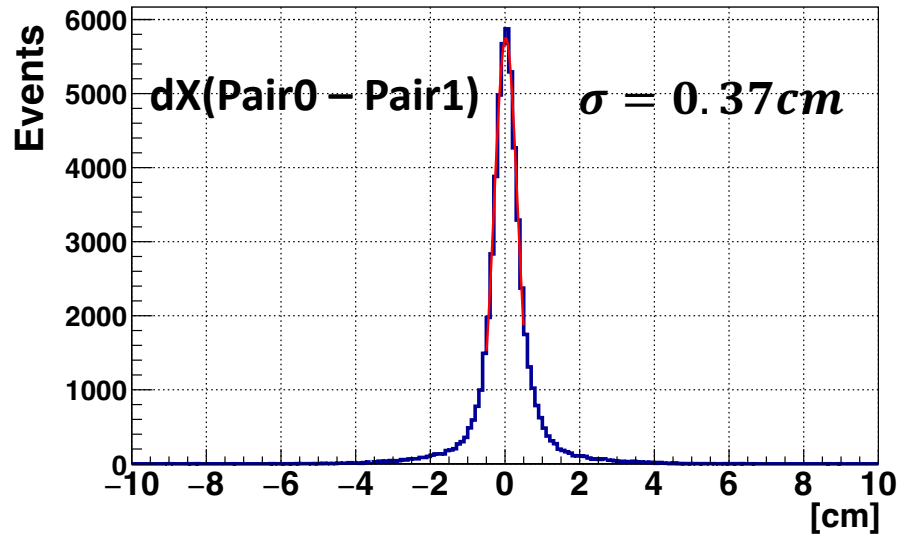
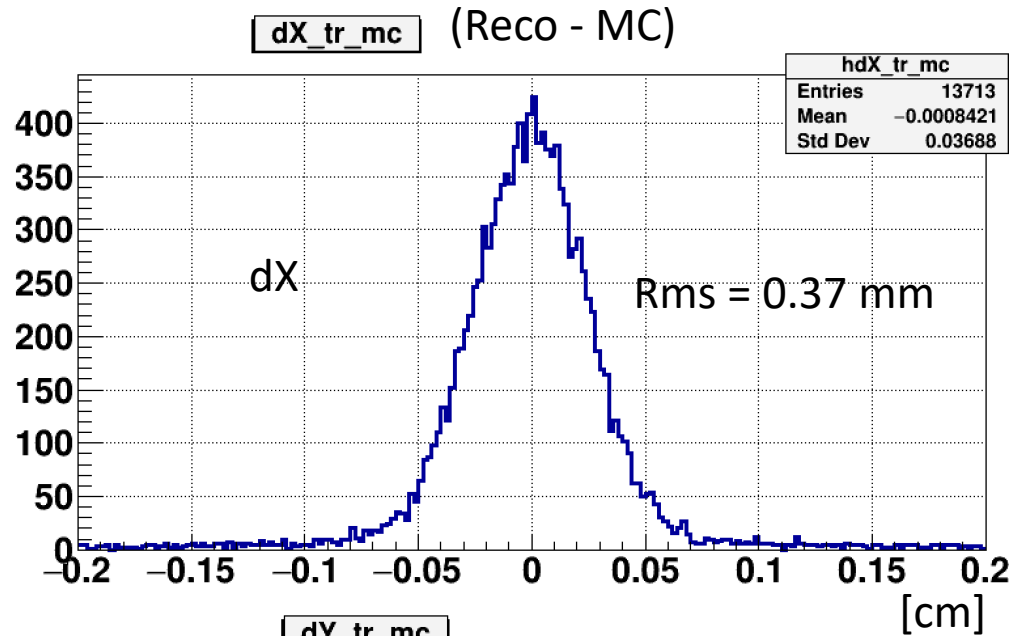
Upstream track

Run 3338; H2 target



MWPC Pair1

Run 3430
empty target



Предлагаемые классы для реконструкции в ПО эксперимента VM@N

<https://git.jinr.ru/nica/bmnroot/-/tree/dev/>

NICA > bmnroot > Repository

dev bmnroot / detectors / mwpc / + Find file Web IDE Clone

correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks from Aleksey...
Konstantin Gertsenberger authored 3 months ago 6cf4da28

Name	Last commit	Last update
..		
C BmnMwpc.cxx	fix compile errors with missing headers; adapt LOG format to ...	6 months ago
h BmnMwpc.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnMwpcContFact.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnMwpcContFact.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnMwpcDigit.cxx	restructuring bmndata directory (moving to corresponding de...	7 months ago
h BmnMwpcDigit.h	restructuring bmndata directory (moving to corresponding de...	7 months ago
C BmnMwpcGeo.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnMwpcGeo.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnMwpcGeoPar.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnMwpcGeoPar.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnMwpcGeometry.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnMwpcGeometry.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnMwpcGeometrySRC.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnMwpcGeometrySRC.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
C BmnMwpcHit.cxx	restructuring bmndata directory (moving to corresponding de...	7 months ago
h BmnMwpcHit.h	restructuring bmndata directory (moving to corresponding de...	7 months ago
C BmnMwpcHitFinder.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnMwpcHitFinder.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
C BmnMwpcHitProducer.cxx	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
h BmnMwpcHitProducer.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago

NICA > bmnroot > Repository

dev bmnroot / detectors / silicon / + Find file Web IDE Clone

find_package for JSON, which is used in BmnRoot but not required package while installation
Konstantin Gertsenberger authored 1 week ago c5b391bb

Name	Last commit	Last update
..		
C BmnSilicon.cxx	fix compile errors with missing headers; adapt LOG format t...	6 months ago
h BmnSilicon.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconConfiguration.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnSiliconDigit.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconDigit.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnSiliconDigitizer.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconDigitizer.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnSiliconHit.cxx	restructuring bmndata directory (moving to corresponding ...	7 months ago
h BmnSiliconHit.h	restructuring bmndata directory (moving to corresponding ...	7 months ago
C BmnSiliconHitMaker.cxx	SIBT decoder implemented, decoder fixes	1 month ago
h BmnSiliconHitMaker.h	adding BmnTask to support online and offline processing vi...	3 months ago
C BmnSiliconHitProducer.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconHitProducer.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnSiliconHitProducerSRC.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconHitProducerSRC.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fr...	3 months ago
C BmnSiliconLayer.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconLayer.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnSiliconModule.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconModule.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
C BmnSiliconTrackFinder.cxx	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fr...	3 months ago
h BmnSiliconTrackFinder.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fr...	3 months ago
C BmnSiliconTransform.cxx	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
h BmnSiliconTransform.h	Moving detectors to 'bmnroot/detectors' directory; add sum...	7 months ago
CMakeLists.txt	find_package for JSON, which is used in BmnRoot but not r...	1 week ago
h SiliconLinkDef.h	DB interfaces are completely separated to move them to su...	5 months ago

NICA > bmnroot > Repository

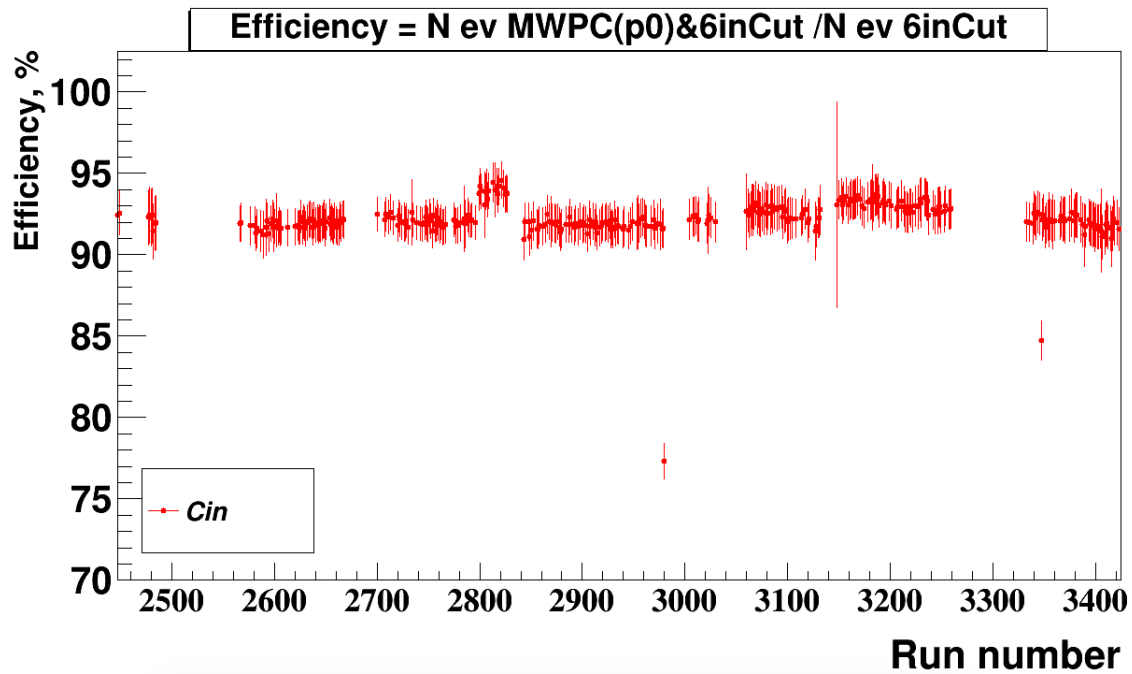
dev bmnroot / reconstruction / globaltracking / + Find file Web IDE Clone

move BM@N examples for UniConDa to the BmnRoot in order they can be edited by...
Konstantin Gertsenberger authored 1 week ago 902051fc

Name	Last commit	Last update
..		
C BmnGemDchTrack.cxx	rename bmnroot/data to bmnroot/base; move dst, tracking an...	7 months ago
h BmnGemDchTrack.h	rename bmnroot/data to bmnroot/base; move dst, tracking an...	7 months ago
C BmnGlobalTrack.cxx	rename bmnroot/data to bmnroot/base; move dst, tracking an...	7 months ago
h BmnGlobalTrack.h	The Chi2InVertex field has been added to GlobalTrack. This m...	6 months ago
C BmnGlobalTracking.cxx	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
h BmnGlobalTracking.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
C BmnSRCTriggersCheck.cxx	simplify database class names by removing 'Db'	2 months ago
h BmnSRCTriggersCheck.h	simplify database class names by removing 'Db'	2 months ago
C BmnTriggersCheck.cxx	simplify database class names by removing 'Db'	2 months ago
h BmnTriggersCheck.h	simplify database class names by removing 'Db'	2 months ago
C BmnUpstreamTracking.cxx	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
h BmnUpstreamTracking.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
C BmnVertexFinder.cxx	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
h BmnVertexFinder.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
CMakeLists.txt	move BM@N examples for UniConDa to the BmnRoot in order ...	1 week ago
h GlobalTrackingLinkDef.h	DB interfaces are completely separated to move them to subm...	5 months ago
C SrcVertexFinder.cxx	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago
h SrcVertexFinder.h	correct initialization and TStreamer packing for bmn tasks fro...	3 months ago

Эффективность реконструкции

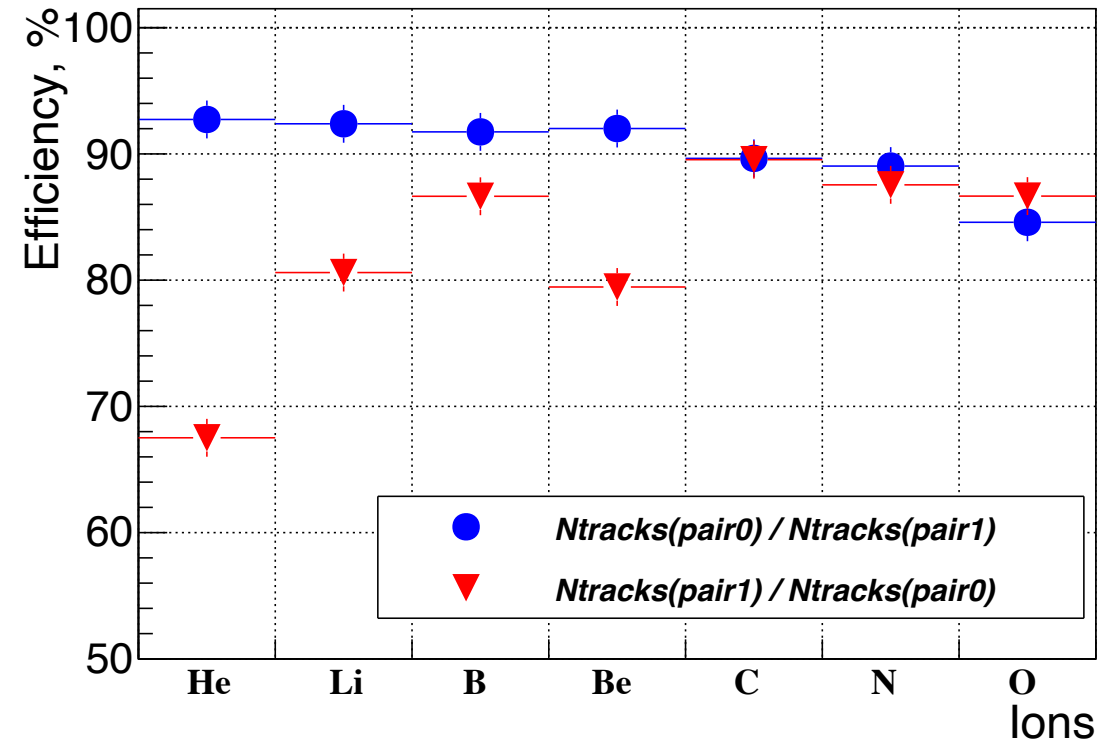
MWPC(p0) efficiency



$$\frac{N_{of \text{ ev MWPC}(p0) \& Cin}}{N_{of \text{ ev Cin}}}$$

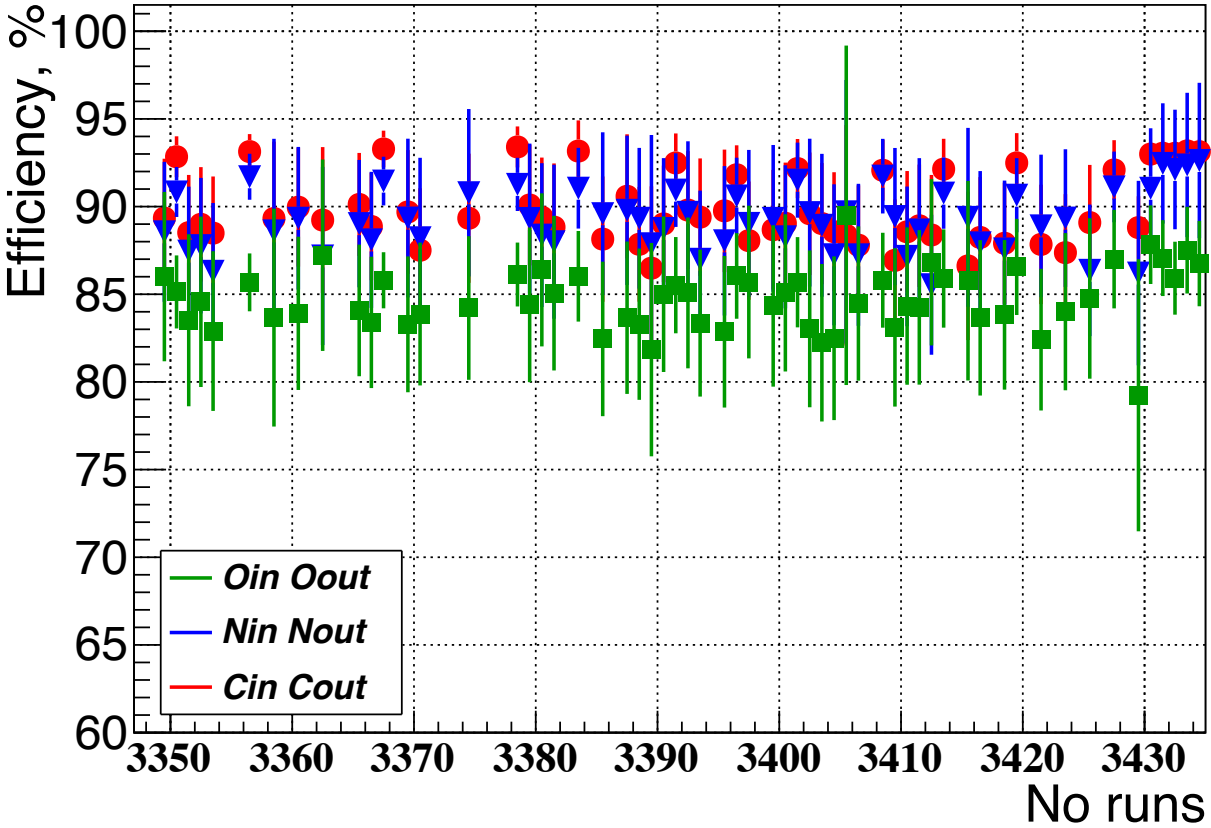
$$Eff_{Cin \text{ cut}} = 92.17 \pm 0.10$$

MWPC average Efficiency for Ions



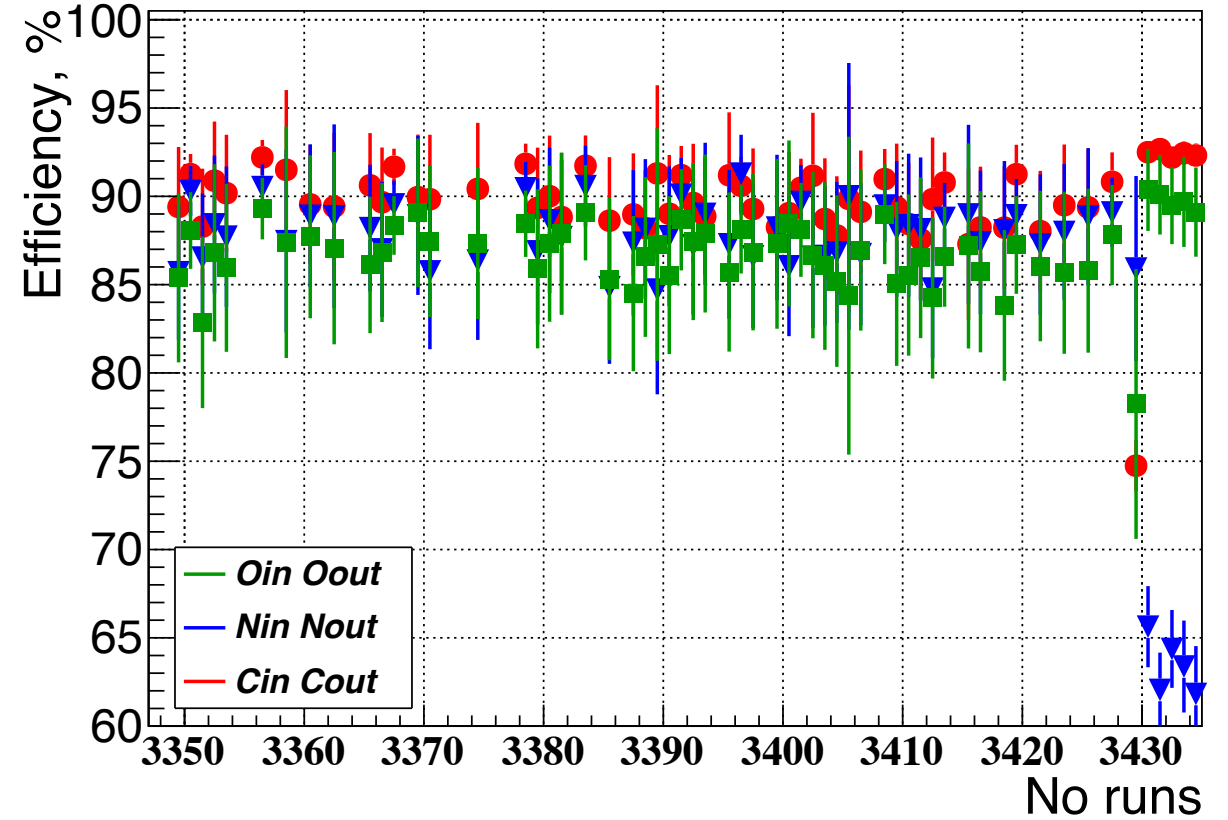
MWPC Track Efficiency with Ion cuts

Efficiency per Run $N_{tracks}(pair0) / N_{tracks}(pair1)$



Systematically Efficiency C out > N out > O out
 “Or” Trigger Efficiency is higher, than “&” Trigger Efficiency

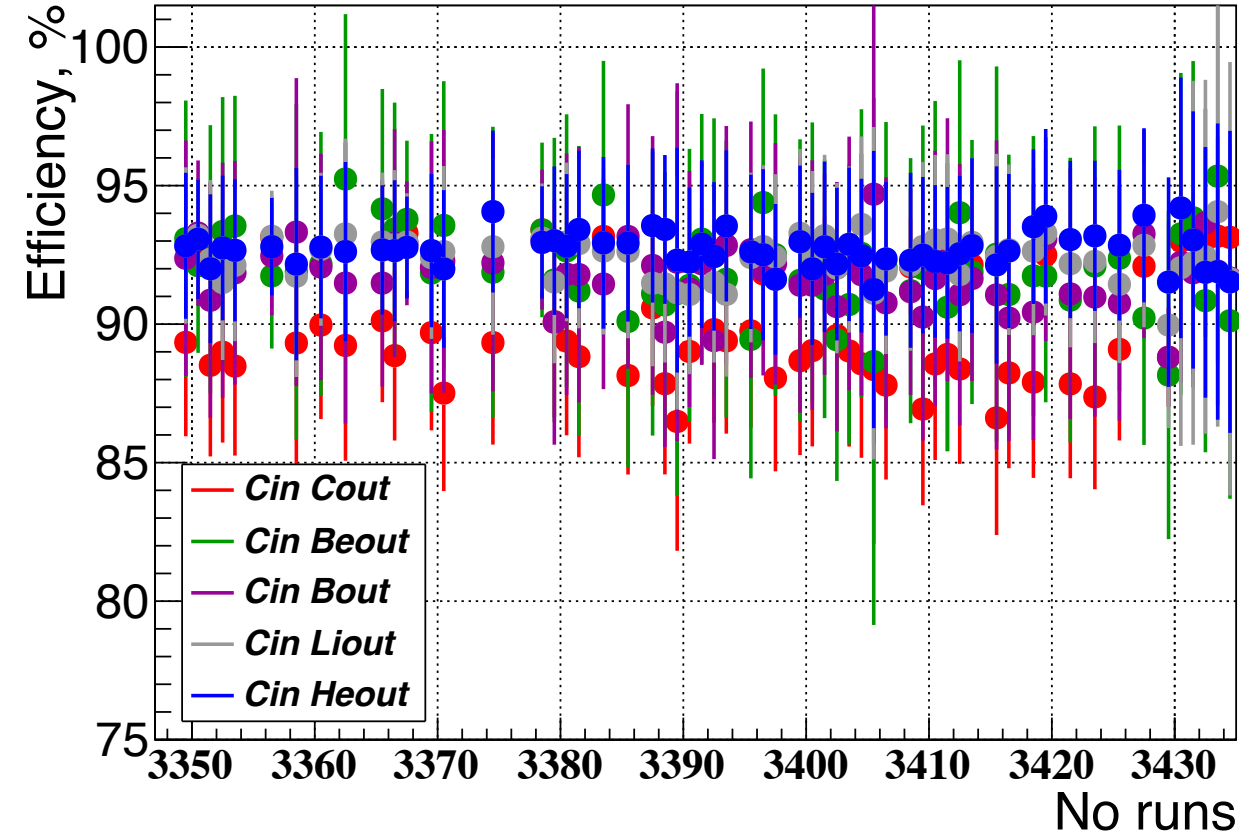
Efficiency per Run $N_{tracks}(pair1) / N_{tracks}(pair0)$



Difference is not so far

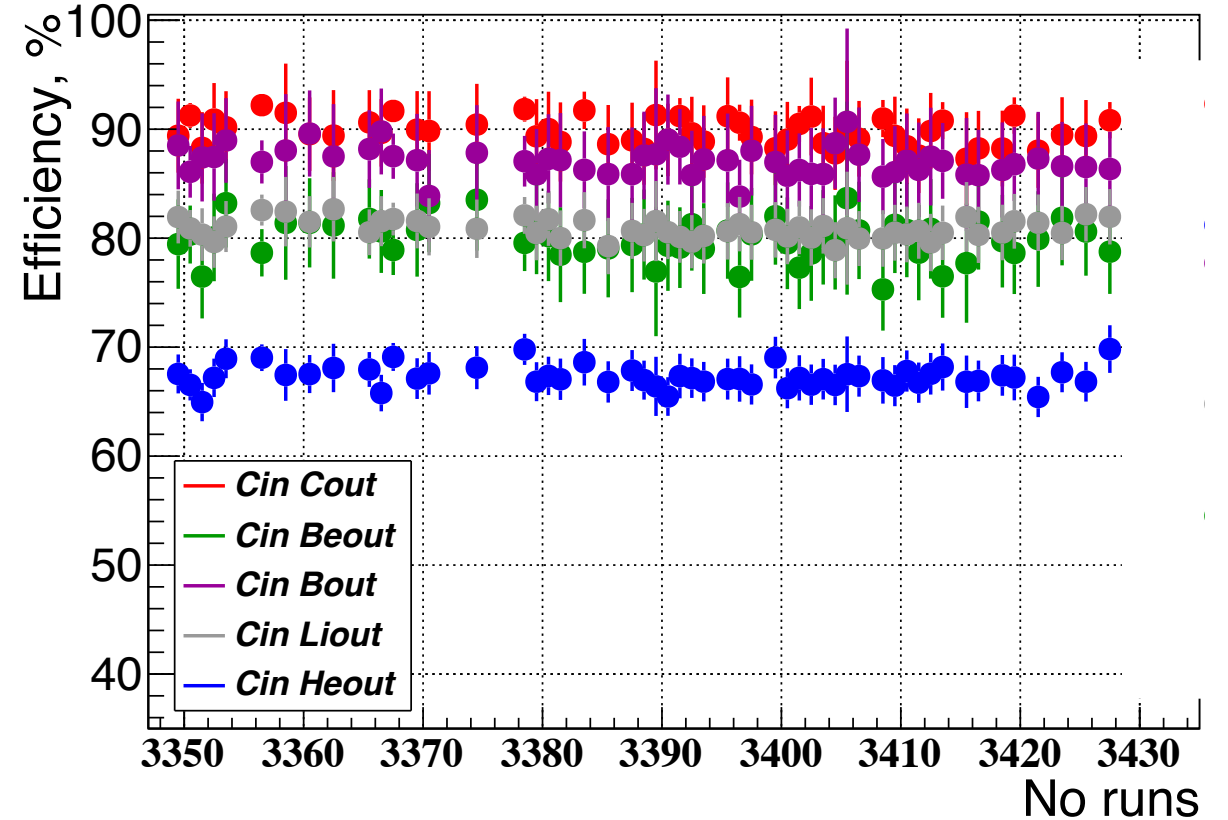
MWPC Track Efficiency with Ion cuts

Efficiency per Run $N_{\text{tracks}}(\text{pair0}) / N_{\text{tracks}}(\text{pair1})$



Difference is not so far

Efficiency per Run $N_{\text{tracks}}(\text{pair1}) / N_{\text{tracks}}(\text{pair0})$

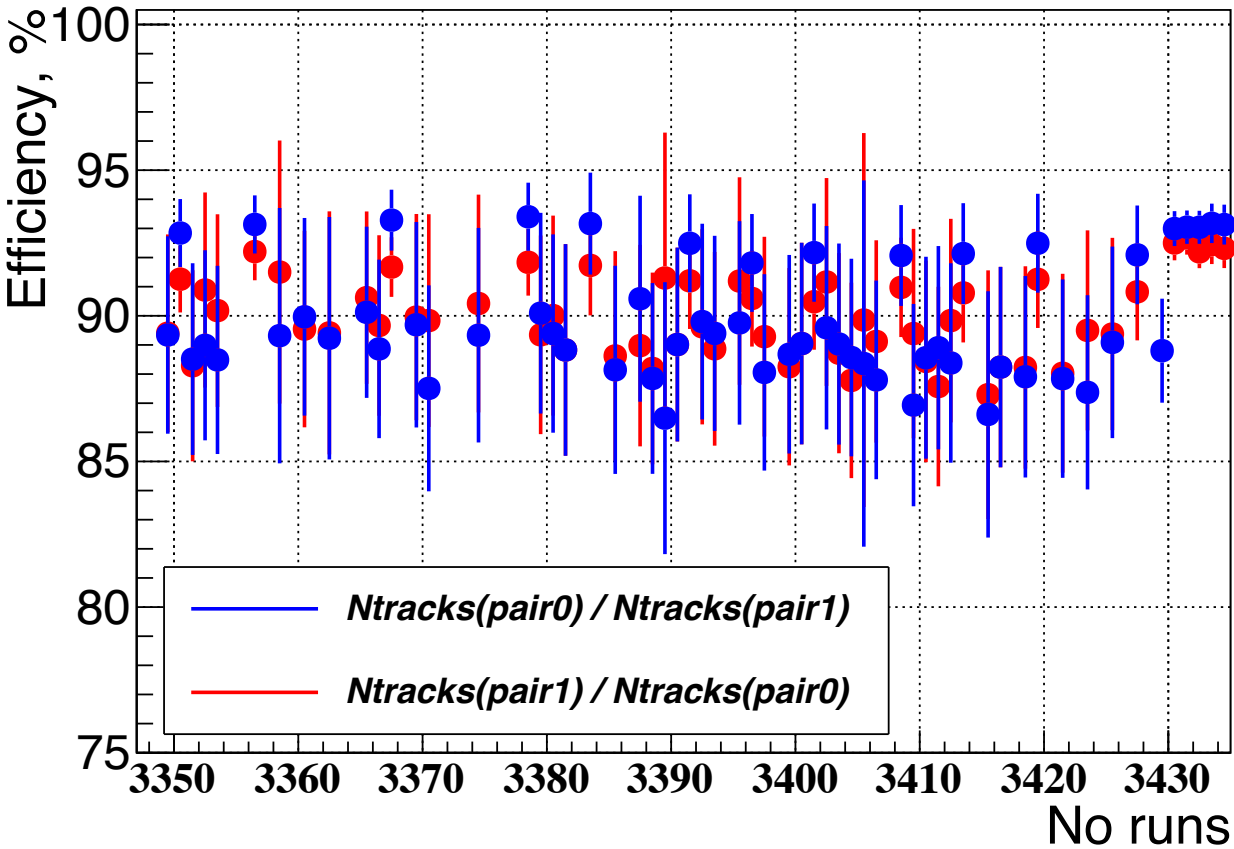


Efficiency increases from He to C

Some particularity for Be (trigger conditions), see below

Track Efficiency

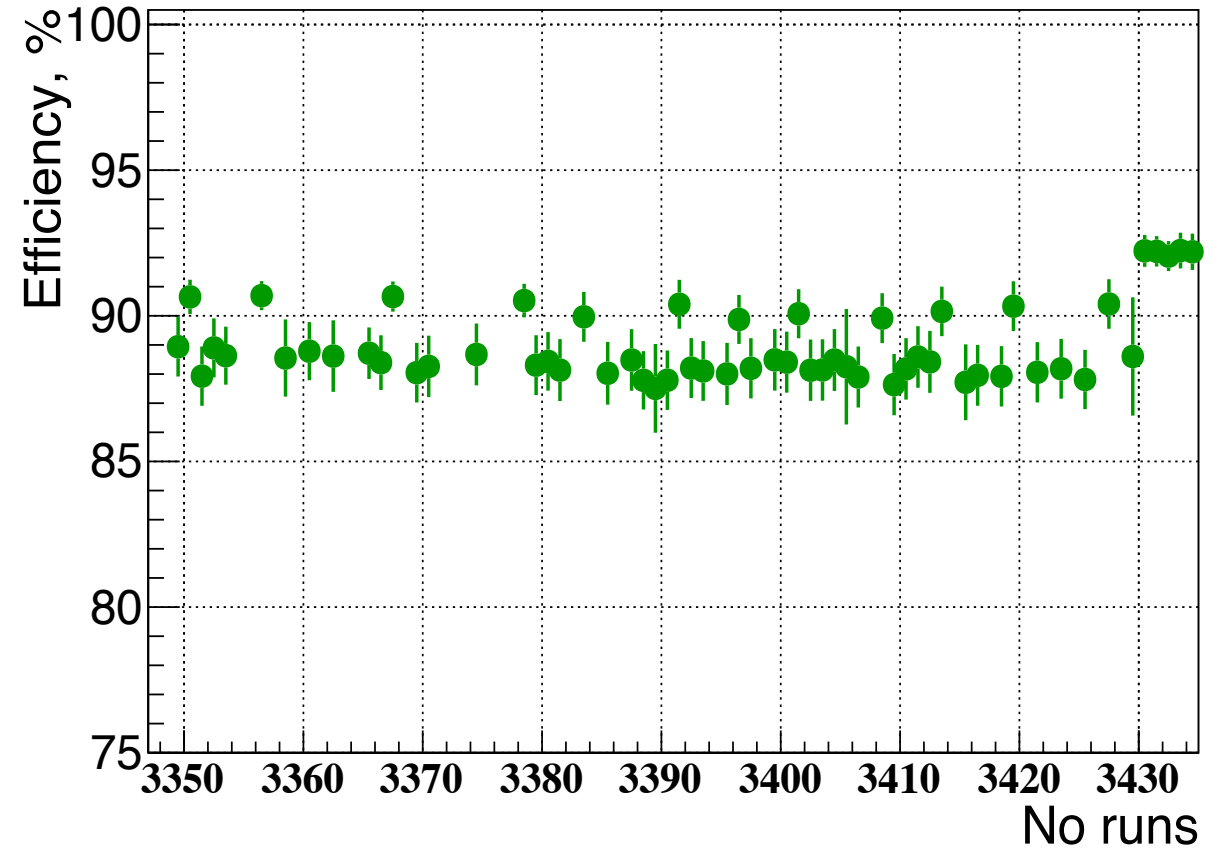
Efficiency per Run: Cin Cout



Efficiency pair1/pair0 > pair0/pair1
 "Or" Trigger Efficiency is higher, than "&" Trigger Efficiency

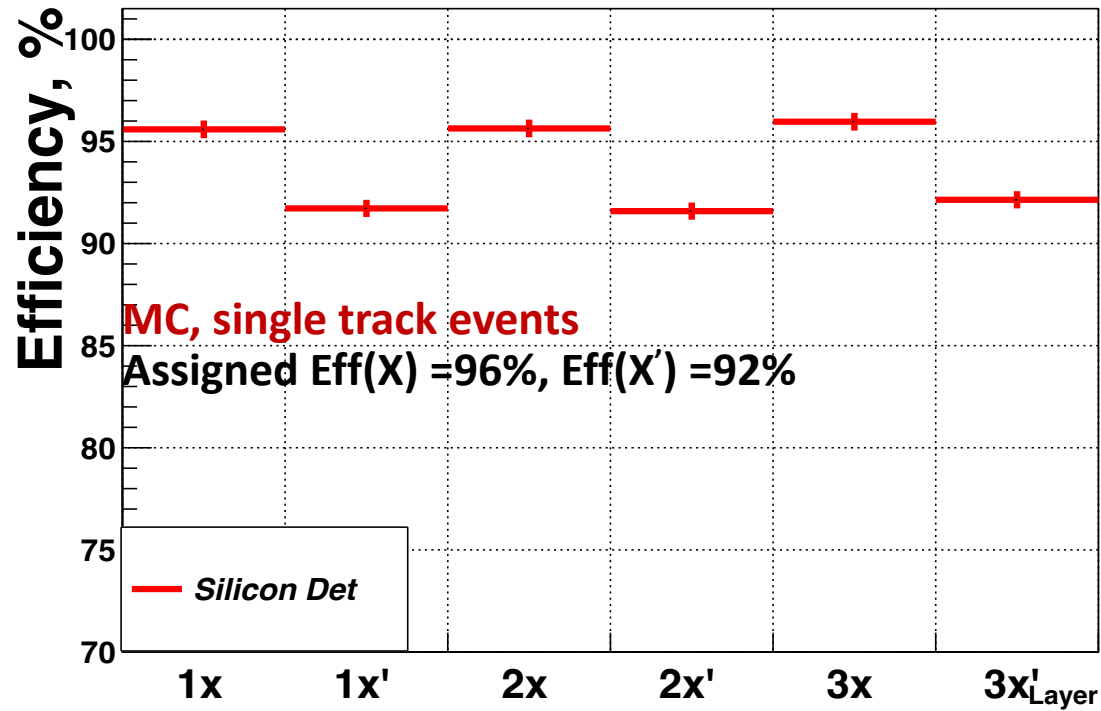
Efficiency per Run $Ntracks(pair0) / Ntracks(pair1)$ & $N(Si + PC)tracks$

Upstream track



Efficiency with Si conditions is consistent

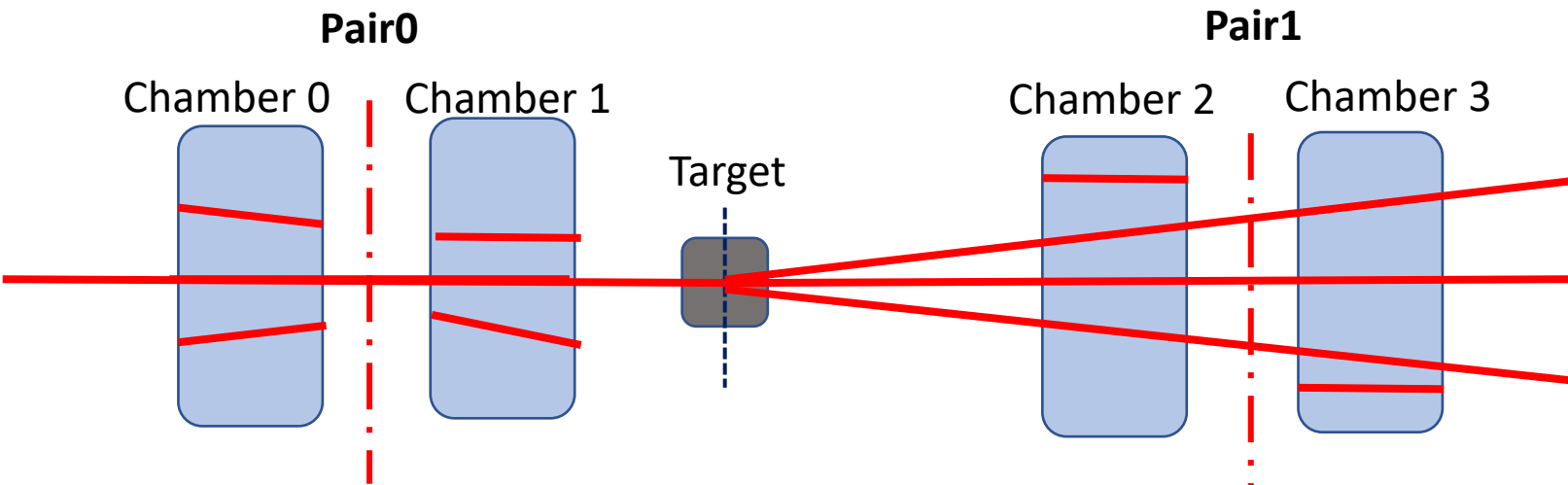
Кремниевый детектор:



MC data:

Алгоритм возвращает заданную эффективность → реконструкция работает корректно

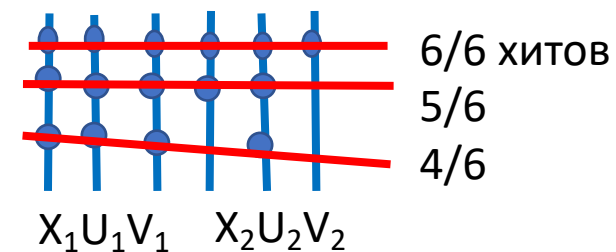
Реконструкция треков в MWPCs



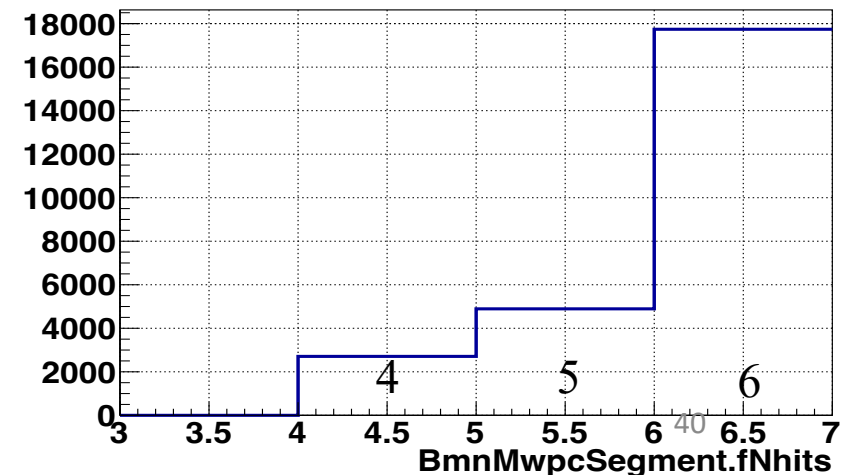
Режим работы MWPC не был оптимальным - кластеры были большими

Трек-сегмент = реконструированный прямой трек в одной камере

1. Трек-сегмент, образованный с использованием
2. Реконструкция и фитирование трек-сегмента в каждой камере
3. Экстраполяция трек-сегментов в $Z_{0,1} = (Z_1 + Z_2)/2$ и выбор лучшей пары с помощью критерия χ^2
4. Фитирование MWPC-трека в парах камер Pair0 и Pair1



Number of points per track-segment



Detector resolution

$$\bullet \sigma_X = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N}}, \quad \sigma_{tgX} = \sqrt{\frac{\sigma^2}{N * \overline{Z^2}}},$$
$$\sigma = \frac{d}{\sqrt{12}} = 0.072$$

d - wire step = 0.25 cm ,

N – number of points in segment (basically 6 planes/hits)

$$\overline{Z^2} = \text{sum}(z_i^2)/N$$

Z_i - distance from plane to center of chamber

Residuals X (Hit-Fit)

Run 3338; H2 target

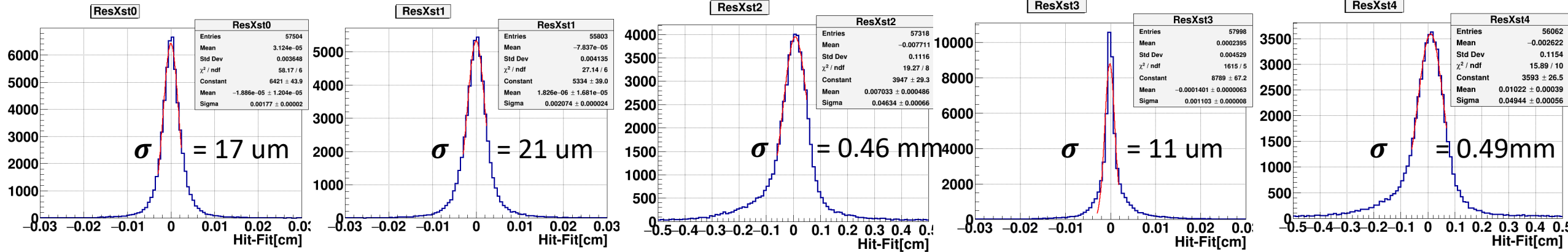
Silicon1

Silicon2

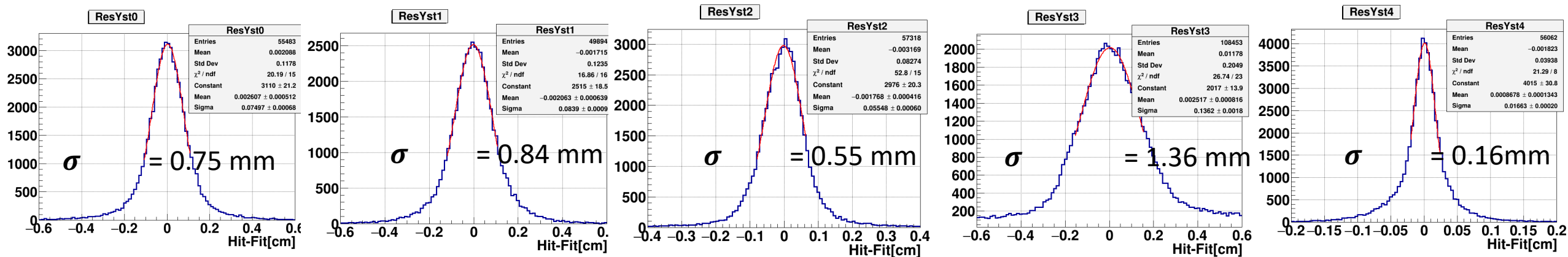
MWPC2

Silicon3

MWPC3



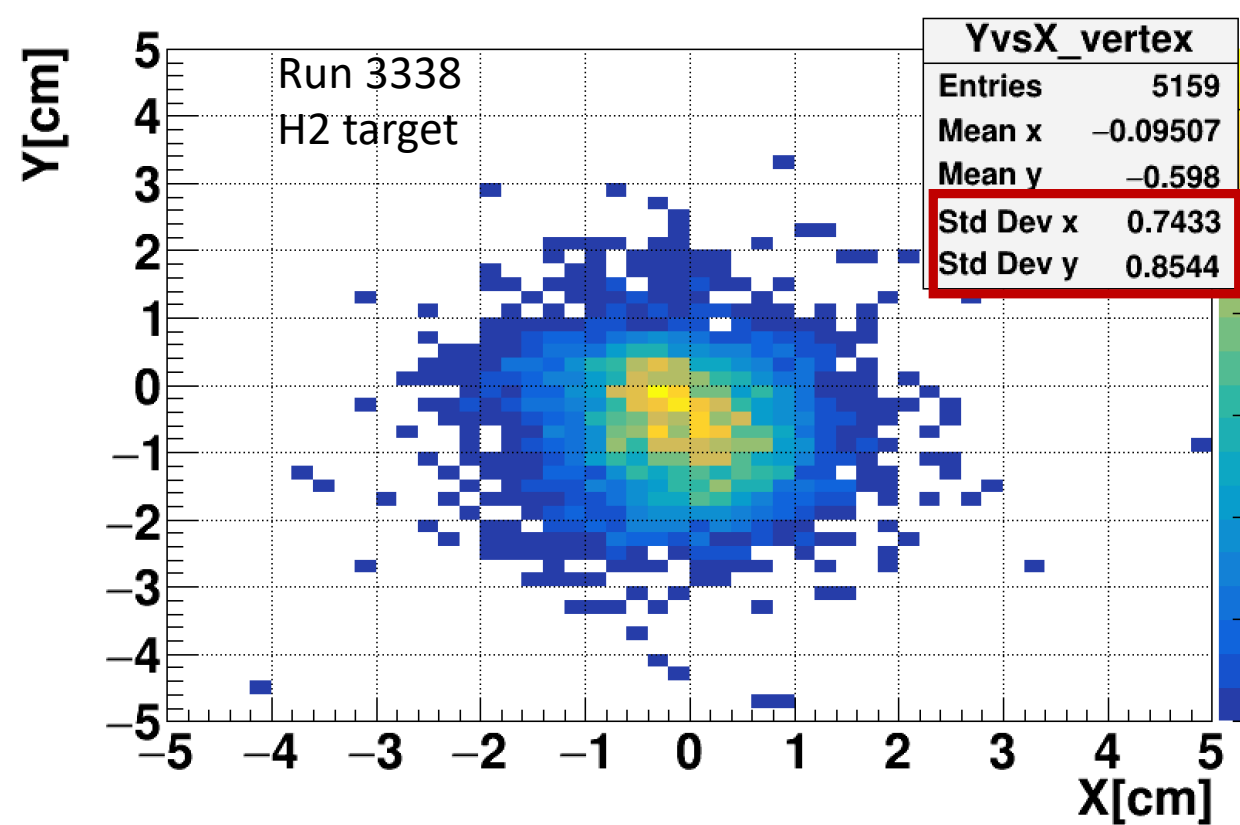
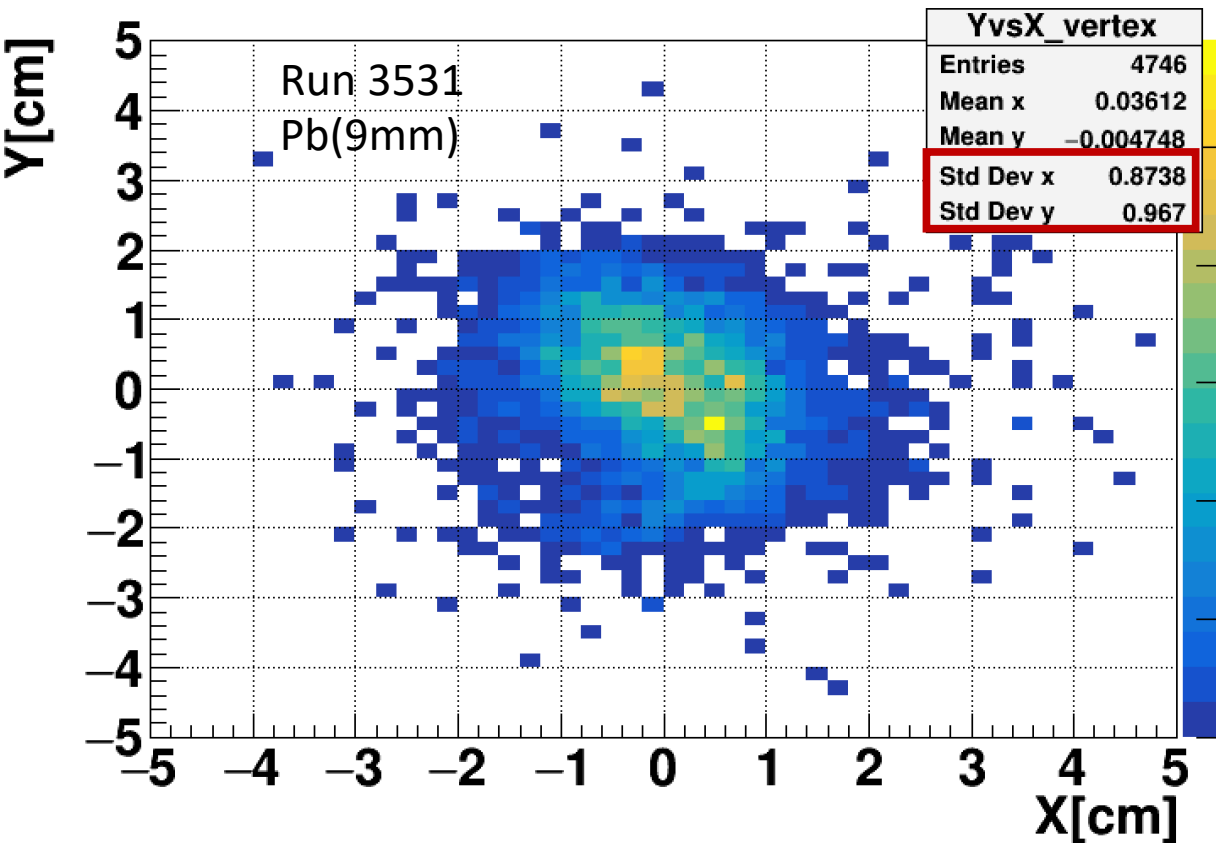
Residuals Y (Hit-Fit)



YvsX_Vertex reconstruction at Zvertex: Cin

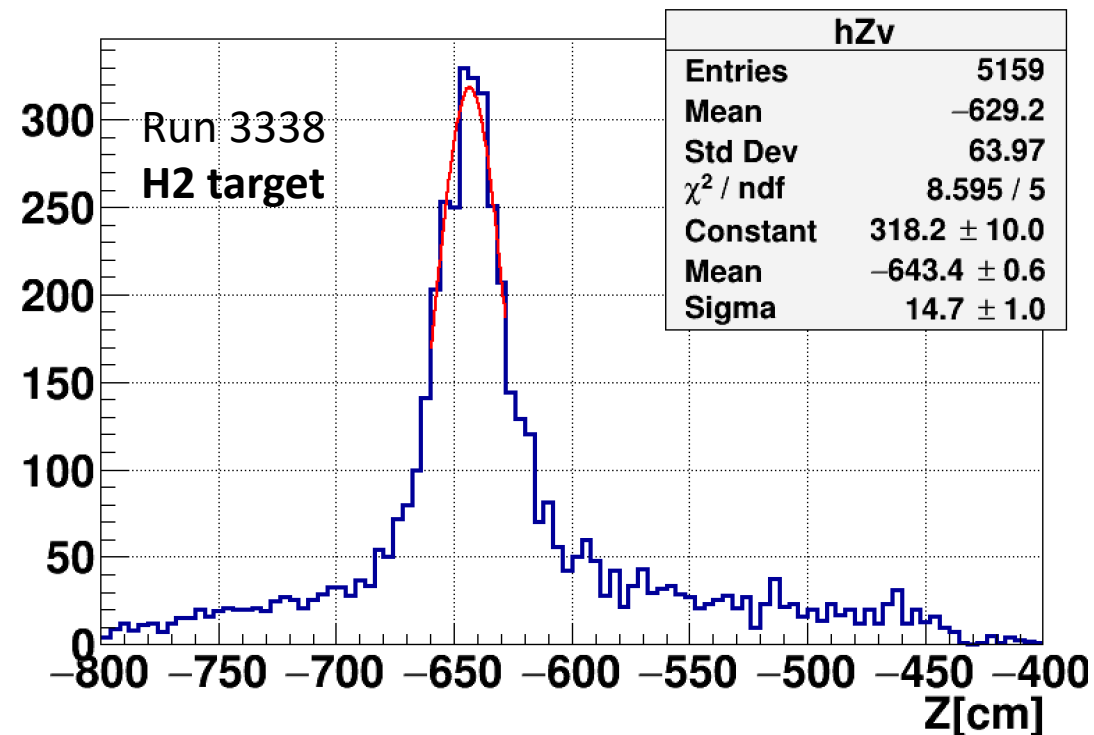
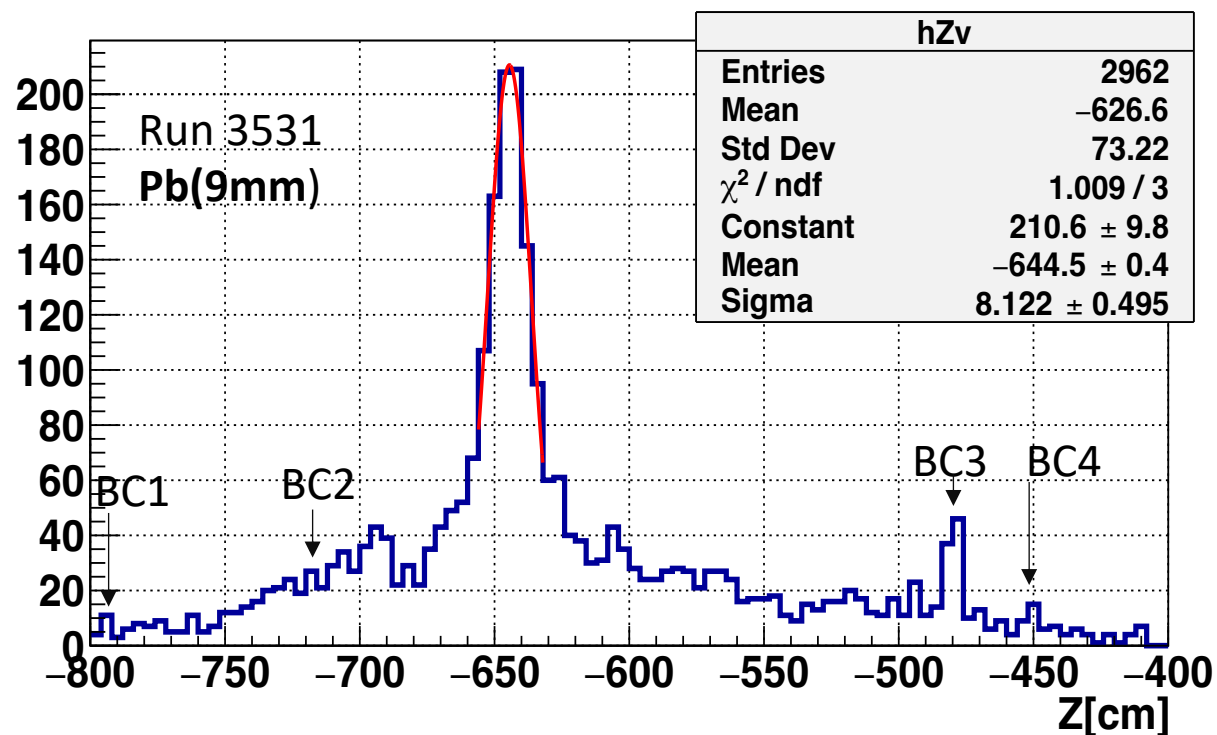
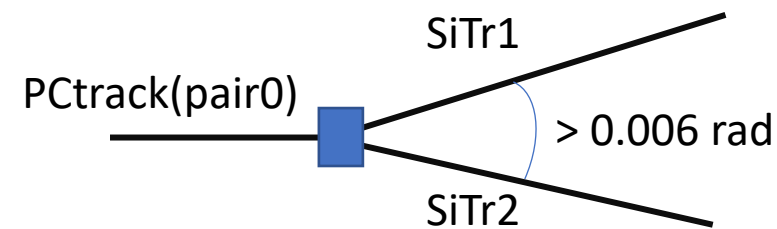
$$X_V = \frac{X_{PC0Zv} + \sum X_{si_{zv}}}{N_{Sitracks} + 1}$$

$$Y_V = \frac{Y_{PC0Zv} + \sum Y_{si_{zv}} / N_{Sitracks}}{2}$$



ZVertex reconstruction: Cin cuts

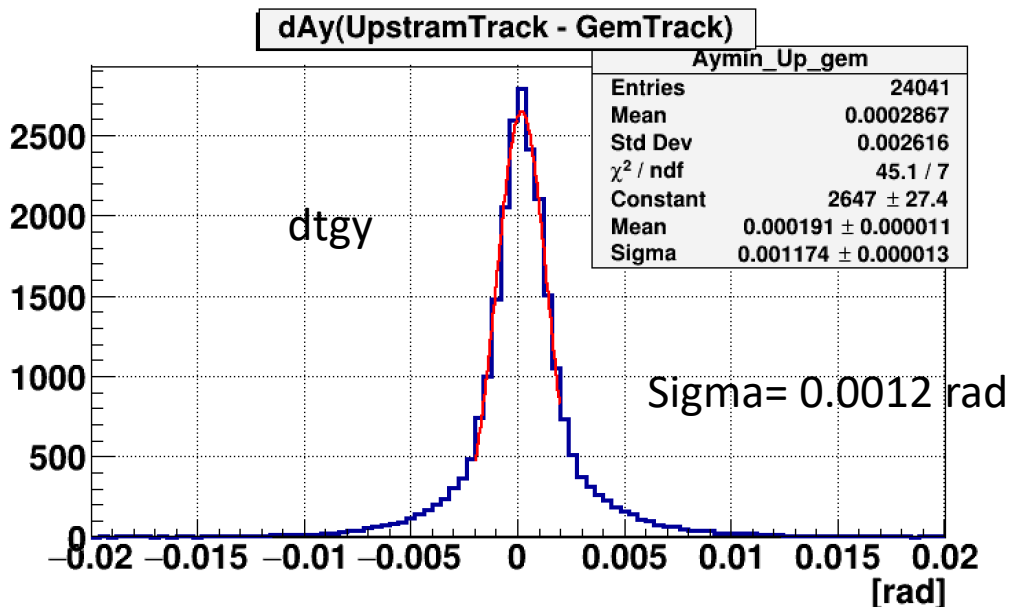
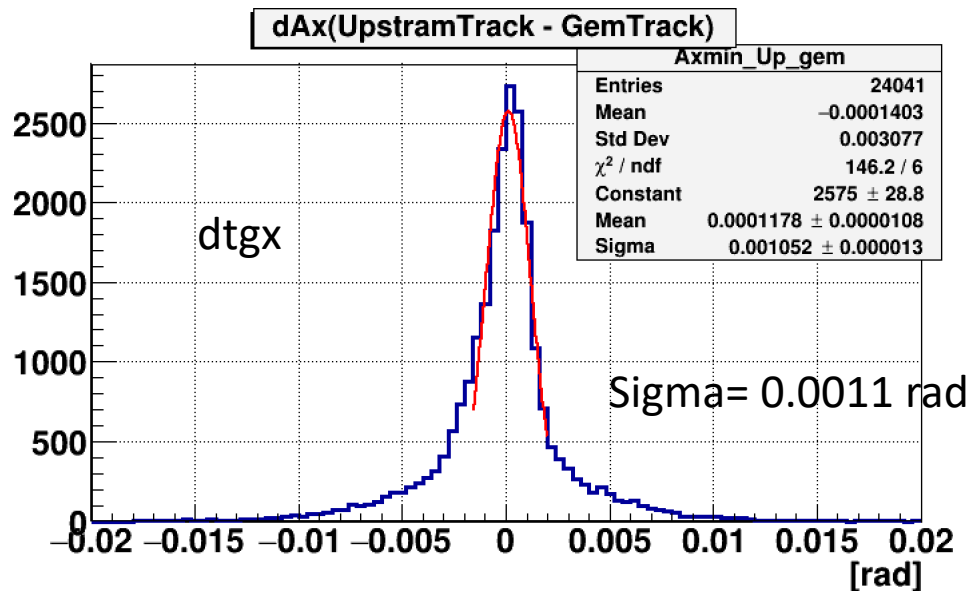
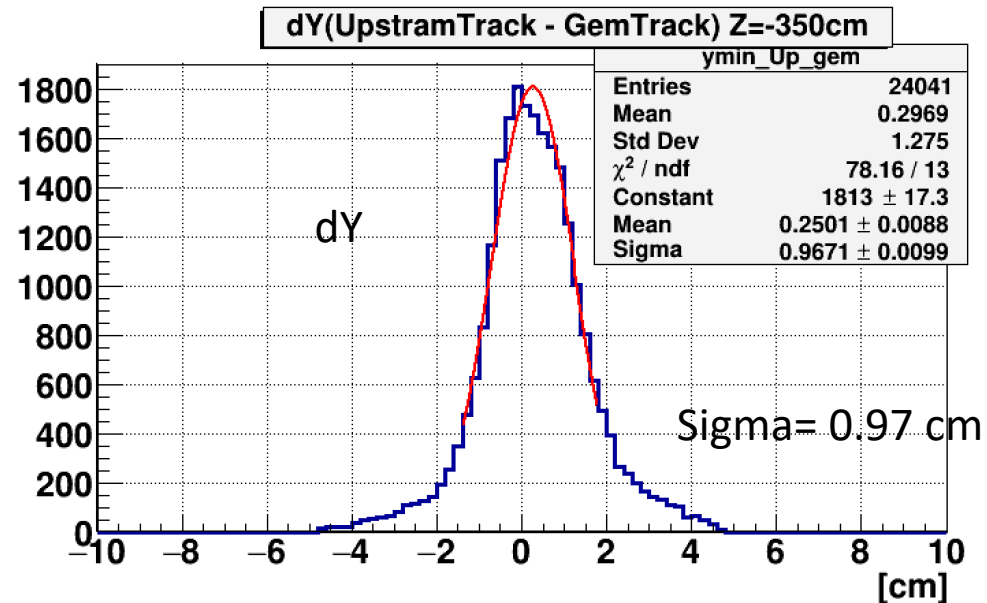
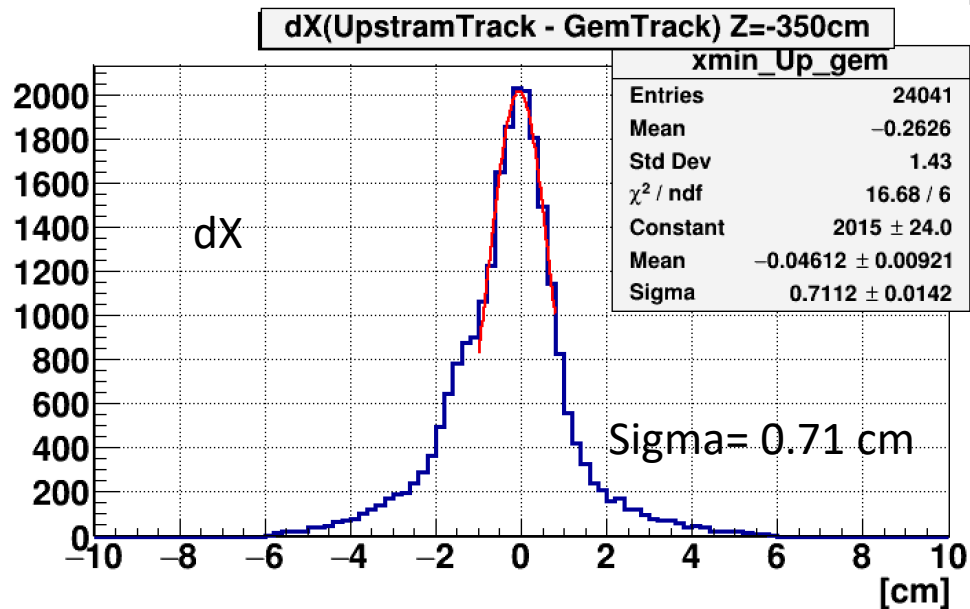
Conditions : Number of Si-tracks > 1 $dtgX(\text{SiTr1-SiTr2}) > 0.006$ rad



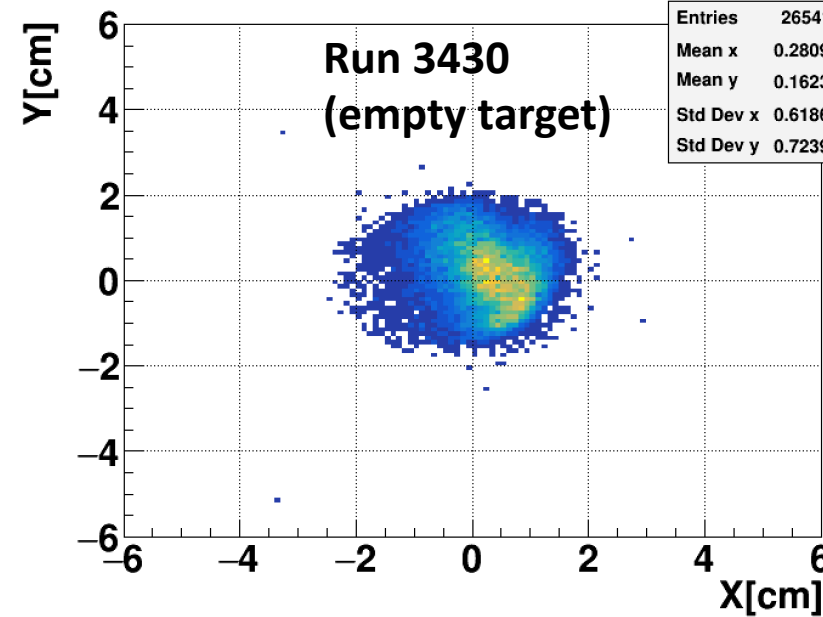
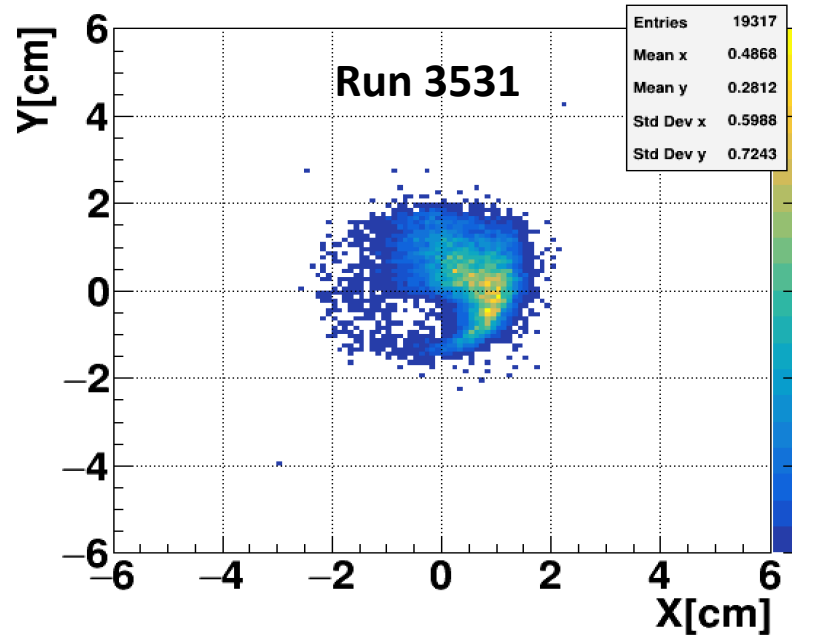
- Z vertex was reconstructed as the intersection of Silicon-tracks

GemTracks extrapolated at Z = -350 (run 3430; empty target)

Different between UpstreamTracks & GemTracks



Beam profile before target (MWPC pair0)



Cin cut

