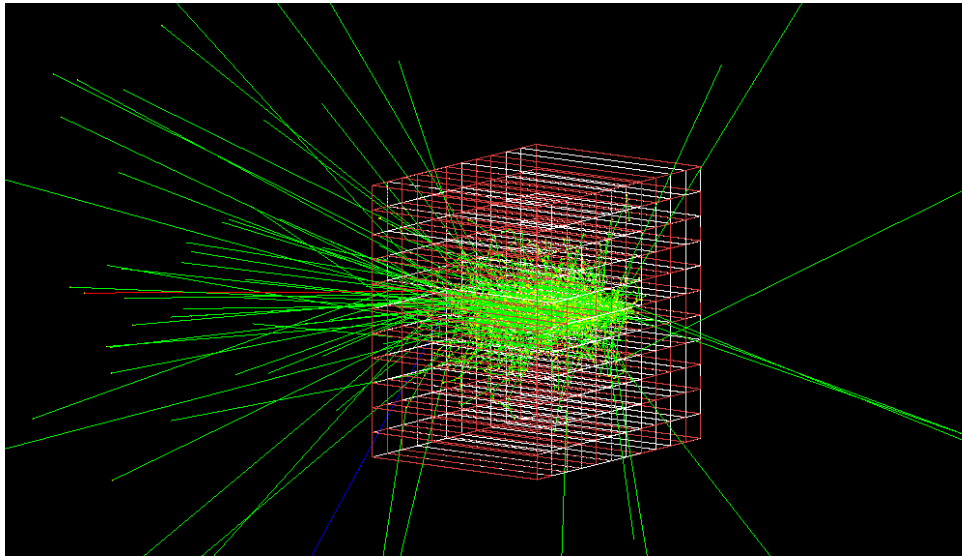


Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ НАЛОЖЕННЫХ КЛАСТЕРОВ В ЭЛЕКТРОМАГНИТНОМ КАЛОРИМЕТРЕ



Работу выполнил:
Фоменко Г.Е.
Б18-102

Научный Руководитель:
Блау Д.С.

Москва 2022

ОПИСАНИЕ

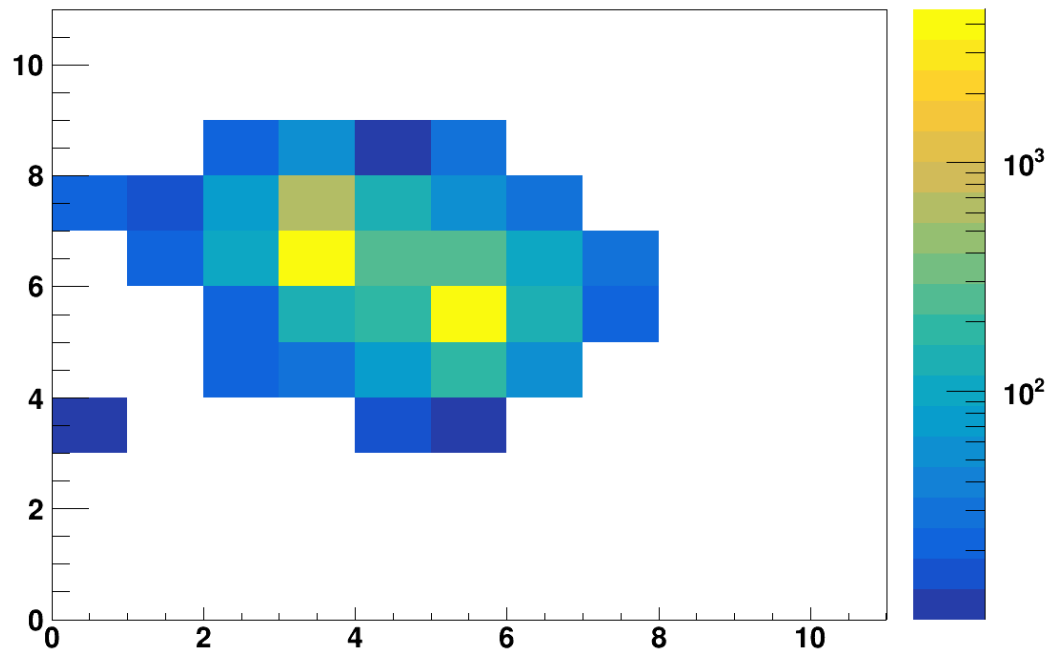
- Целью данной работы было создание алгоритма для разделения сигналов от кластеров двух гамма квантов с помощью аппроксимации этого сигнала различными функциями.
- Данные для данной работы были получены Монте-Карло моделированием в пакете программ GEANT4, объем статистики 5 тысяч событий на каждую точку по энергии.
 - Были взяты две функции для аппроксимации кластеров: Первая - Функция Гаусса.

Вторая функция: $f(E, r) = \begin{cases} par[0] \cdot \exp(-r^4/par[3]) & r \leq 0.5\text{cm} \\ par[0] \cdot \max(\exp(-r^4[3]), par[5] \cdot \exp(-r^{0.6}/par[4])) & r > 0.5\text{cm} \end{cases}$

$$r = \sqrt{(x - par[1])^2 + (y - par[2])^2}$$

- (Далее будет именоваться как фиттер). Функция была взята из TDR ALICE PHOS от 1998 года. Данная функция с некоторой точностью описывает форму ливня, образующегося в кристаллах PbWO4 в ходе каскадных процессов при попадании в него гамма квантов.
- Само устройство алгоритма можно разделить на несколько этапов. Определение координат пиков, каты (если применяются), задание параметров функции фитирования, само фитирование, перевзвешивание вкладов в энерговыделение ячеек от отдельных фотонов.

Edep XY



Энерговыделение от одного события с энергией 6 Гэв на расстоянии 5см в Log-масштабе

$$E_{1,2}^{ij} = E_{cell}^{ij} \frac{E_{func1,2}}{E_{func1} + E_{func2}} \quad \text{— Формула перевзвешивания вкладов}$$

Разделение двух гамма квантов с энергией 6 ГэВ на разных расстояниях

Energy division for 6GeV gamma vs Radius

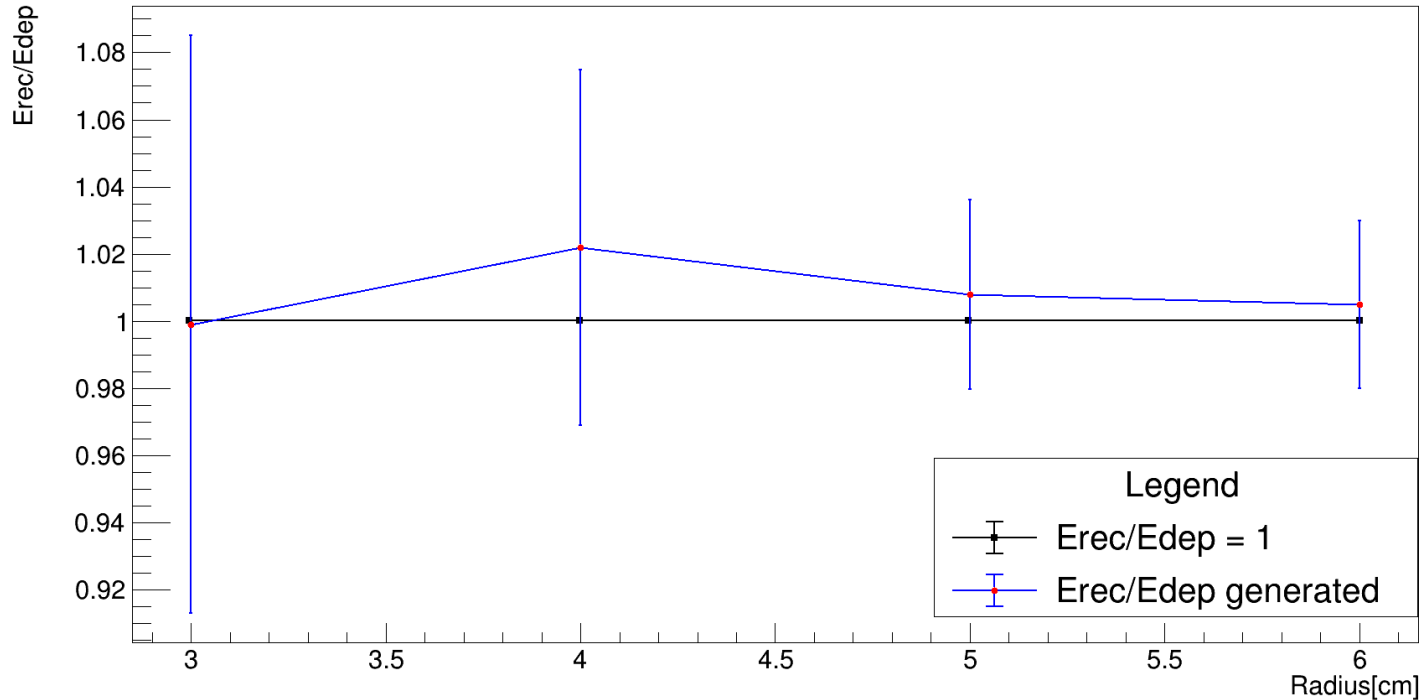


График зависимости отношения энергии реконструированной к энергии выделенной для гамма-кванта с энергией 6 ГэВ на разных расстояниях, данные получены с помощью функции фиттер.

Разделение двух гамма квантов с энергией 6 ГэВ на разных расстояниях

Energy division for 6GeV gamma vs Radius

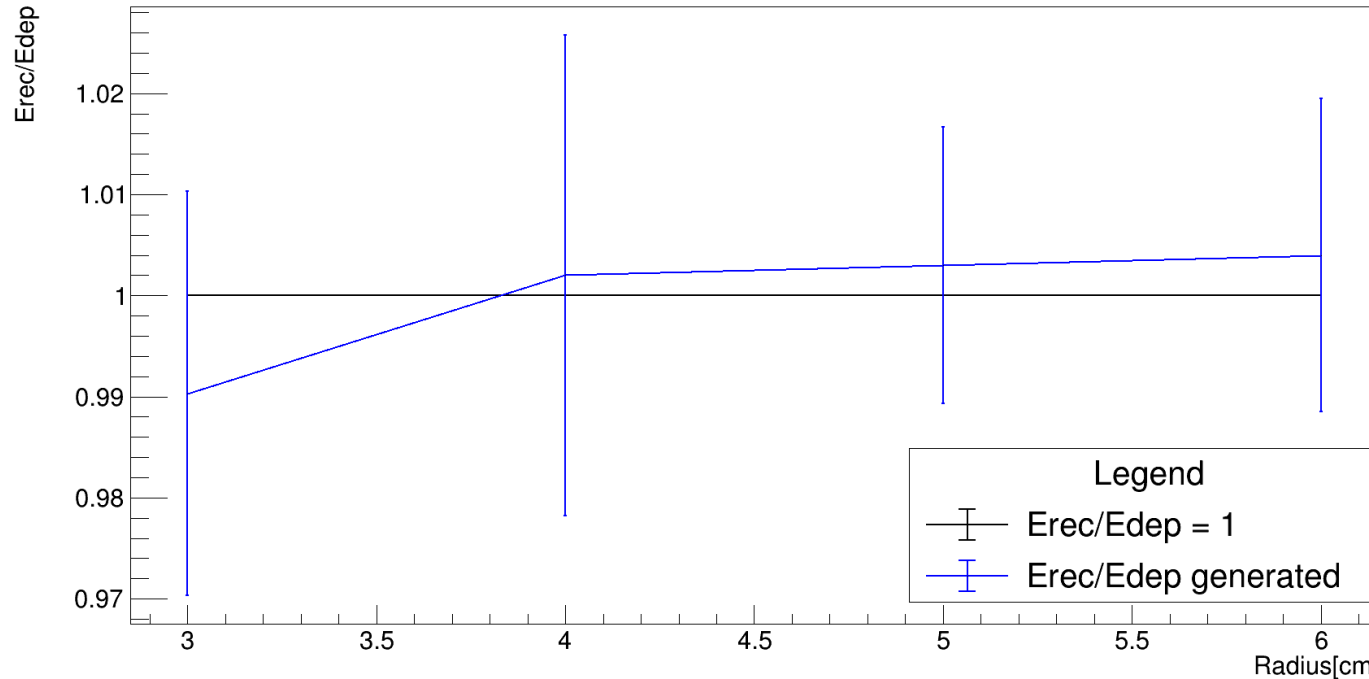
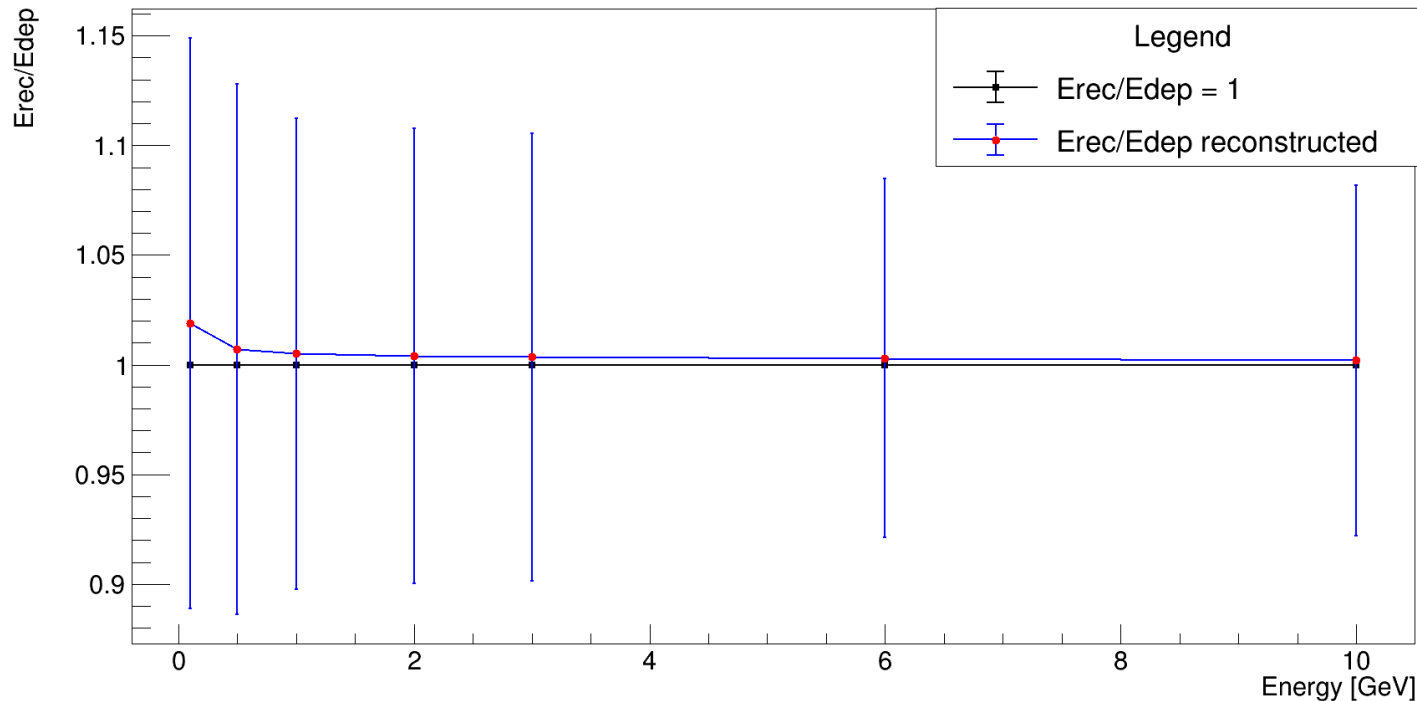


График зависимости отношения энергии реконструированной к энергии выделенной для гамма-кванта с энергией 6 ГэВ на разных расстояниях, данные получены с помощью функции гаусса.

Разделение двух гамма квантов с разными энергиями на расстоянии 3 см

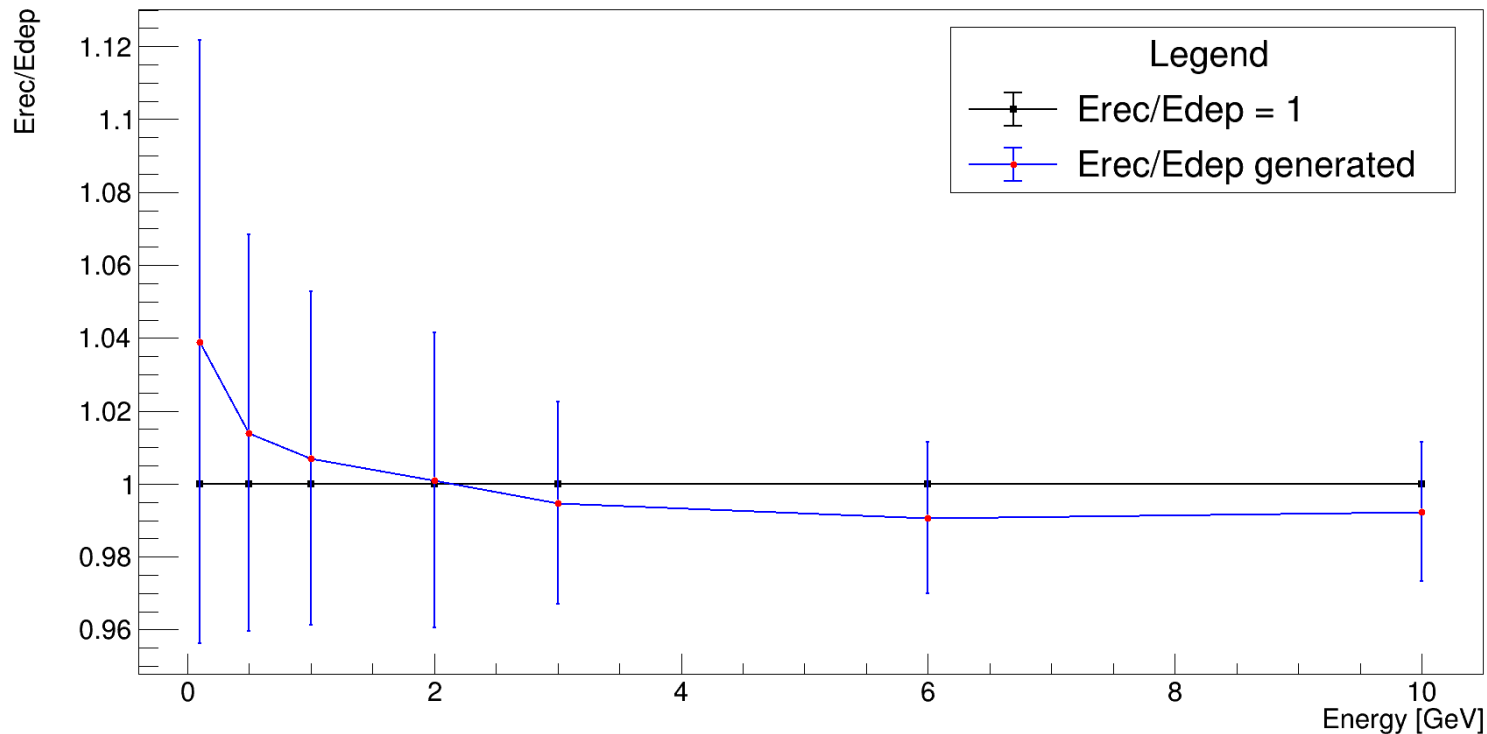
Energy division for 3cm vs energy by Fitter



Восстановление энергии гамма квантов различных энергий на расстоянии 3см с применением функции фиттер

Разделение двух гамма квантов с разными энергиями на расстоянии 3 см

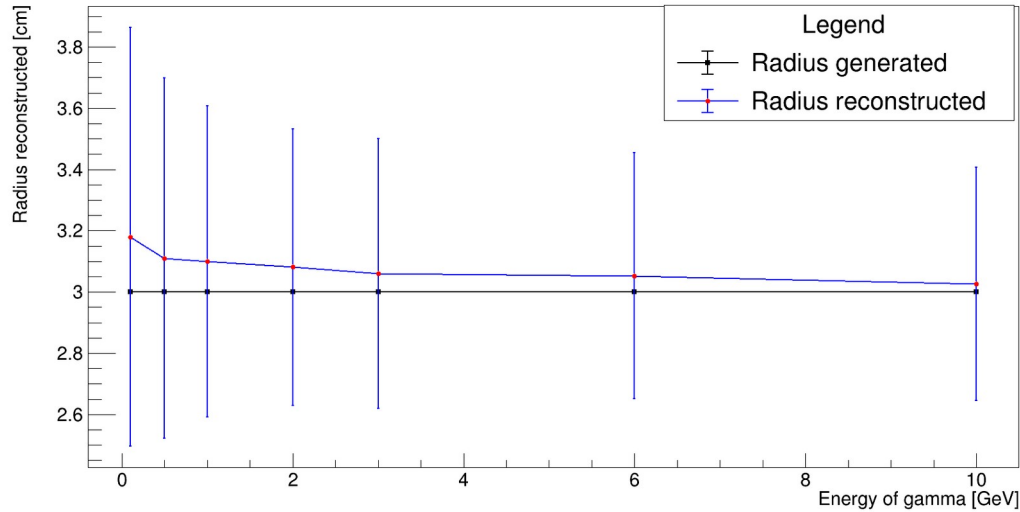
Energy division for 3cm vs energy by Gauss



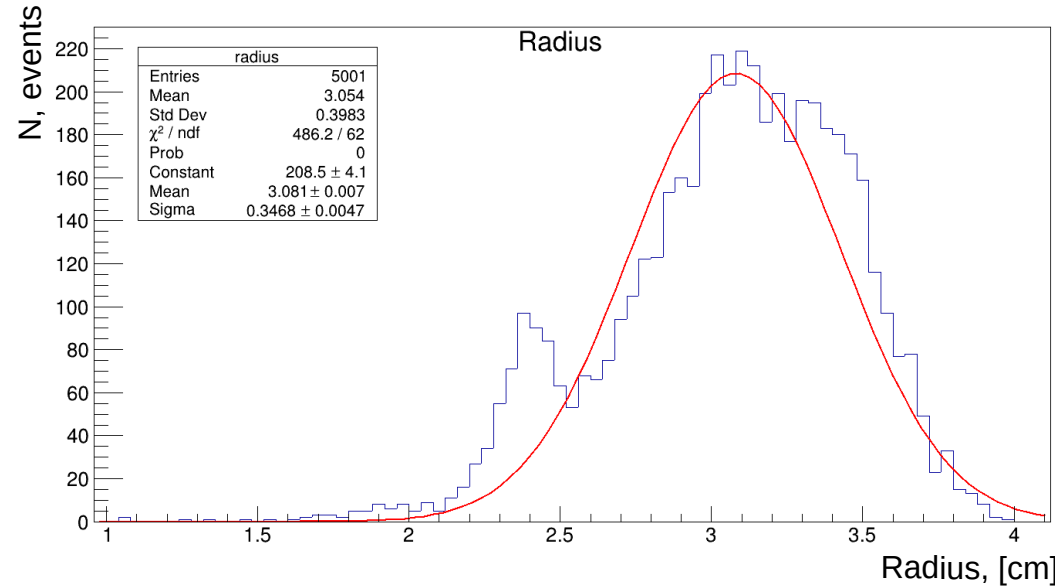
Восстановление энергии гамма квантов различных энергий на расстоянии 3см с применением функции гаусса

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ С РАЗНЫМИ ЭНЕРГИЯМИ

Radius reconstruction vs Energy of gamma



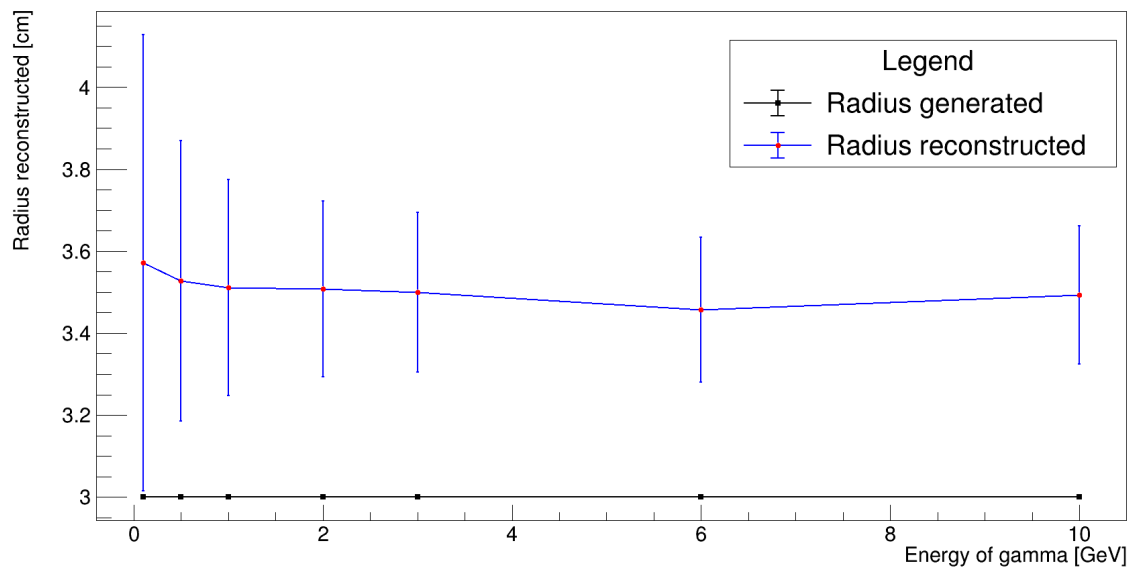
Восстановление значений расстояний между частицами при разных энергиях с использованием функции фиттер



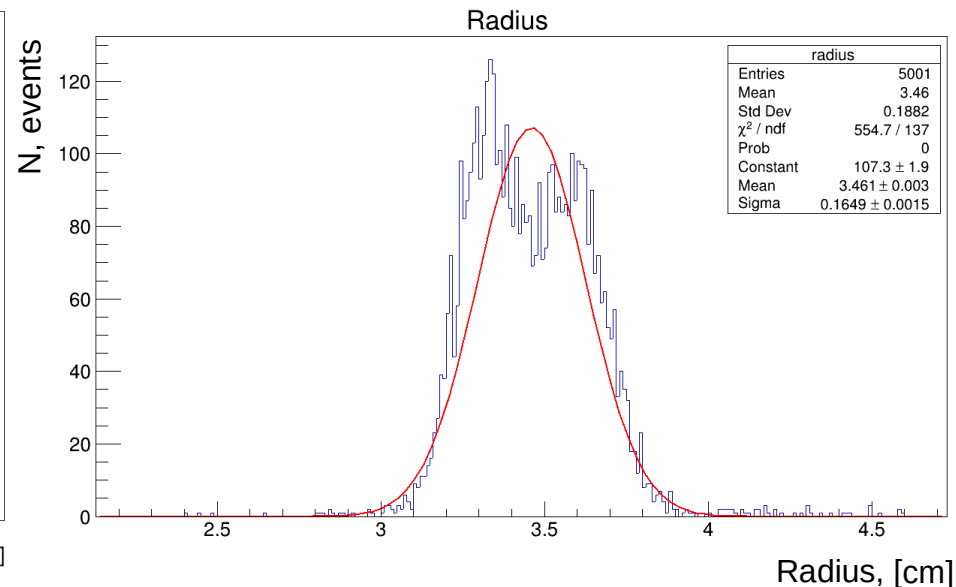
Распределение величины расстояния между разделенными кластерами для двух гамма квантов с энергией 6 ГэВ полученные с помощью функции фиттер

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ

Radius reconstruction vs Energy of gamma by gauss



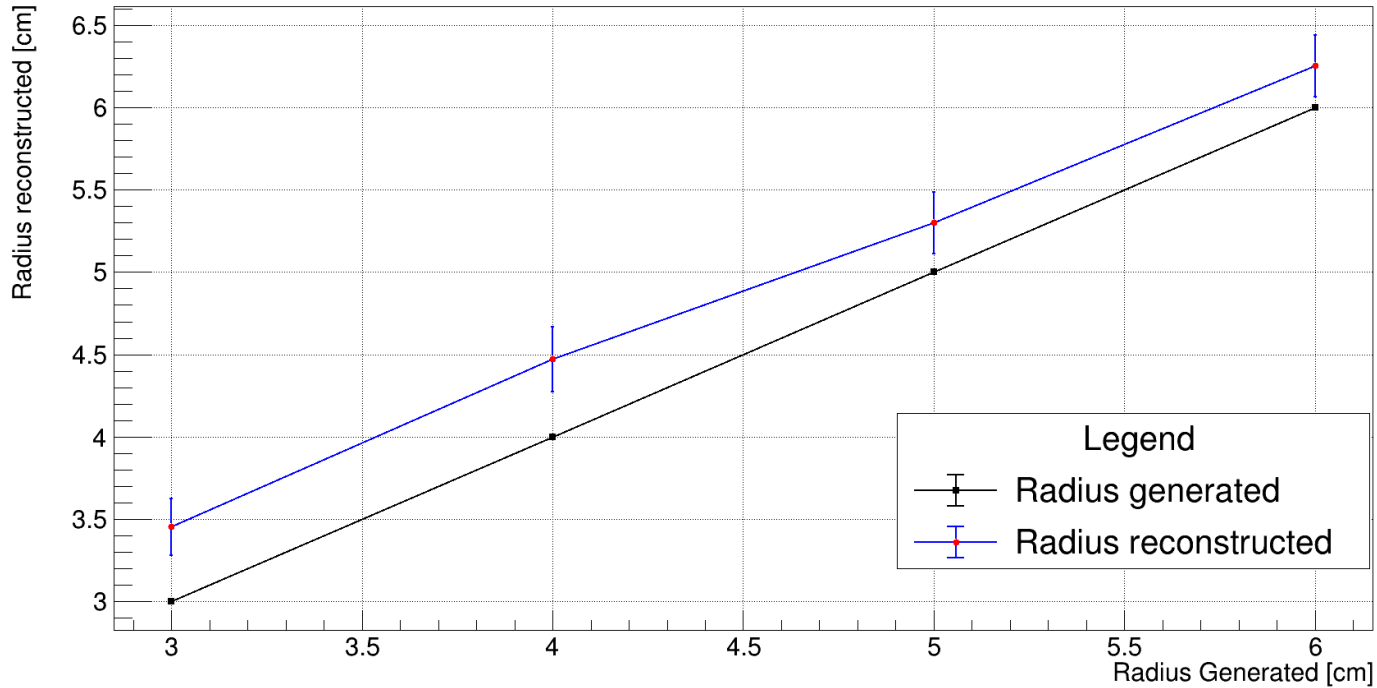
Восстановление значений расстояний между частицами при разных энергиях с использованием функции гаусса



Распределение величины расстояния между разделенными кластерами для двух гамма квантов с энергией 6 ГэВ полученные с помощью функции гаусса

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ЧАСТИЦАМИ

Radius reconstruction vs Radius Generated



Восстановления расстояния для частиц с энергией 6Гэв на различных расстояниях с использованием функции гаусса

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ОПЦИЙ ФИТА ДЛЯ ВЫБРАННЫХ ФУНКЦИЙ

Функция фита	Гаусс						Фиттер			
	3см			6см			3см		6см	
Параметр	L	I	None	L	I	None	L	I	L	I
Расстояние между частицами										
Среднее значение R_{rec} [см]	3.450	2.687	3.007	6.252	5.937	6.006	3.054	3.051	6.010	6.058
Стандартное отклонение R_{rec} [см]	0.1882	0.1413	0.4530	0.1881	0.3209	0.3389	0.1706	0.3880	0.2755	0.3549
Процент событий в пике	98.9%	99.8%	59.7%	99.7%	100%	99.4%	99.3%	99.0%	99.1%	99.9%
Среднее значение E_{rec}/E_{dep}	0.991	1.009	0.972	1.004	1.005	1.005	0.998	1.019	1.007	0.998
Стандартное отклонение E_{rec}/E_{dep}	0.01618	0.03946	0.50910	0.01453	0.03463	0.01540	0.08115	0.05604	0.01762	0.02021
Процент событий в пике	97.2%	99.8%	57.5%	99.26%	99.8%	99.6%	88.9%	99.3%	97.9%	99.9%

Данные были получены для 5000 событий в случае слияния двух кластеров гамма квантов с энергией каждого 6 ГэВ.

Для 1000 событий для данных обработанных параметром I .

РЕЗУЛЬТАТЫ РАЗДЕЛЕНИЯ КЛАСТЕРОВ С РАЗНЫМИ ЭНЕРГИЯМИ

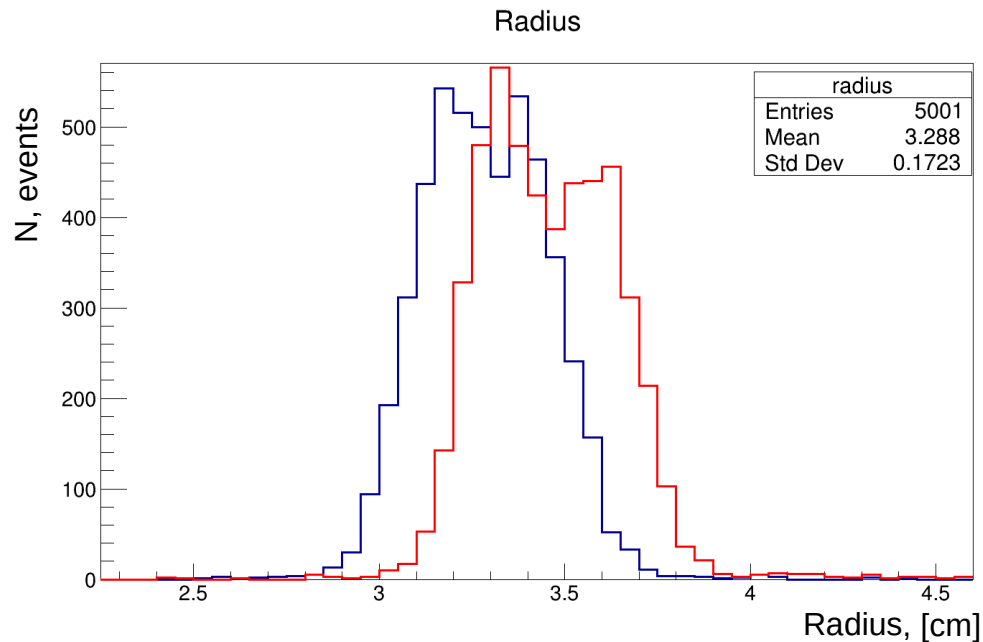
Функция фита	Гаусс						Фиттер		
Энергия частиц [GeV]	2+1		6+3		10+5		2+1	6+3	10+5
Параметр	L	None	L	None	L	None	L		
Среднее значение R_{rec} [cm]	3.547	2.986	3.570	2.935	3.497	3.006	2.988	3.028	3.022
Стандартное отклонение R_{rec} [cm]	0.2472	0.3203	0.2159	0.2196	0.1797	0.1419	0.598	0.3983	0.3495
Процент событий в пике	93.0%	82.0%	96.2%	72.4%	97.3%	61.7%	91.3%	93.7%	94.7%
Среднее значение E_{rec1}/E_{dep1}	0.9847	0.9762	0.974	0.9902	0.9713	0.9904	0.9784	0.9736	0.9752
Стандартное отклонение E_{rec1}/E_{dep1}	0.02547	0.01671	0.01741	0.01641	0.01430	0.01525	0.07615	0.06905	0.07032
Процент событий в пике	87.4%	58.1%	90.5%	61.3%	89.2%	61.7%	76.4%	86.3%	85.9%
Среднее значение E_{rec2}/E_{dep2}	1.028	1.047	1.054	1.021	1.005	1.021	0.9902	1.054	1.007
Стандартное отклонение E_{rec2}/E_{dep2}	0.04425	0.05005	0.03816	0.03024	0.02835	0.02528	0.09236	0.09247	0.09817
Процент событий в пике	86.0%	57.8%	92.4%	60.7%	89.2%	59.1%	62.3%	69.3%	68.7%

Данные были получены для 5000 событий для случая двух гамма квантов на расстоянии 3см

ПРИМЕНЕНИЕ КАТОВ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ

Функция фита	Гаусс		Фиттер	
Наличие ката	⊕	⊖	⊕	⊖
Среднее значение R_{rec} [cm]	3.288	3.455	3.079	3.070
Стандартное отклонение R_{rec} [cm]	0.1697	0.1685	0.3880	0.3742
Процент событий в пике	99.1%	99.2%	98.5%	98.5
Среднее значение E_{rec}/E_{dep}	0.9934	0.9904	0.9929	0.9981
Стандартное отклонение E_{rec}/E_{dep}	0.01987	0.02027	0.08355	0.08109
Процент событий в пике	98.2%	97.5%	89.2%	89.5%

При приближении опыта к реальному эксперименту мы должны использовать каты, энергосделением в кристалле ниже чем 10 МэВ мы пренебрегаем.



Распределение величины восстановленного радиуса для функции гаусса
(синее с наличием катов, красное без)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

- В рамках данной работы был проведен анализ применения двух функций для разделения наложенных кластеров в калориметре PHOS.
- Были смоделированы данные для различных исходных данных, были рассмотрены возможности применения двух функций для применения в разделении кластеров.
 - Был проведен анализ того, как изменятся результаты при применении катов.
- Были получены восстановленные величины энергии, для разных функций с применением разных параметров, методом перевзвешивания вкладов от каждой отдельной частицы, оба метода с достаточной точностью справляются с задачей разделения энергии слившихся кластеров.
- Были получены восстановленные величины радиуса, для разных функций с использованием различных параметров, было определено что функция Гаусса систематически завышает величину радиуса, но при наличии катов этот эффект снижается, данное явление будет изучено в дальнейших работах.
- Также была проверена точность работы алгоритма при разделении неравных вкладов в энерговыделение. Было определено что на расстоянии 3см между запущенными частицами алгоритм с некоторой точностью справляется с поставленной задачей.
 - Как итог можно сказать, что обе функции имеют свои сильные и слабые стороны.
- Гаусс быстро считает и имеет высокую точность разделения энергии, но при этом систематически завышает величину радиуса, несмотря на наличие катов, которое хоть и улучшает общую картину, но полученные данные систематически завышены.
- Фиттер точно определяет расстояние между частицами, и достаточно точно разделяет слившиеся энерговыделения кластеров, но работает крайне медленно и нестабильно.
- Полученные результаты могут говорить о том, что функция Гаусса, не смотря на неудовлетворительное восстановление расстояния между частицами, все равно остается более предпочтительным вариантом для применения, нежели функция Фиттер. Возможна комбинация функций при обработке данных.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ