

Московский физико-технический институт
(государственный университет)
Факультет проблем физики и энергетики

Измерение световыхода модулей передних адронных калориметров для ядро-ядерных экспериментов

Выпускная квалификационная работа на степень бакалавра
студента 383 группы

Карпушкина Николая Михайловича

Научный
руководитель
к.ф.-м.н. Губер Ф.Ф

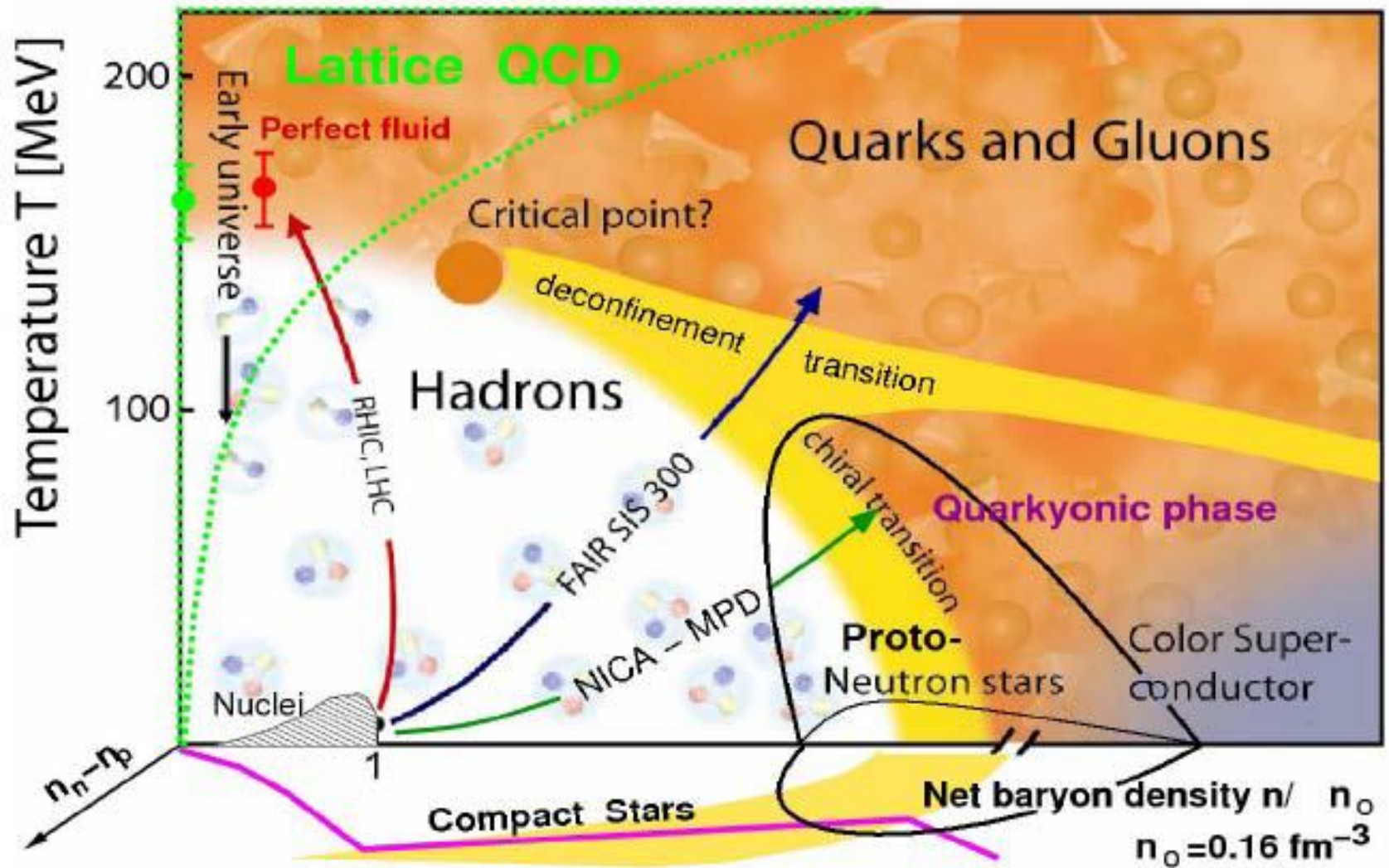


Москва, 2017



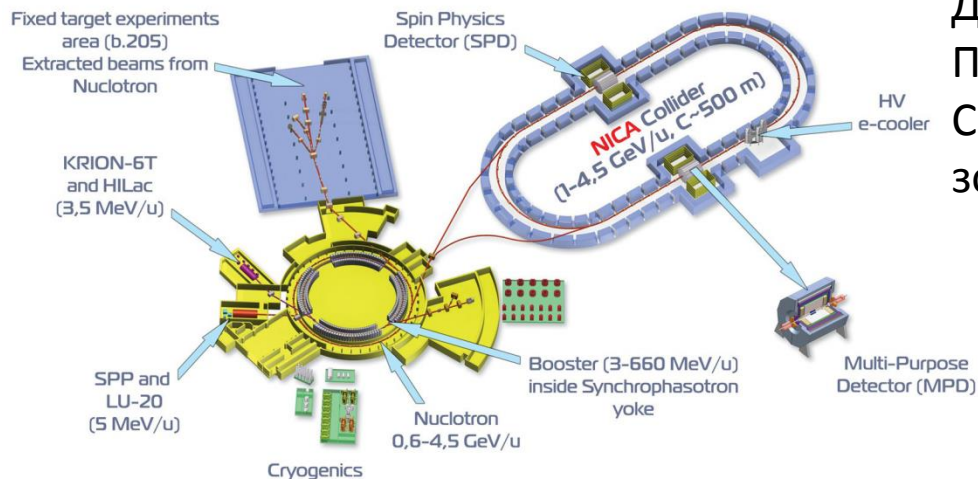
- Мотивация к проведению экспериментов
- Геометрия столкновений и адронные калориметры
- Измерение световыхода пластин и секций
- Анализ результатов

Фазовая диаграмма КХД



Ускорительный комплекс NICA в Дубне

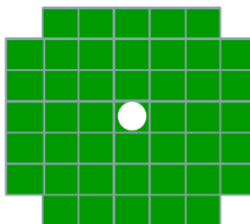
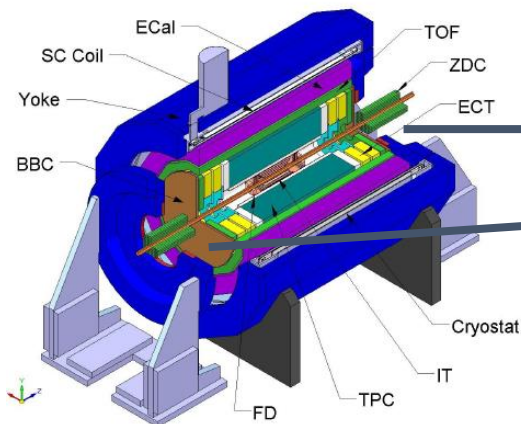
Superconducting accelerator complex **NICA** (Nuclotron based Ion Collider fAcility)



Диапазон энергий (в с.ц.м.) 4-10 ГэВ.
Пучки – от протонов до ядер золота.
Светимость –до 10^{27} для ядер золота.

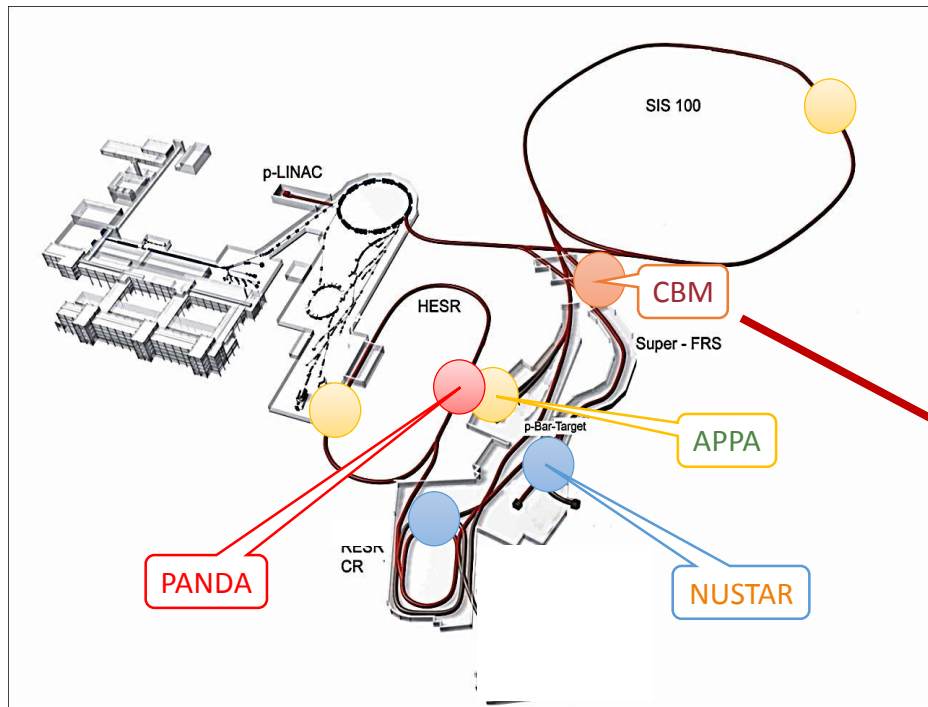
Установка MPD

В MPD используются 2 передних адронных калориметра для измерения центральности и ориентации плоскости реакции в ядро-ядерных столкновениях.



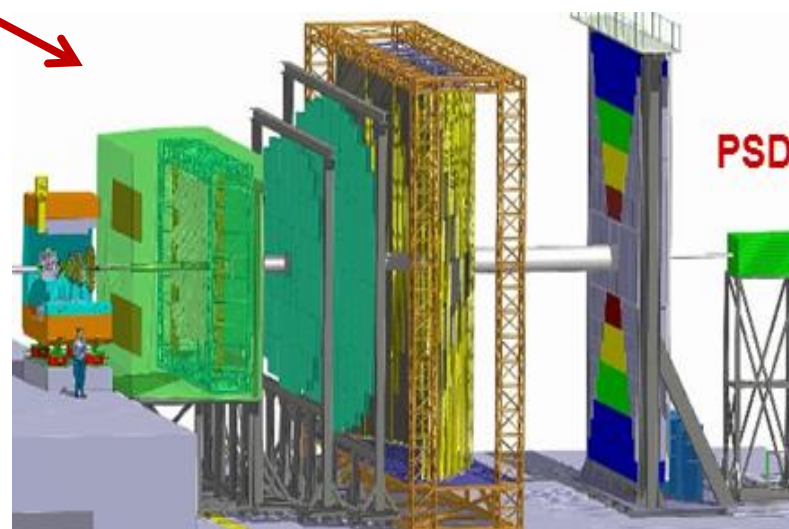
Каждый из адронных калориметров состоит из 45 модулей с поперечными размерами 15x15см и длиной 110см.

Ускорительный комплекс FAIR В Дармштадте

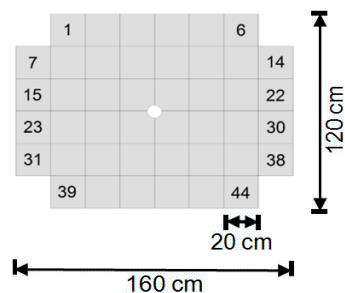


На первом этапе ускоритель SIS100 будет ускорять ядра золота до энергий 11 ГэВ на нуклон и Интенсивностью до 10^9 ядер в секунду.

Установка CBM

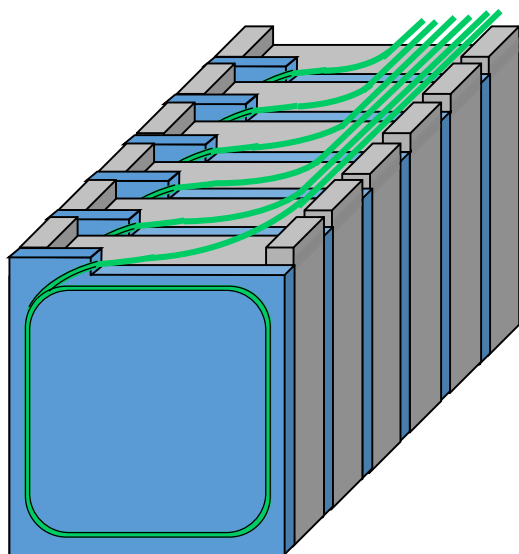
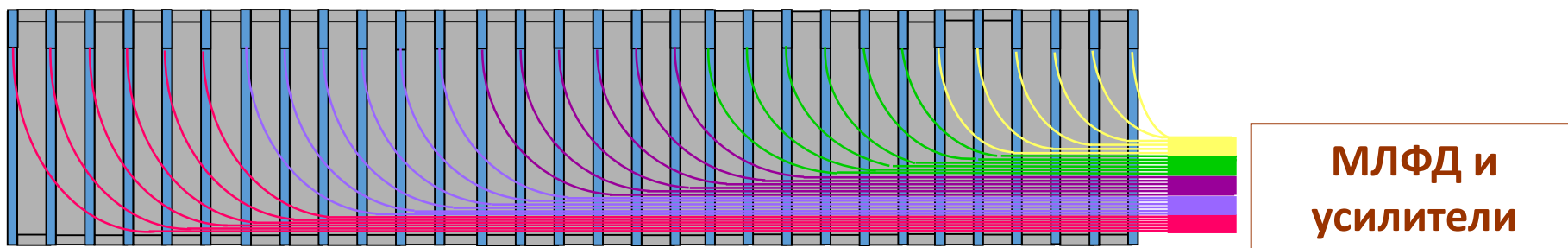


В CBM используются 1 передний адронный калориметр для измерения центральности и ориентации плоскости реакции в ядро-ядерных столкновениях.

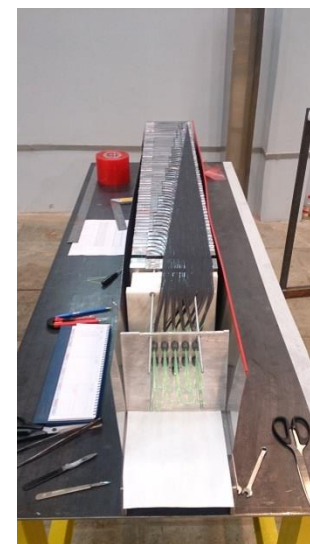


Адронный калориметр состоит из 44 модулей с поперечными размерами 20 x 20 см и длиной 160 см. Вес 22 тонны.

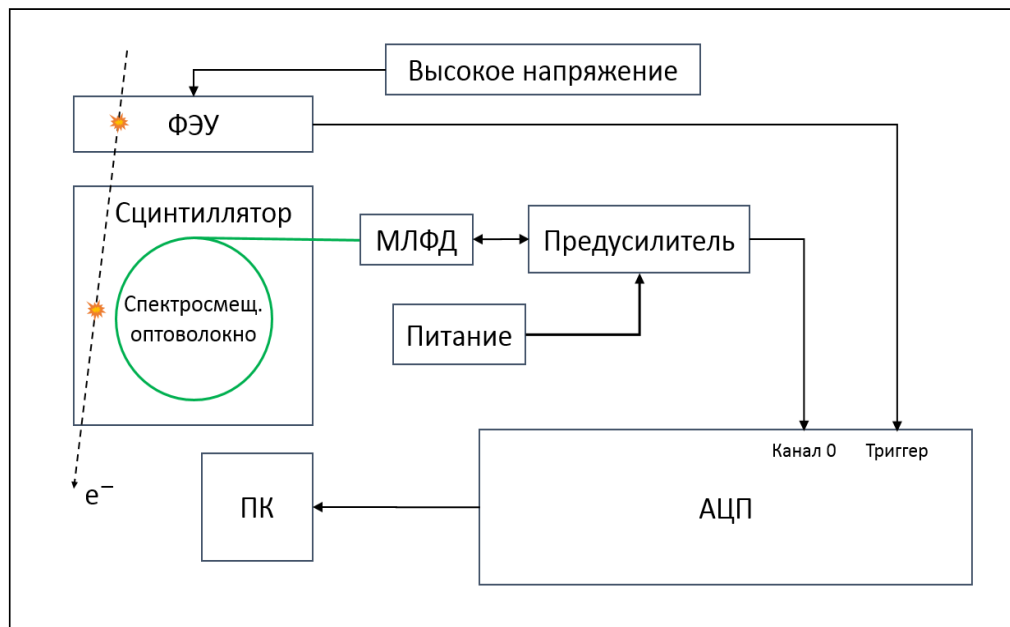
Структура модуля адронного калориметра



- 60 свинцово-сцинтилляторных пластин
- 10 продольных секций
- 6 оптоволокон/МЛФД
- 10 МЛФД/модуль
- 10 каналов считывания сигнала



Установка для измерения световыхода сцинтилляционных пластин



Спектр фотоэлектронов,
измеренный в центре
сцинтилляционной
пластины.

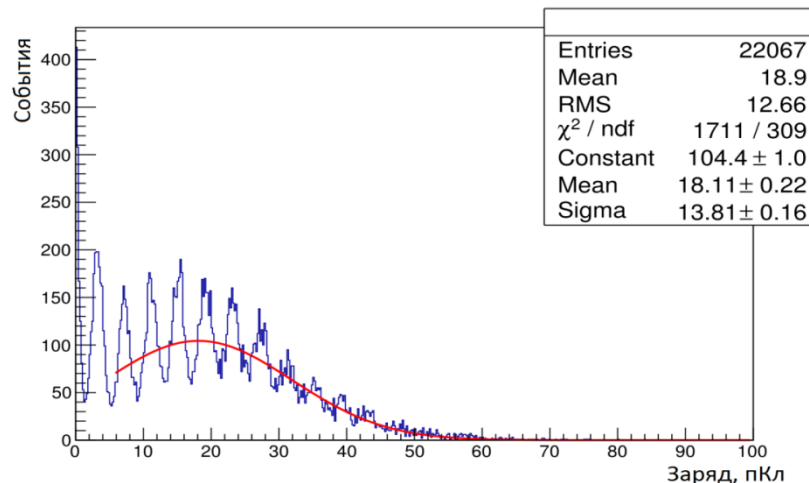
МЛФД НАМАМАТСУ MPPC S12572-010P

Источник питания АКИП-1124

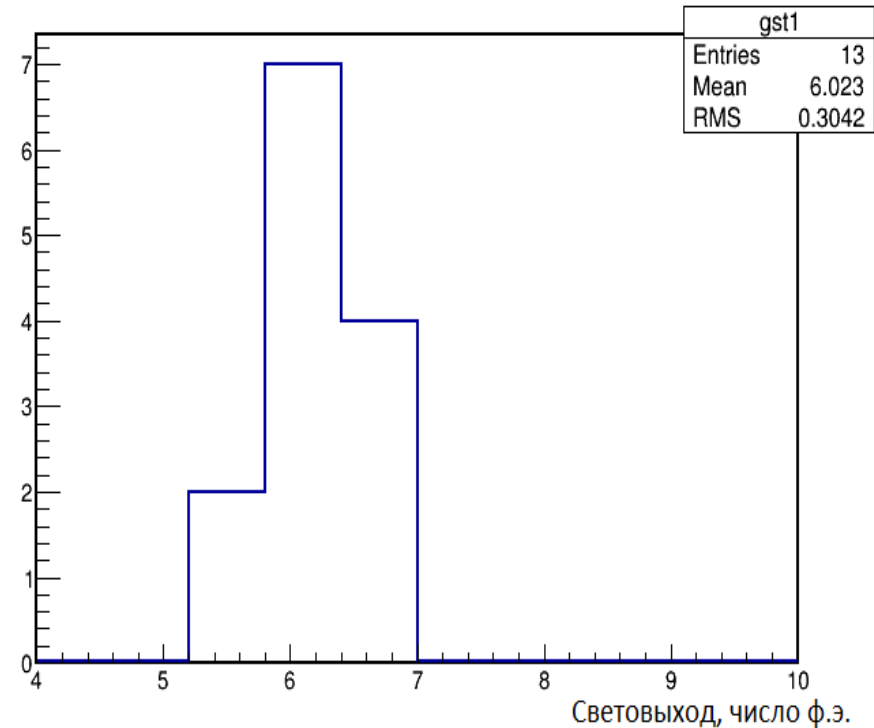
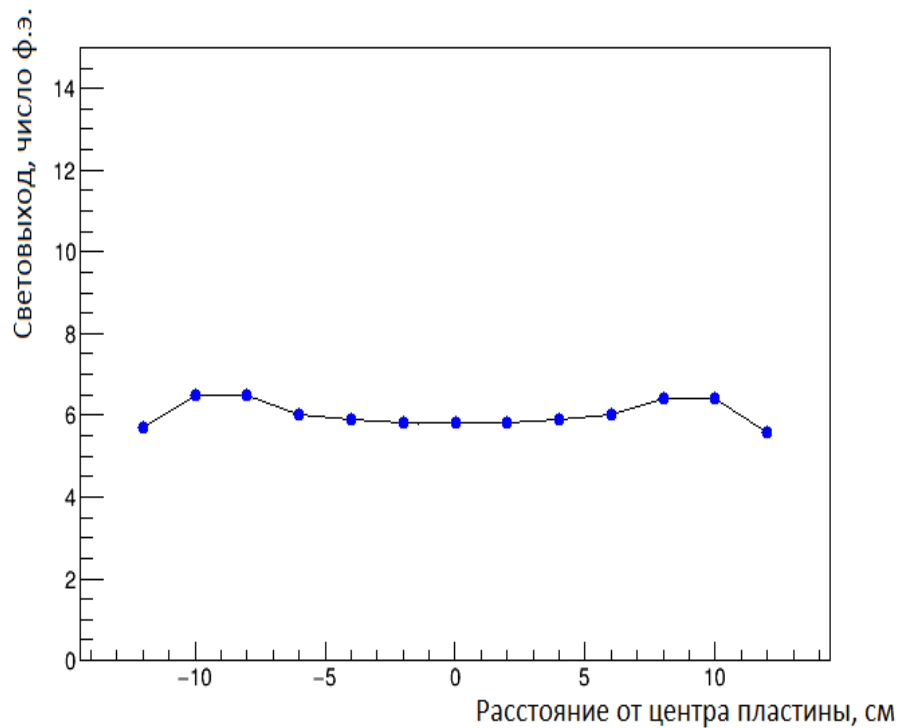
Источник выс. напр. CAEN Mod.N126

ФЭУ НАМАМАТСУ R7525

АЦП CAEN DT 5742

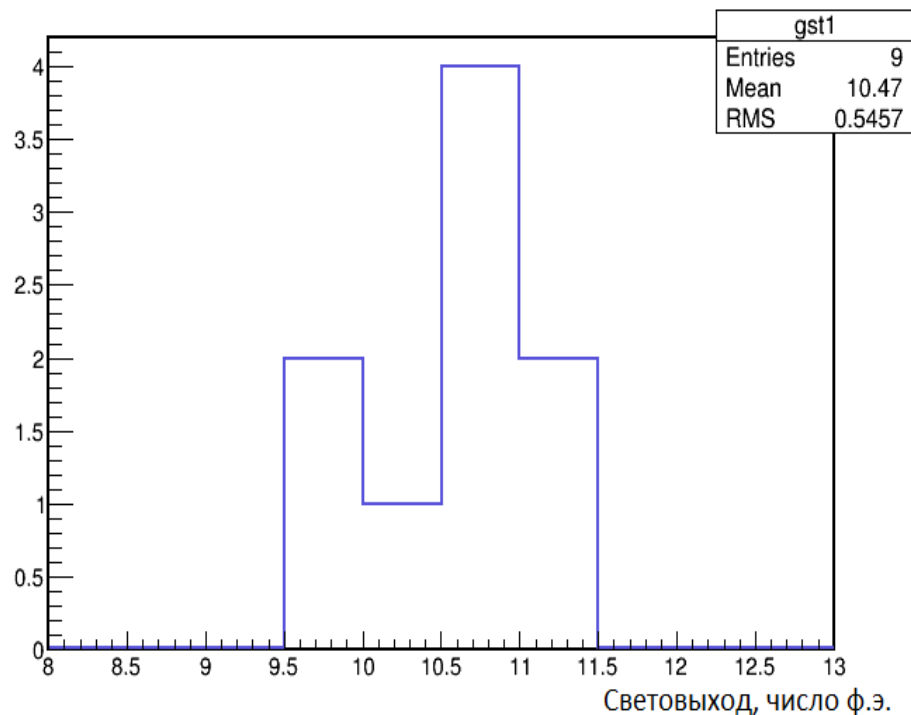
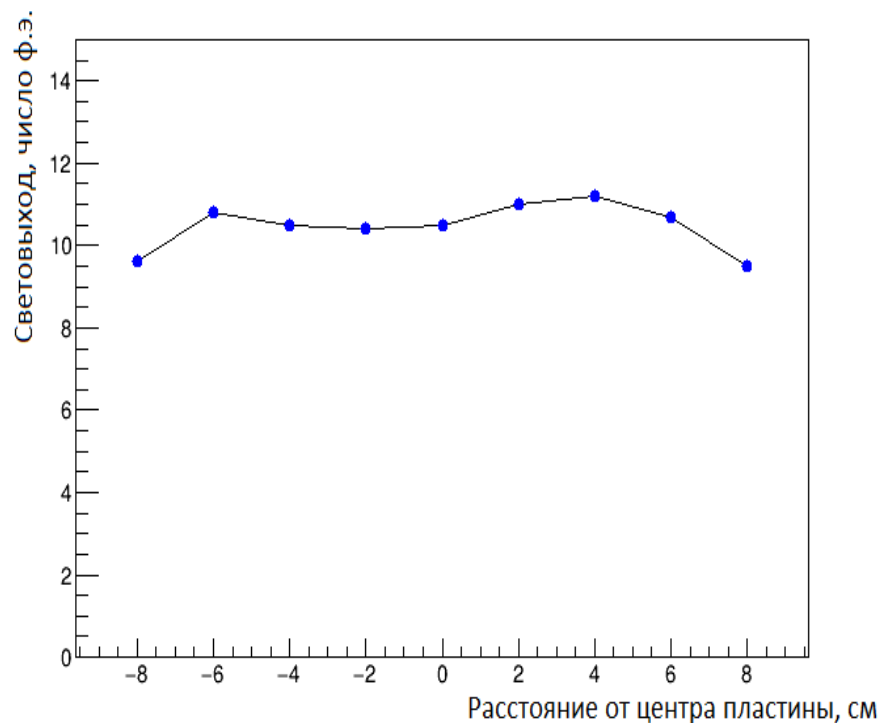


Измерение световыхода вдоль диагонали сцинт. пластины CBM



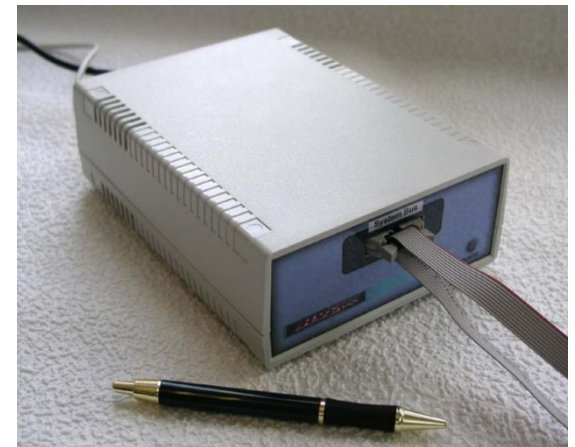
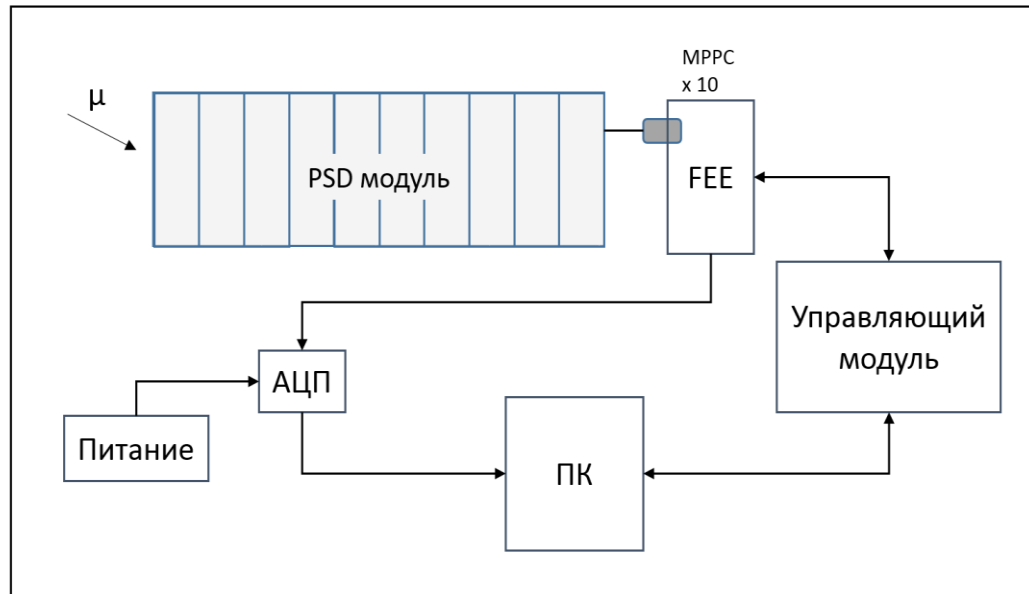
Удельный световыход 7.5 ф.э./МэВ

Измерение световыхода вдоль диагонали сцинт. пластины MPD

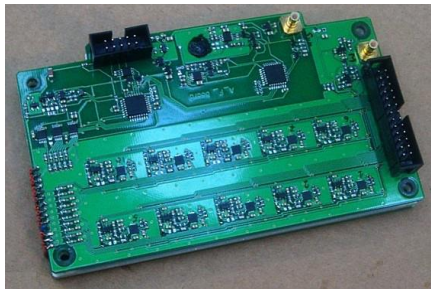


Удельный световыход 13 ф.э./МэВ

Рабочая схема для измерения световыхода отдельных секций модуля калориметра

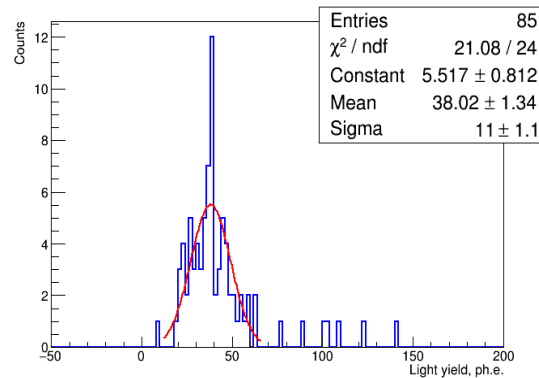
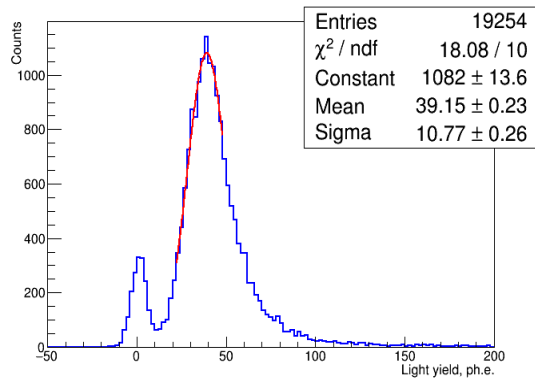


Управляющий модуль

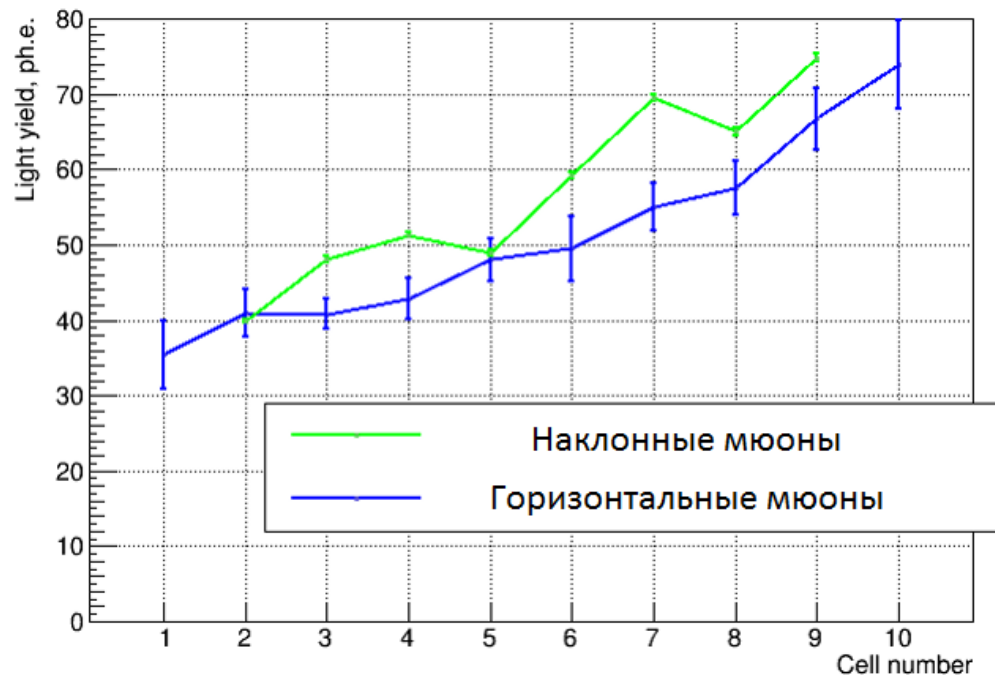


Слева – плата с аналоговой электроникой для считывания сигналов с 10 фотодетекторов в конце модуля калориметра CBM. Справа – плата с АЦП (AFI Electronics ADC64s2).

Световыходы отдельных секций



Зарядовый спектр
отдельной секции
модуля
калориметра CBM.
Слева - для
наклонных треков
мюонов, справа -
для
горизонтальных
треков мюонов.



Зависимость
световыхода от номера
секции модуля
калориметра CBM

Заключение

- Создан экспериментальный стенд для измерения световых выходов сцинтилляционных пластин адронных калориметров с помощью β -источника
- Проведены измерения световых выходов отдельных сцинтилляционных пластин как от источника β -излучения, так и от космических мюонов.
- Создан стенд для измерения световых выходов секций модулей адронных калориметров для установок CBM и MPD на космических мюонах.
- Выполнены измерения световых выходов отдельных секций модуля калориметра.

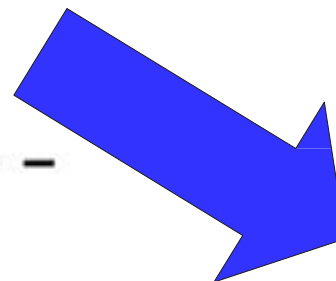
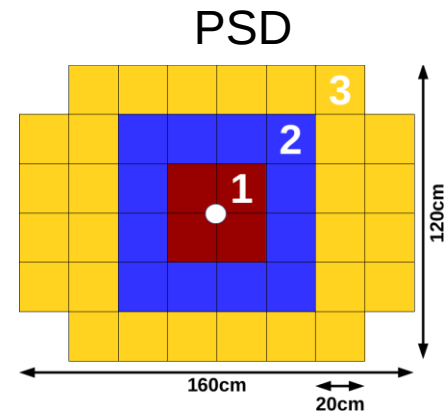
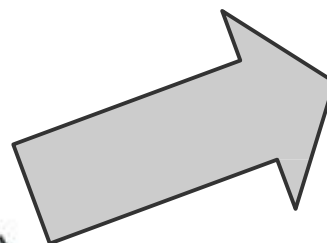
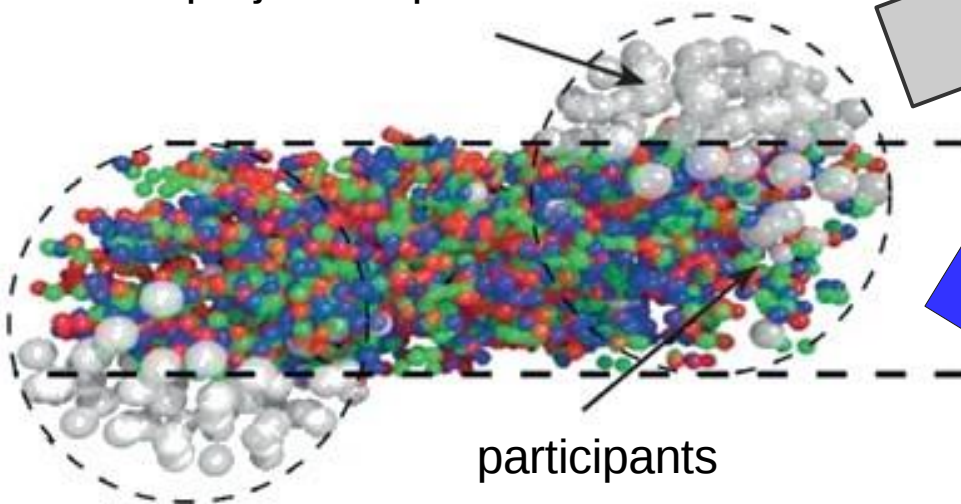
Backup slides

Определение центральности

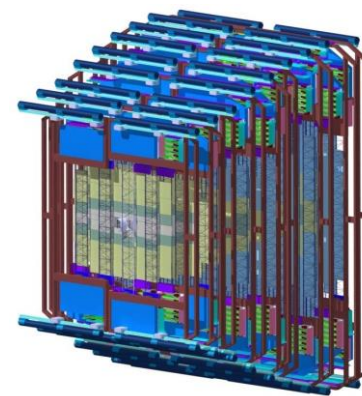
$$C_{b1,b2} = \frac{\sigma_{b1,b2}}{\sigma_{tot}}$$

projectile spectators

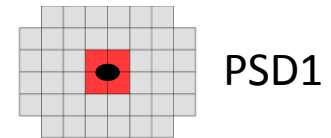
b



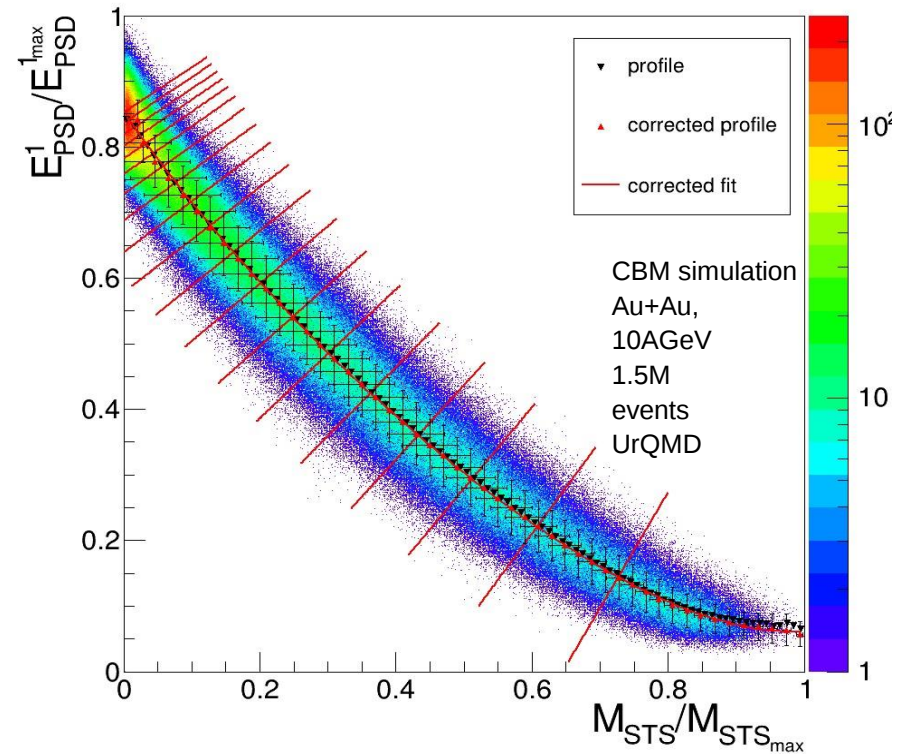
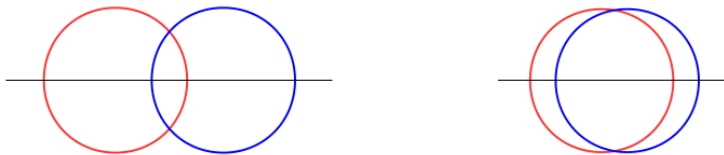
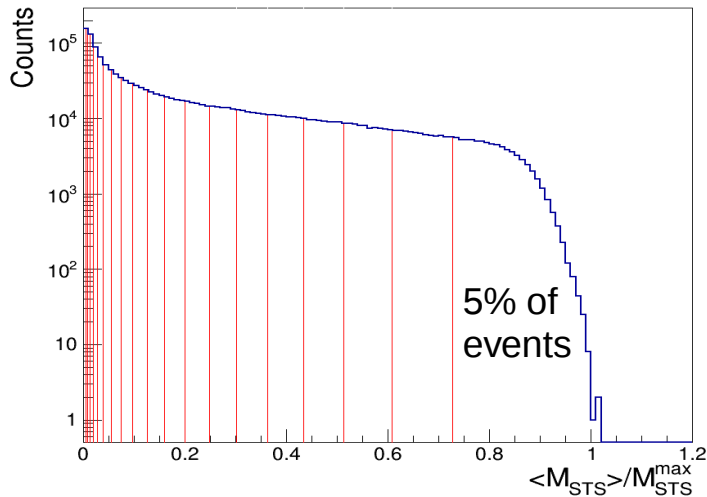
STS+MVD



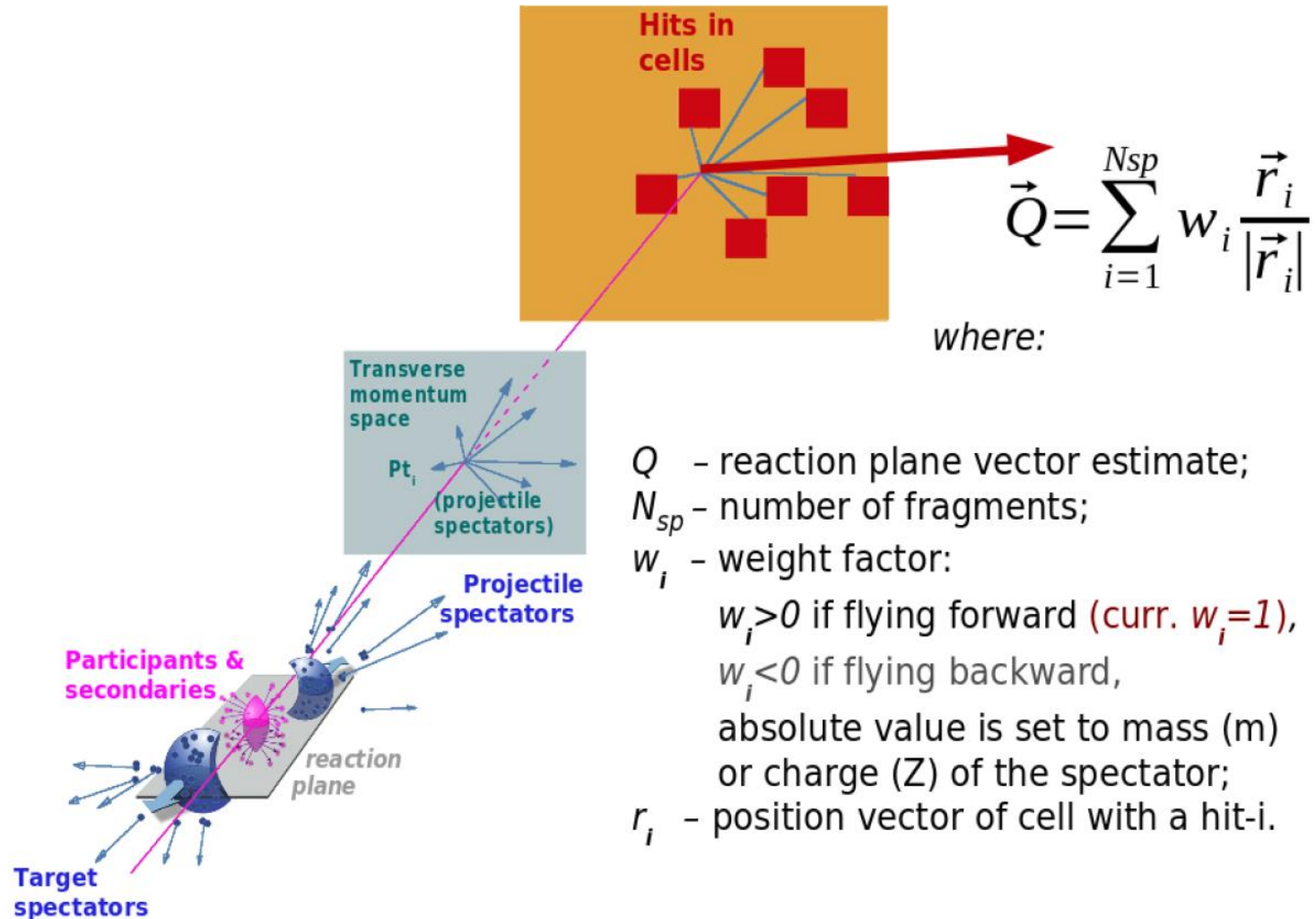
Определение классов центральности по множественности треков



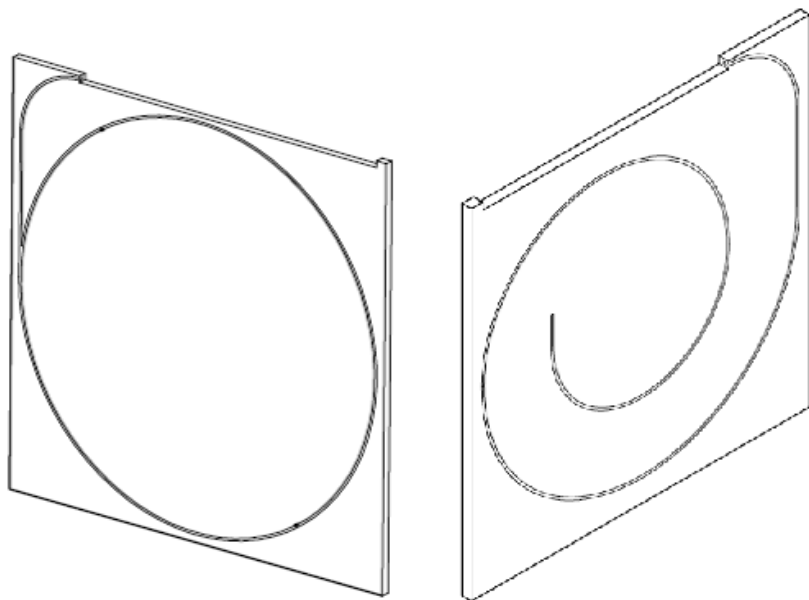
CBM simulation, Au+Au, 10A GeV,
1.5M events, UrQMD



Определение плоскости реакции

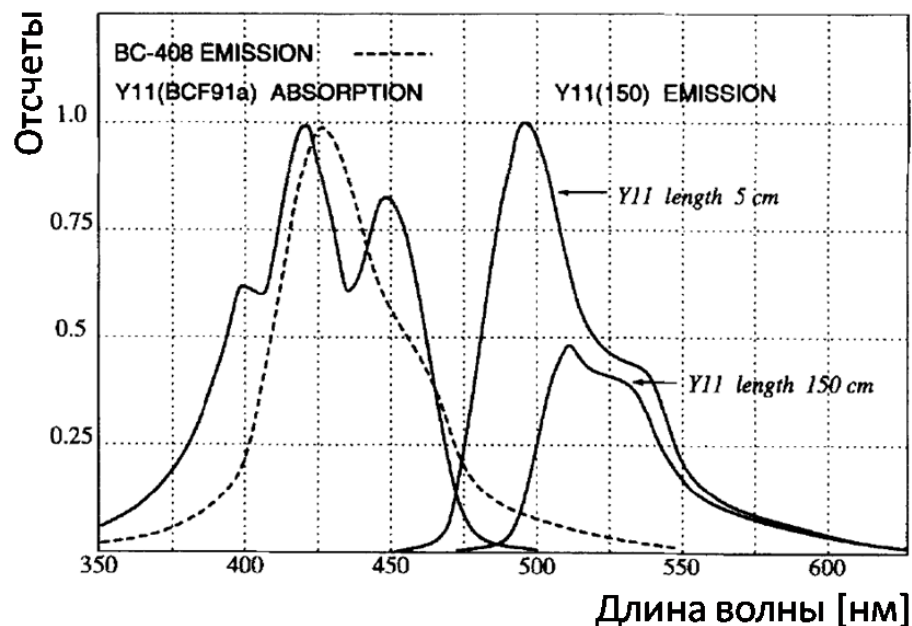


Сцинтилляционные пластины



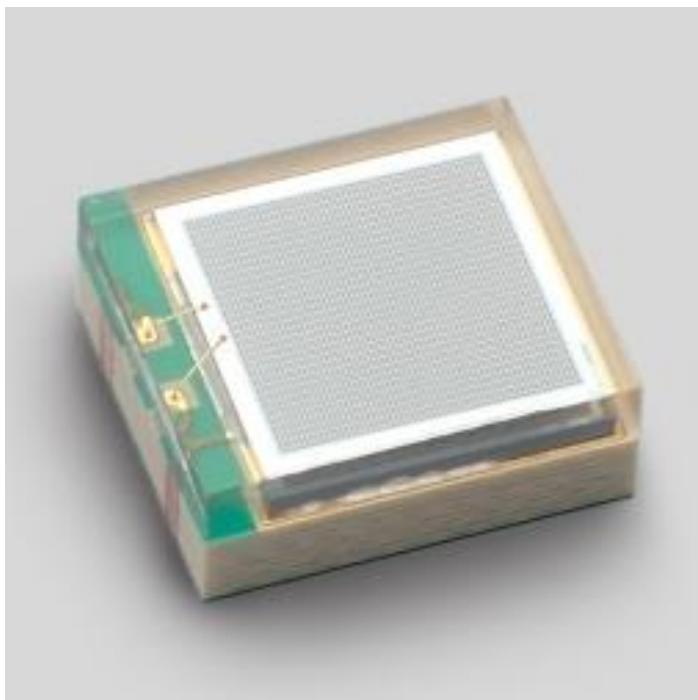
Пластины для CBM $20 \times 20 \times 0.4 \text{ см}^3$ (слева)
и MPD $15 \times 15 \times 0.4 \text{ см}^3$ (справа)

Для съема света в обоих детекторах
использовались переизлучающие
оптоволоконна фирмы Kuraray (Япония)
типа Y11(200) S-type диаметром 1 мм.



Спектры поглощения и излучения
оптоволоконна Y11

Фотодетектор – микропиксельный лавинный фотодиод



НАМАМАТСУ МРРС S12572-010P

На конце оптоволокна установлен оптический разъем, к которому присоединен микропиксельный лавинный фотодиод.

Светочувствительная зона	3 × 3 mm
Шаг пикселя	10 μm
Количество пикселей	90000
Спектральная чувствительность	от 320 до 900 nm
Пик чувствительности	470 nm
Dark count (typ.)	1000 kcps
Усиление	1.35×10^5
Эффективность регистрации фотонов	10 %

