



Физический институт им. П.Н. Лебедева РАН
Отделение ядерной физики и астрофизики

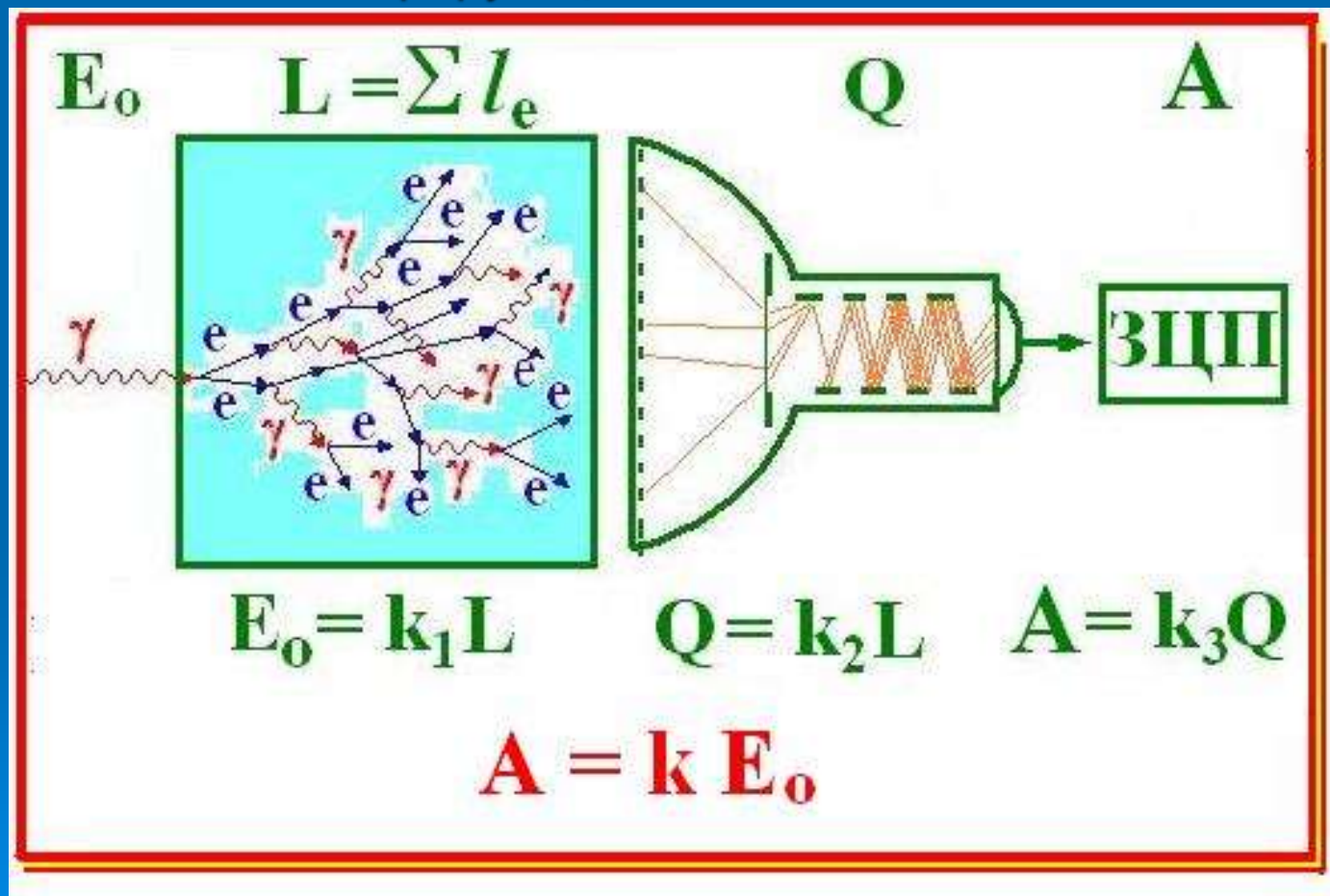
А.С. Белоусов, Е.И. Малиновский, С.В. Русаков

**«Черенковские спектрометры
полного поглощения – создание и
применение в физике высоких
энергий»**

Принцип работы спектрометра

Первичная частица – фотон

Регистрирующий элемент - ФЭУ



Характерные особенности ЧСПП

- Высокая эффективность регистрации частиц
- Линейная зависимость амплитуды сигнала от энергии регистрируемой частицы
- Возможность измерения энергии частиц, энергетическое разрешение при этом следует $A + B/\sqrt{E}$
- Высокое временное разрешение прибора (короткое время вспышки черенковского излучения)
- Высокая светосила прибора, совпадающая с входной апертурой, что позволяет развивать годоскопическую методику
- Пороговые свойства, использующиеся при регистрации нерелятивистских частиц
- Высокая селективность в отборе ливнеобразующих частиц
- Значительно меньшие размеры и вес в сравнении со спектрометрами других типов

Направления исследований по развитию методики создания черенковских спектрометров полного поглощения

Разработка теории процессов в ЧСПП и создание программ расчета детекторов

- Создание теории работы ЧСПП
- Создание программ развития ливней в среде, светосбора черенковского света в радиаторах, процесса образования сигнала в ФЭУ
- Моделирование основных характеристик ЧСПП различных конструкций
- Расчеты развития электромагнитных ливней в различных материалах

Создание черенковских детекторов для различных применений

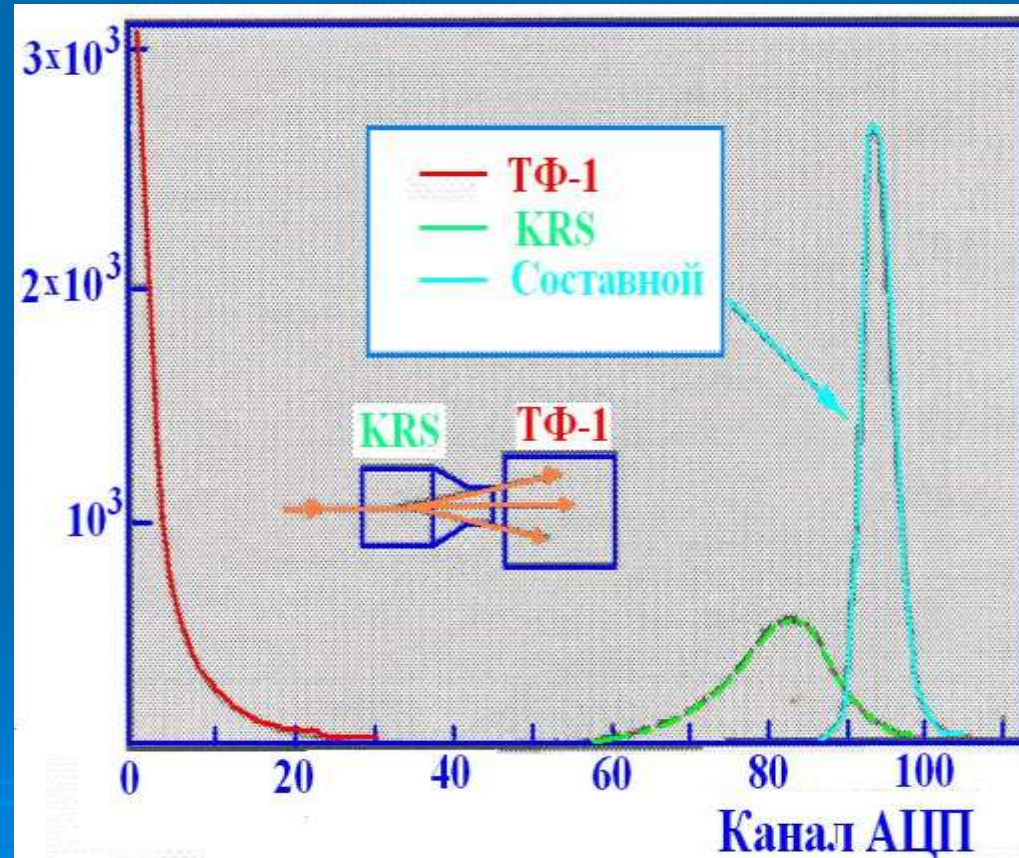
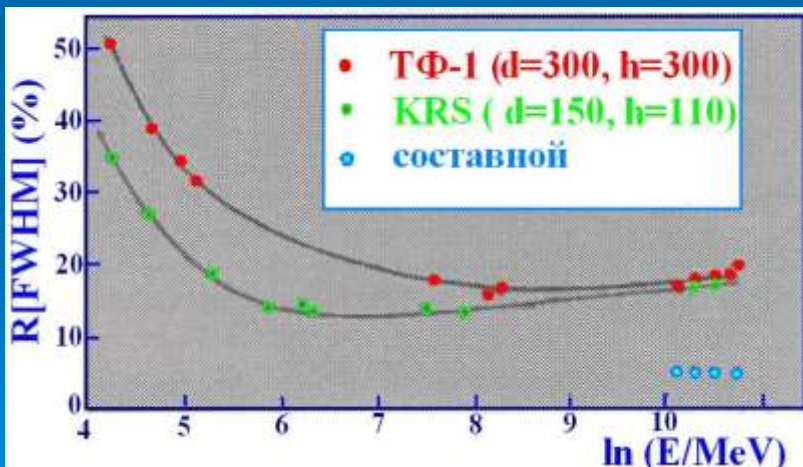
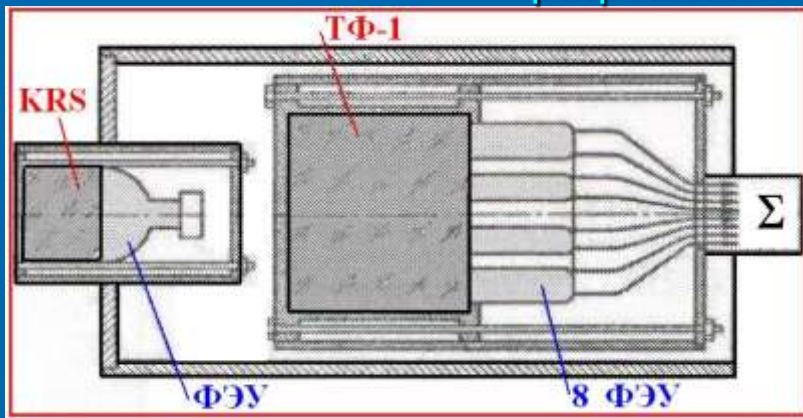
- Достижение оптимального разрешения по энергии
- Создание детекторов с большой апертурой
- Создание годоскопических систем для определения координаты точки попадания
- Создание детекторов для работы в условиях высокого фона вторичных частиц и радиационного фона.

Составной черенковский счетчик высокого разрешения для работ по созданию электронного пучка на ускорителе У-7

а) конструкция

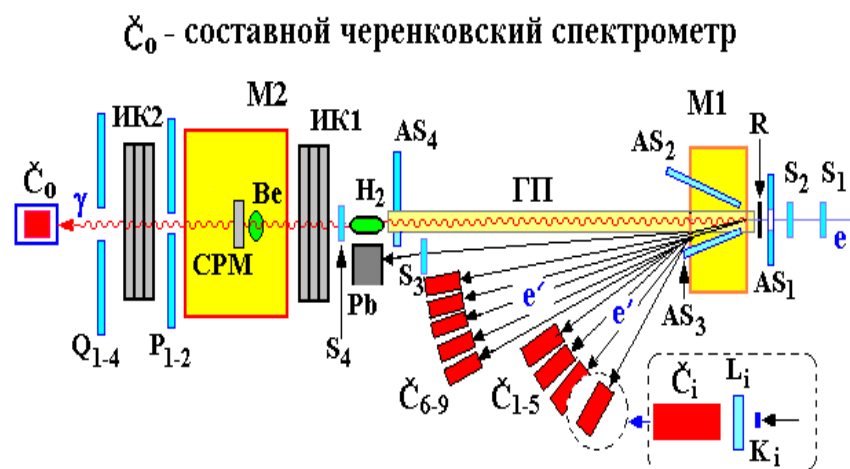
б) энергетическое разрешение

с) спектры составных частей черенковского детектора



Исследования на электронном канале синхротрона ИФВЭ У-70

Схема эксперимента (1971-1978 г.г.)



$\check{C}_{1-9}$ - спектрометры системы мечения

$\check{C}_i$ - черенковский спектрометр полного поглощения с радиатором из свинцового стекла повышенной прозрачности в виде шестигранной призмы (диаметр вписанной окружности 190 мм и длина 400 мм)

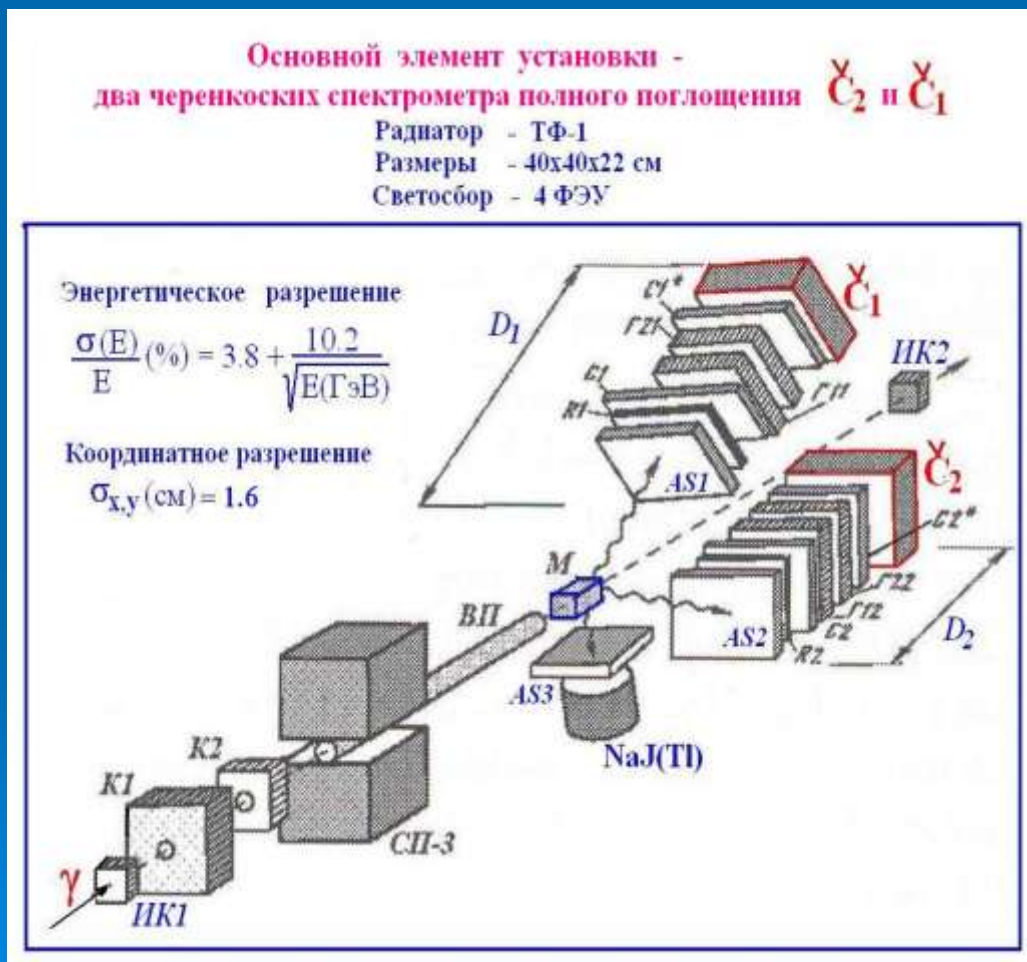
Основные результаты

- Ионизационные потери частиц при высоких энергиях
- Полные сечения адронного фотопоглощения на протонах
- Фоторождение ρ -мезонов на водороде и беррилии
- Образование пар фотонами высоких энергий



Исследование фоторождения π^0 - мезонов на ядрах (тормозной пучок синхротрона С-25Р)

Схема эксперимента (Установка Гамма)



Физические результаты

ФФоторождение π^0 - мезонов на ядрах

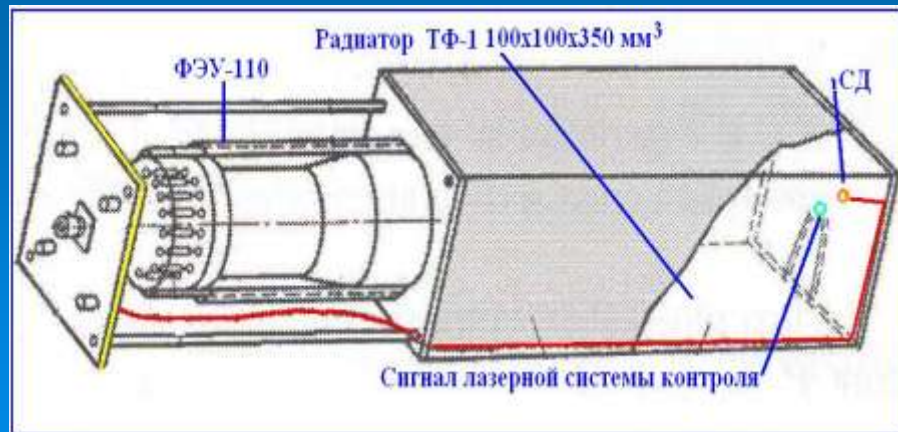
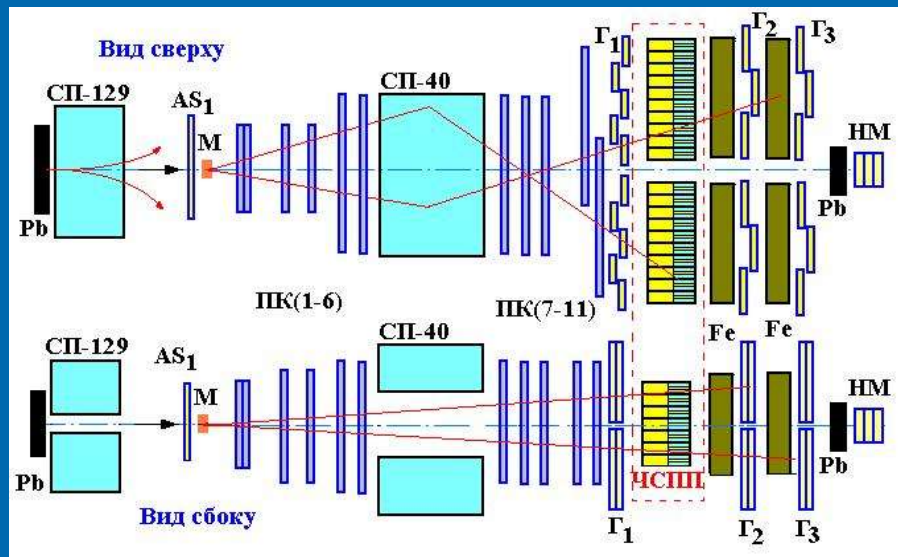
ППарциальное фоторождение π^0 - мезонов на литии

А– зависимость сечений когерентного фоторождения π^0 - мезонов

- Фоторождение η - мезонов на ядрах под малыми углами

Эксперименты на нейтральном канале У-70 (международное сотрудничество БИС-2)

Схема установки и эскиз модуля годоскопа



Основные характеристики

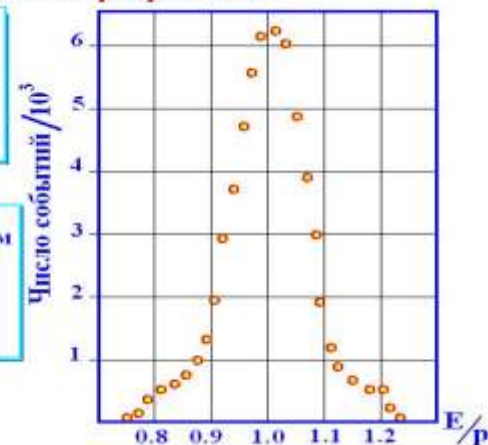
Энергетическое разрешение

Калибровка модуля
электронами
E=200-600 МэВ

$$\frac{\Delta E}{E}(\text{FWHM}) = \frac{(11.4 \pm 1.0)}{\sqrt{E}(\text{ГэВ})}$$

Калибровка годоскопа
магнитным спектрометром
БИС-2

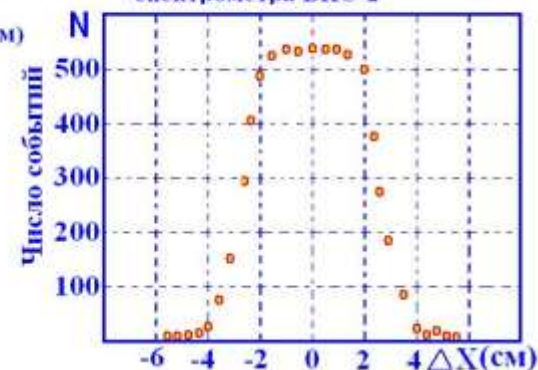
$$\frac{\Delta E}{E}(\text{FWHM}) = \frac{(10.8 \pm 1.1)}{\sqrt{E}(\text{ГэВ})}$$



Пространственное разрешение

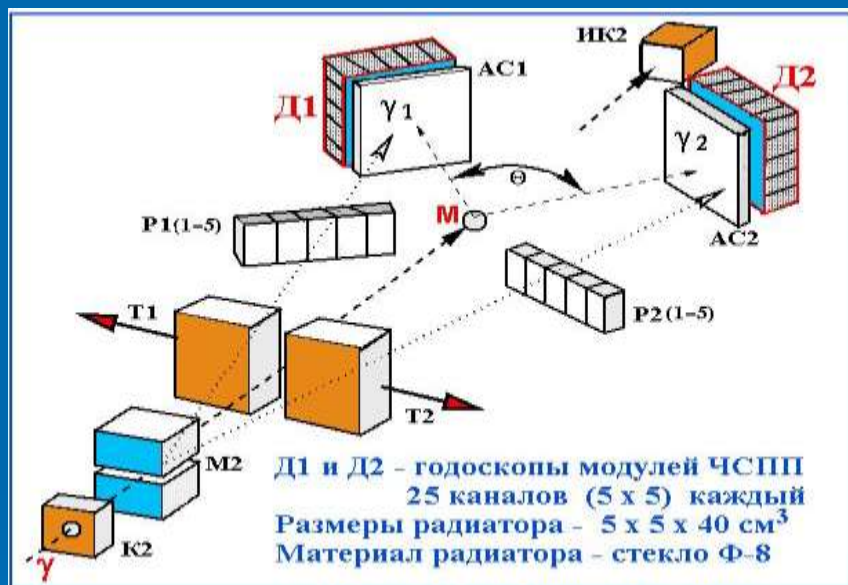
Зависит от расстояния до
границы модуля :
- центр модуля (20x20 мм)
C_X(см) = 0.9
- остальная зона
C_X(см) = 0.5

Распределение разности восстановленной
координатой и координатой магнитного
спектрометра БИС-2



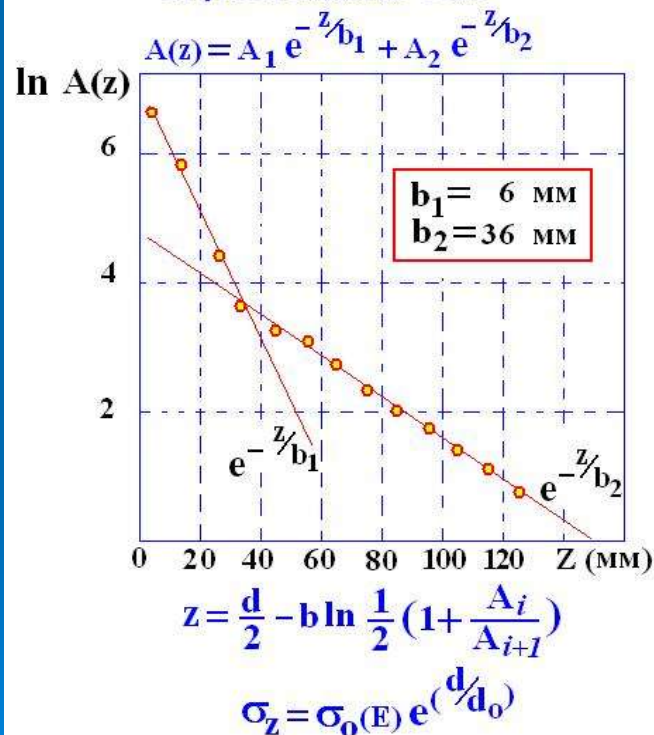
Исследование фоторождения нейтральных мезонов на синхротроне «Пахра»

Схема установки «Годоскоп»



Определение координаты точки попадания

Распределение энергии ливня в зависимости от расстояния до оси:

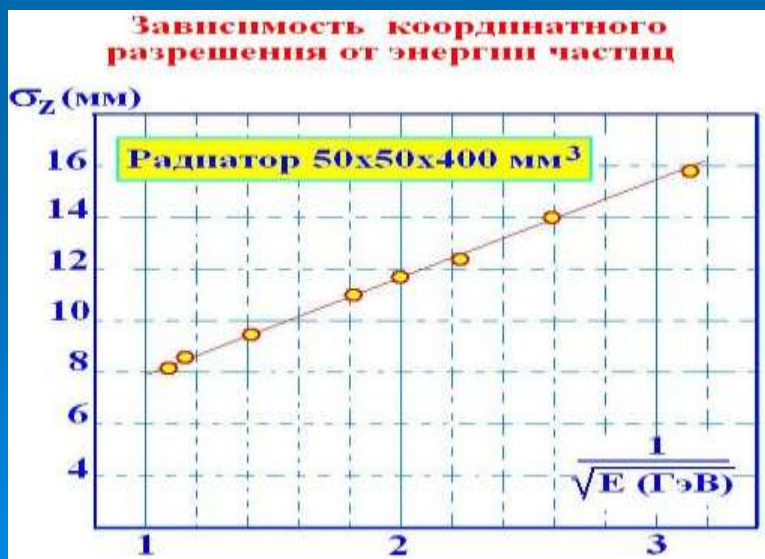
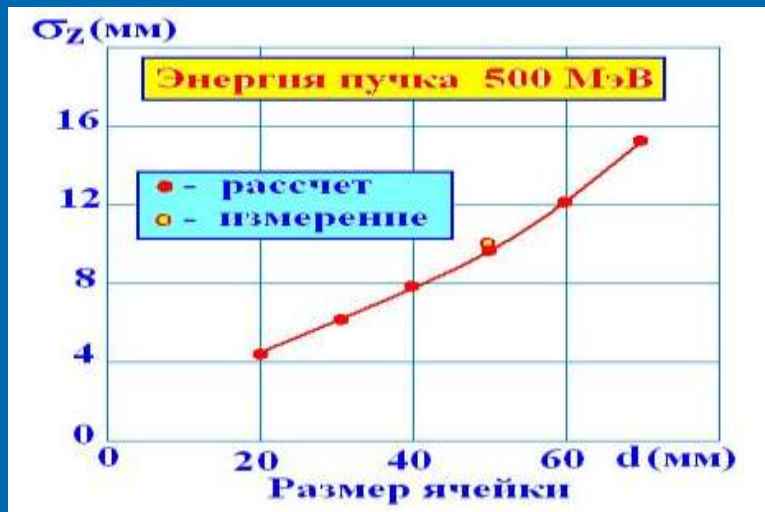


Энергетическое разрешение: $\frac{\sigma}{E} (\%) = a + \frac{b}{\sqrt{E}}$, где

$a = 0.7, b = 6.1$ для отдельного модуля

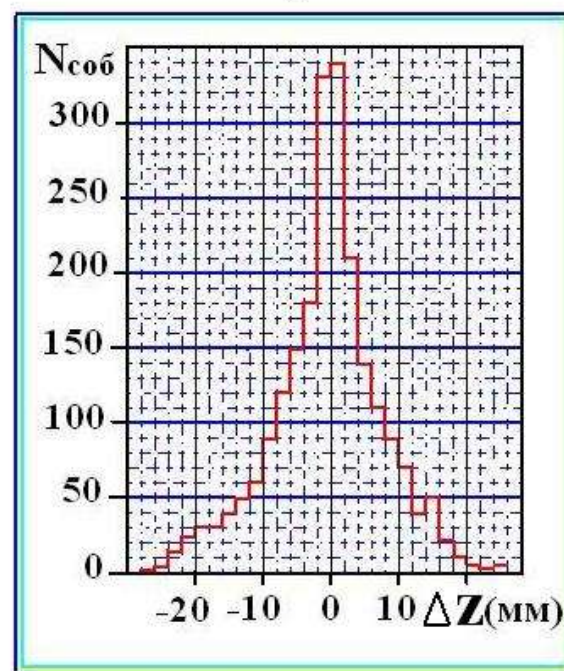
$a = 0.7, b = 4.7$ для всего годоскопа

Восстановление координаты точки попадания



$$\sigma_Z = \left(1.2 + \frac{1.3}{\sqrt{E}}\right) \exp\left(\frac{0.77d}{R_M}\right), \text{ где}$$

$$R_M = 21.2 \frac{X_0}{\varepsilon} = 3.5 \text{ см}$$



Разница между положением пучка и восстановленной координатой



Исследование фотон-адронных взаимодействий
на ускорителе ГЕРА
(Эксперимент Н1)
с 1986г. по н/в

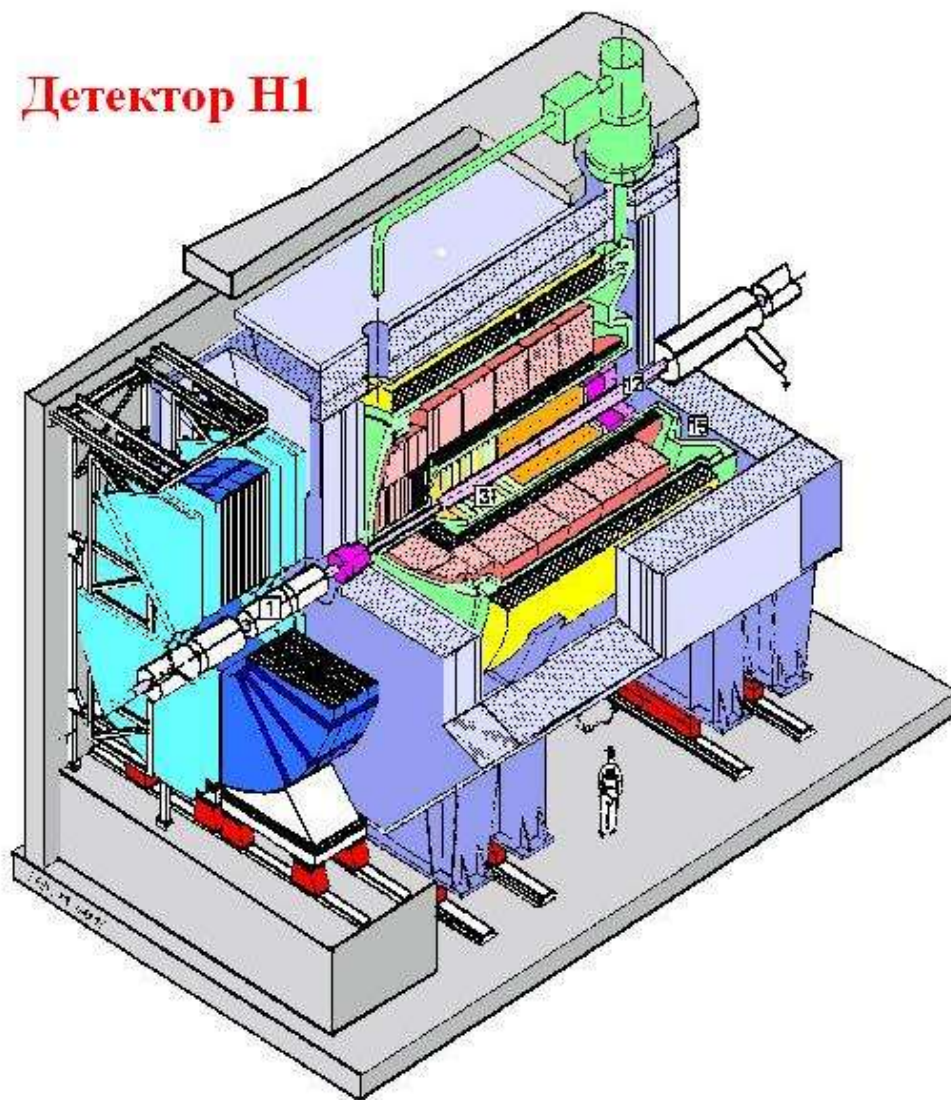




Зона ответственности ФИАН

1. Создание железной структуры (3000т)
2. Создание оборудования монитора светимости H1
3. Обеспечение постоянного измерения светимости
4. Обеспечение регистрации событий с малой передачей импульса

Детектор H1





Детекторы монитора светимости

Требования к калориметрам

1. Радиационная стойкость $\sim 10^6$ Грей
2. Быстродействие $\sim$ МГц
3. Энергетическое разрешение $\sim 5\%$
4. Координатное разрешение $\sim 1-2$ мм

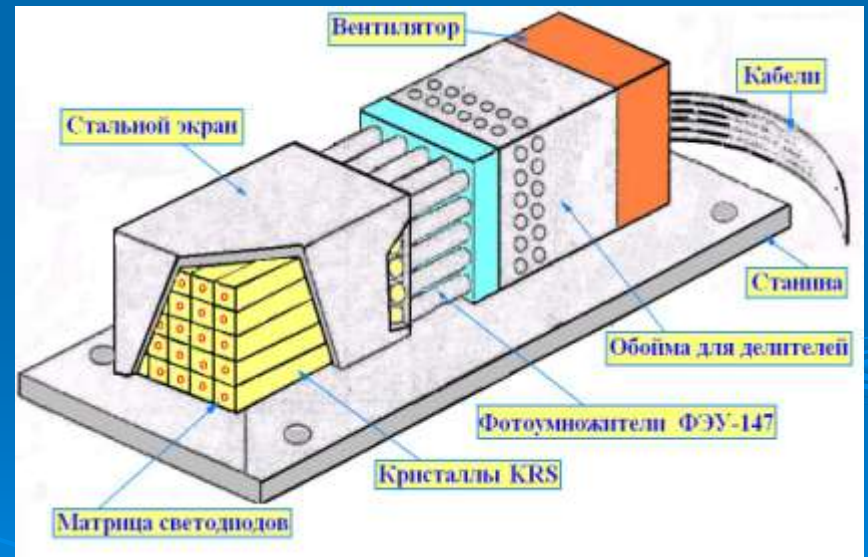
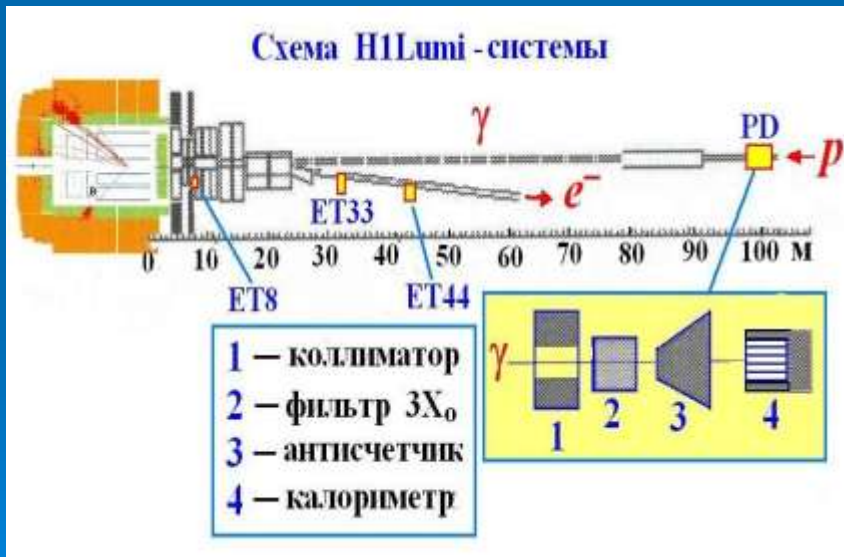
Годоскопы черенковских модулей полного поглощения

Радиатор - KRS-15

Приемник - ФЭУ-147

ЕТ : 49 (7x7) каналов, 22x22x180 мм³

PD : 25 (5x5) каналов, 20x20x180 мм³

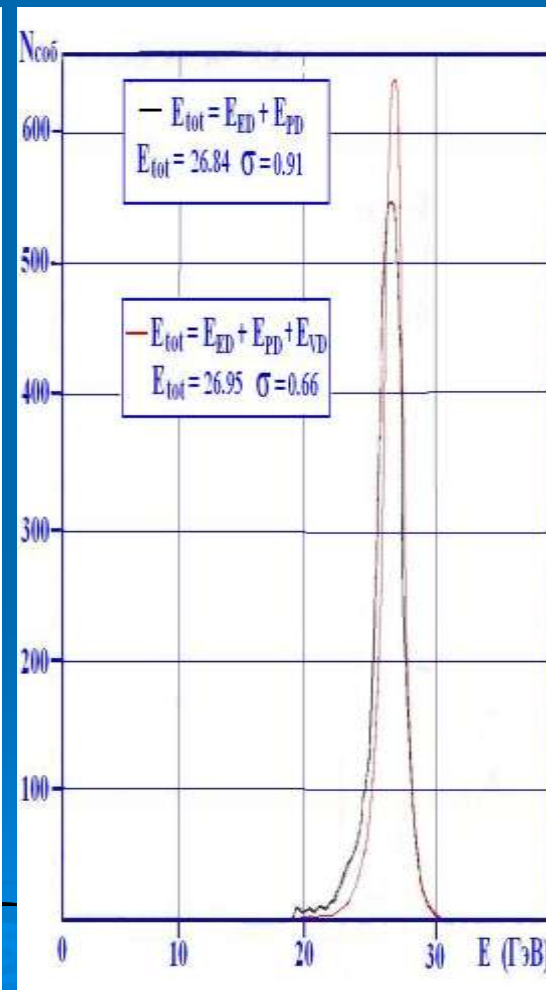
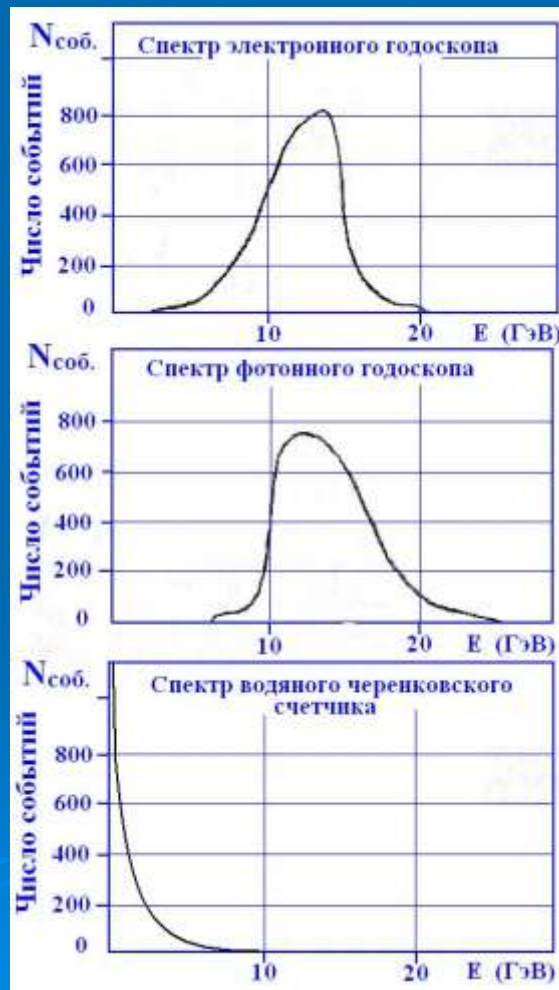
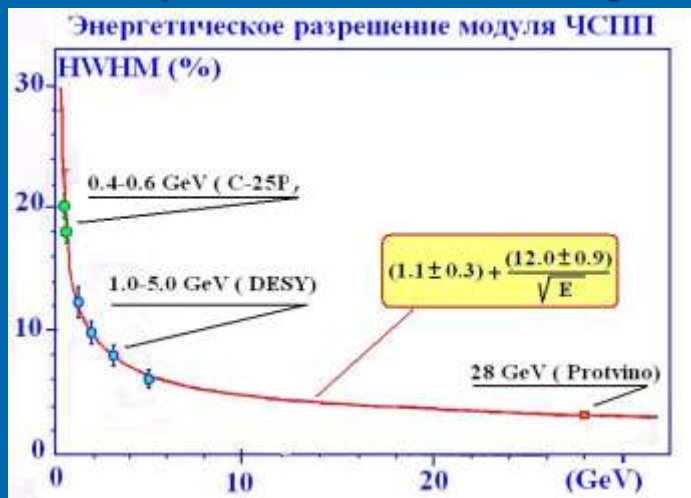




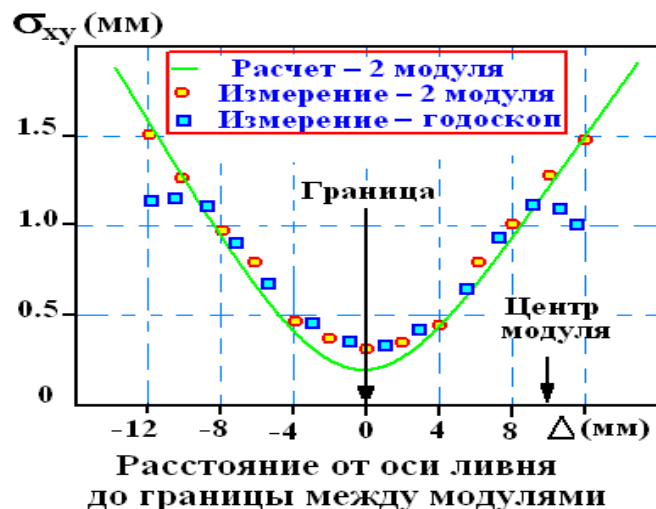
Параметры спектрометров

Калибровка на тестовых пучках

Спектры систем монитора светимости N1



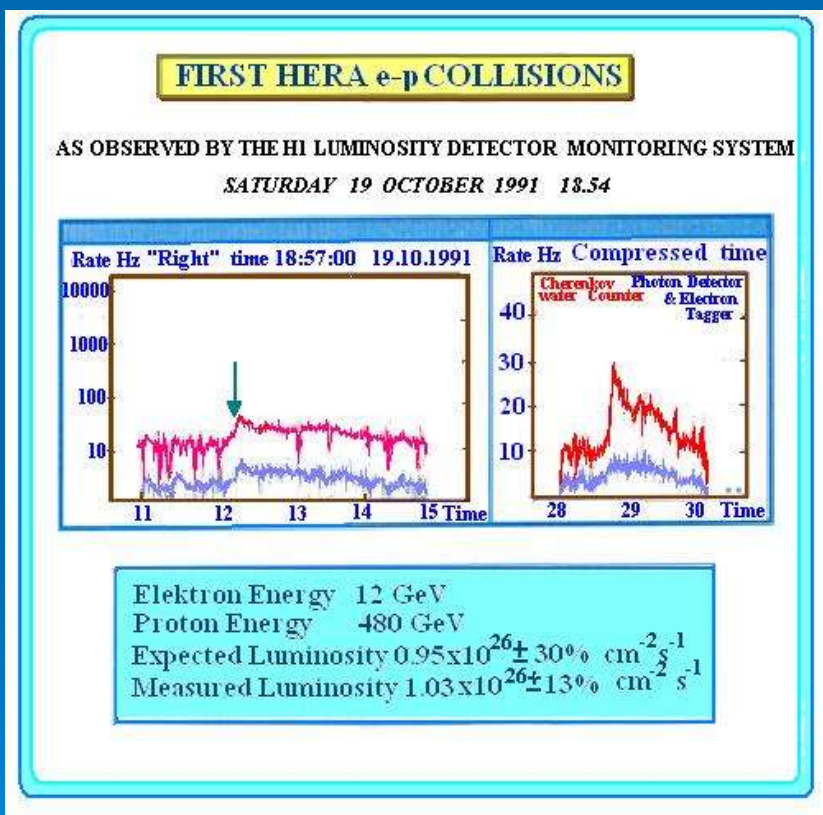
Координатное разрешение



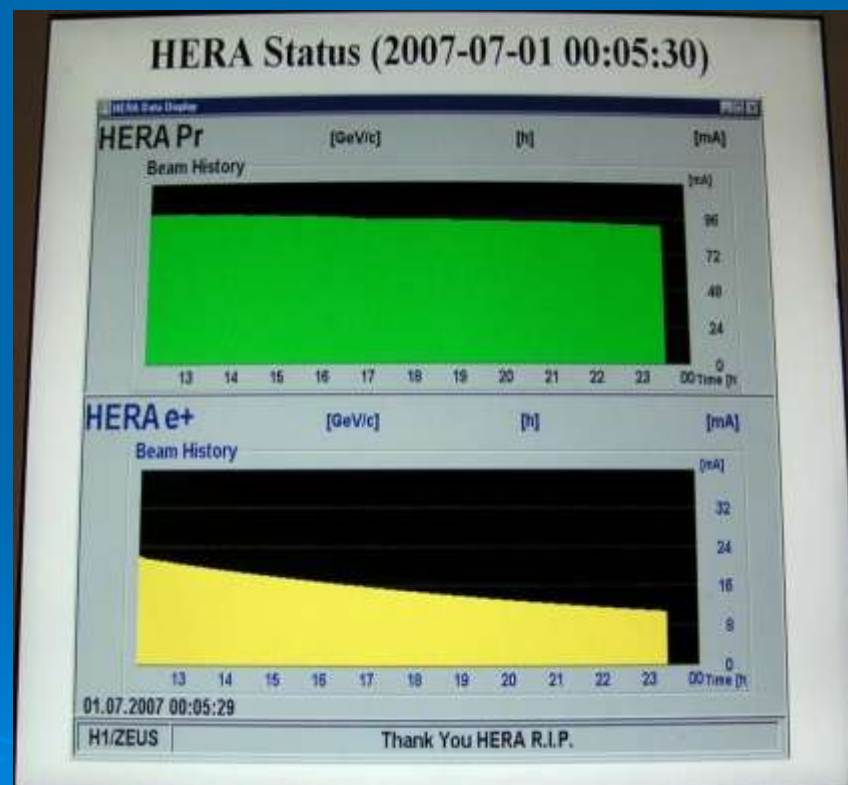


Вехи истории...

Открытка BUNDESPOST,
посвященная запуску ГЕРЫ



Снимок экрана монитора в
момент остановки ГЕРЫ



Благодарю всех за силу воли и
терпимость

выслушать докладчика до конца

