

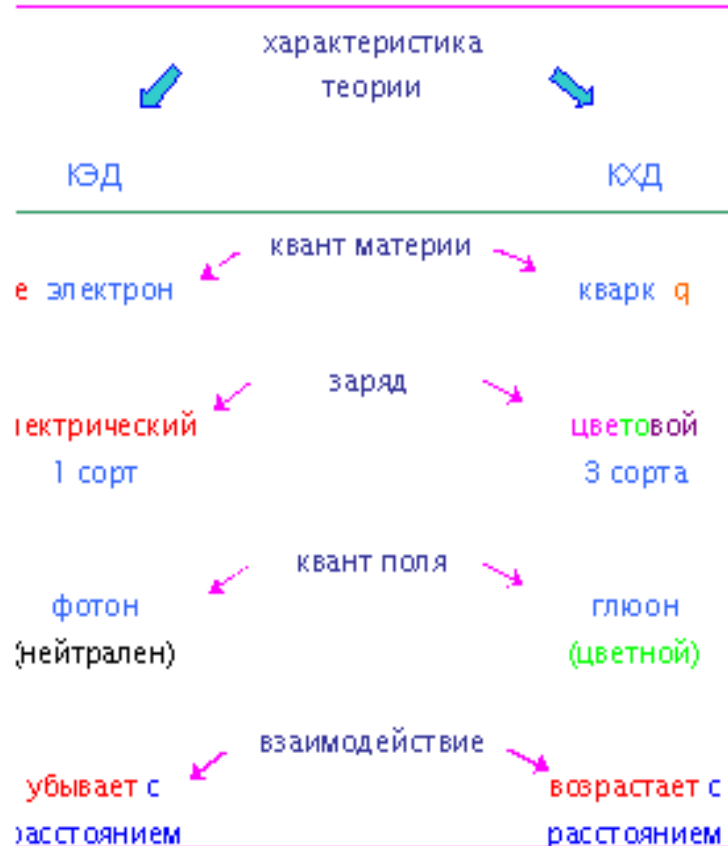
Поиск мезоядер в столкновениях ядер углерода при энергии пучка 20 ГэВ/нуклон

Ю.А.Хохлов Yury.Khokhlov@ihep.ru

Совместный семинар
ЛФВ и КФВЭ (ЛФИ МФТИ)
10.10.2019

Чем связаны частицы ?

Фундаментальные взаимодействия



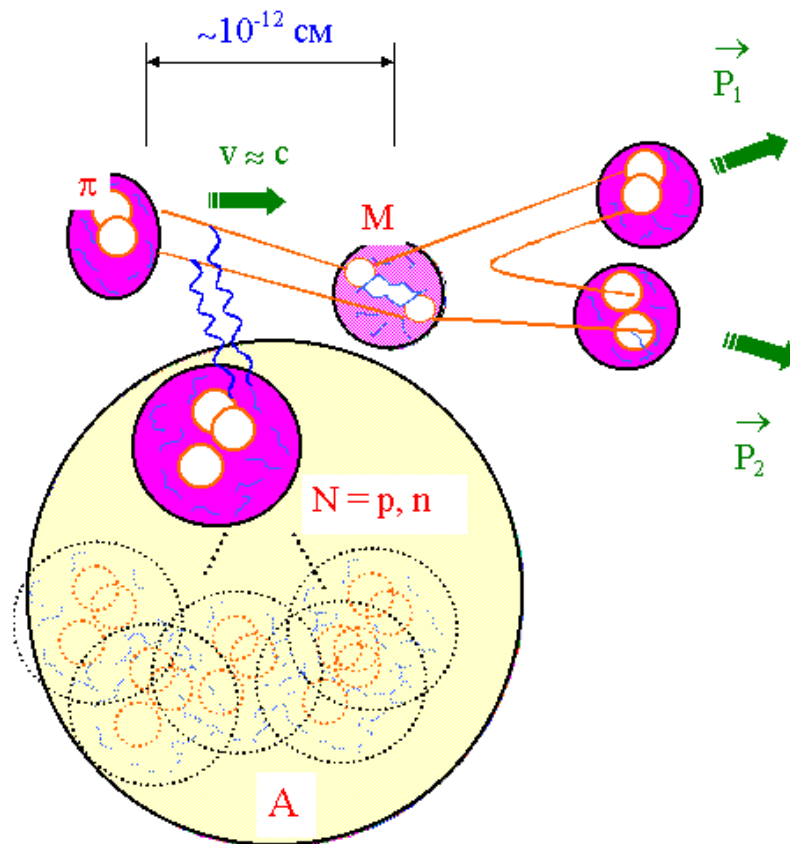
Терминология

«Материальные» частицы

- Лептоны - не взаимодействуют сильно
- Адроны – взаимодействуют сильно
 - ✓ Барионы ($B=1$) qqq : $N=\{p,n\}, \dots$
 - ✓ Мезоны ($B=0$) $q\bar{q}$ (?) : $\pi, \eta, K\dots$

Как мы изучаем адроны ?

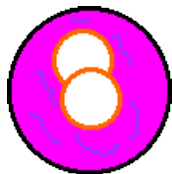
Адронная спектроскопия



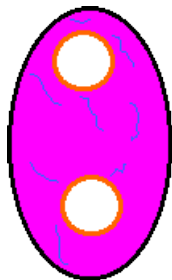
Мезоны

Обычные

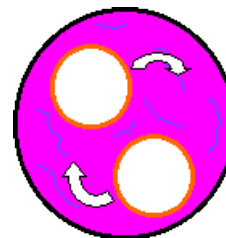
Основное состояние



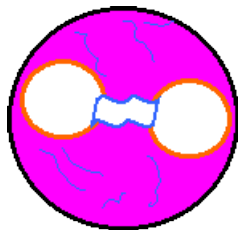
Радиальное возбуждение



Орбитальное возбуждение



«Экзотические»



«Гибрид»



«Глюбол»

Мезоядро – что это такое ?

☐ Атом $A + Ze$ ЭМ-взаимодействие

✓ $H = p + e$

- Мюоний $p + \mu^-$
- Мезоатом $p + \pi^-$

☐ Ядро $A = Zp + (N-Z)n$ Сильное взаимодействие

➤ Теор. предсказание экзотических связанных состояний ядра и мезона (1980-е) - мезоядер

η -- мезоядра

$\eta(548) \quad J^P=0^- \quad I=0$

- В теор. моделях ожидается притягательный ηN потенциал
- Длина рассеяния (характеристика силы взаимодействия)
 $\text{Re } a_{\eta N} = 0.2 - 1. \text{ Фм}$ в разных моделях
- ✓ Для легких ядер ($A=2-4$) -- задача многих тел
- ✓ Для тяжелых ядер ($A>10$) -- т.н. «оптический потенциал»
- Предсказано несколько квазисвязанных и резонансных состояний, в т.ч. в ^{12}C

Экспериментальные поиски

□ Измерения $a_{\eta N}$ и поиски η -мезоядер

в ряде мировых лабораторий/экспериментов

TAPS, MAMI, COSY, LAMPF, BNL, LPI, J-PARC, ...

В большинстве случаев – околопороговое рождение η при низкой энергии (~ 1 ГэВ)

- Пучки – пионы, фотоны, протоны
- Мишени – протоны, легкие (d, He, Li), тяжелые (Al, C) ядра
- Общая ситуация: несколько сообщений о наблюдении η -мезоядер, ни одно не подтверждено другими экспериментами

Предлагаемый эксперимент

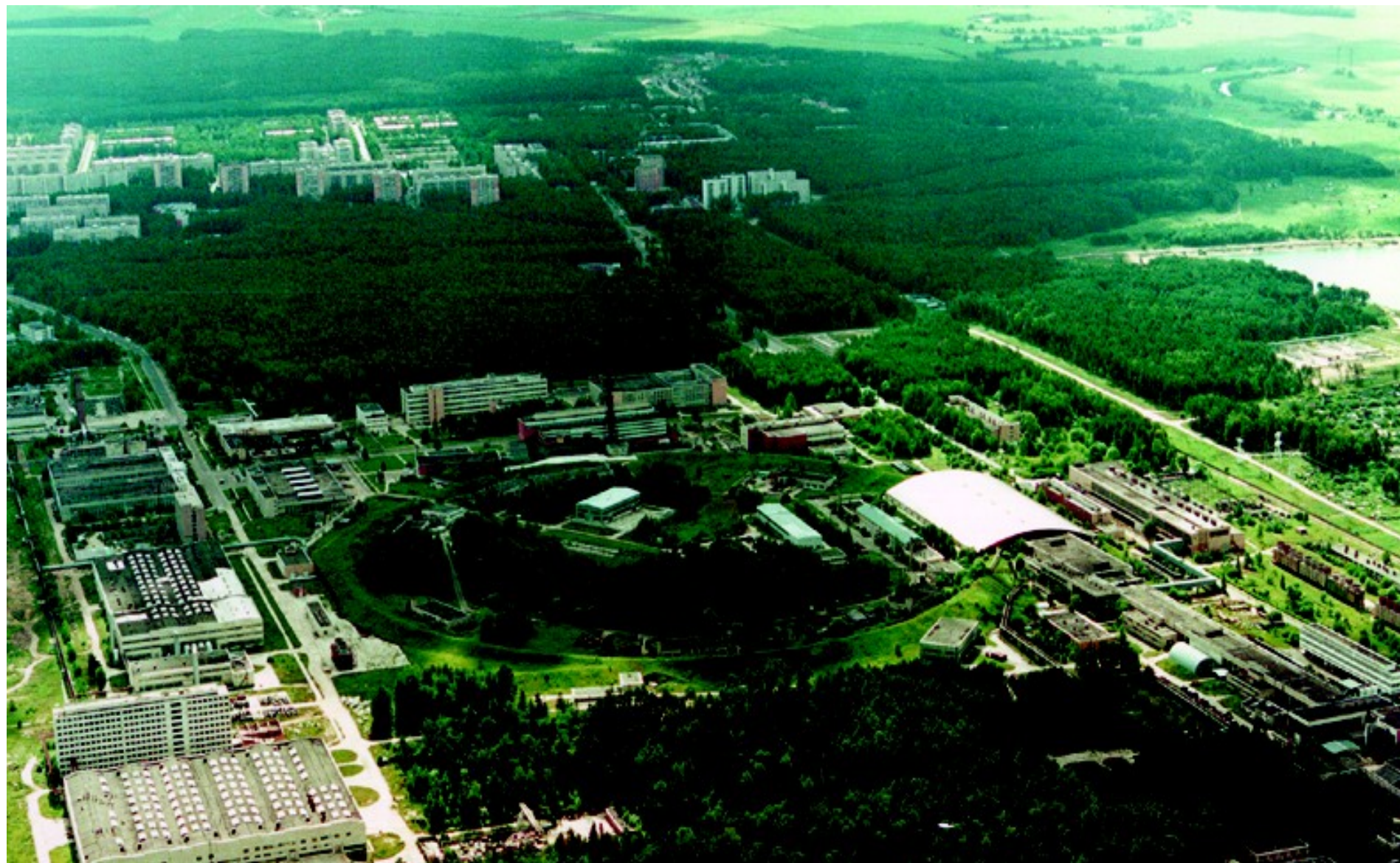
Комплекс У-70

- У-70 - ускорительный комплекс

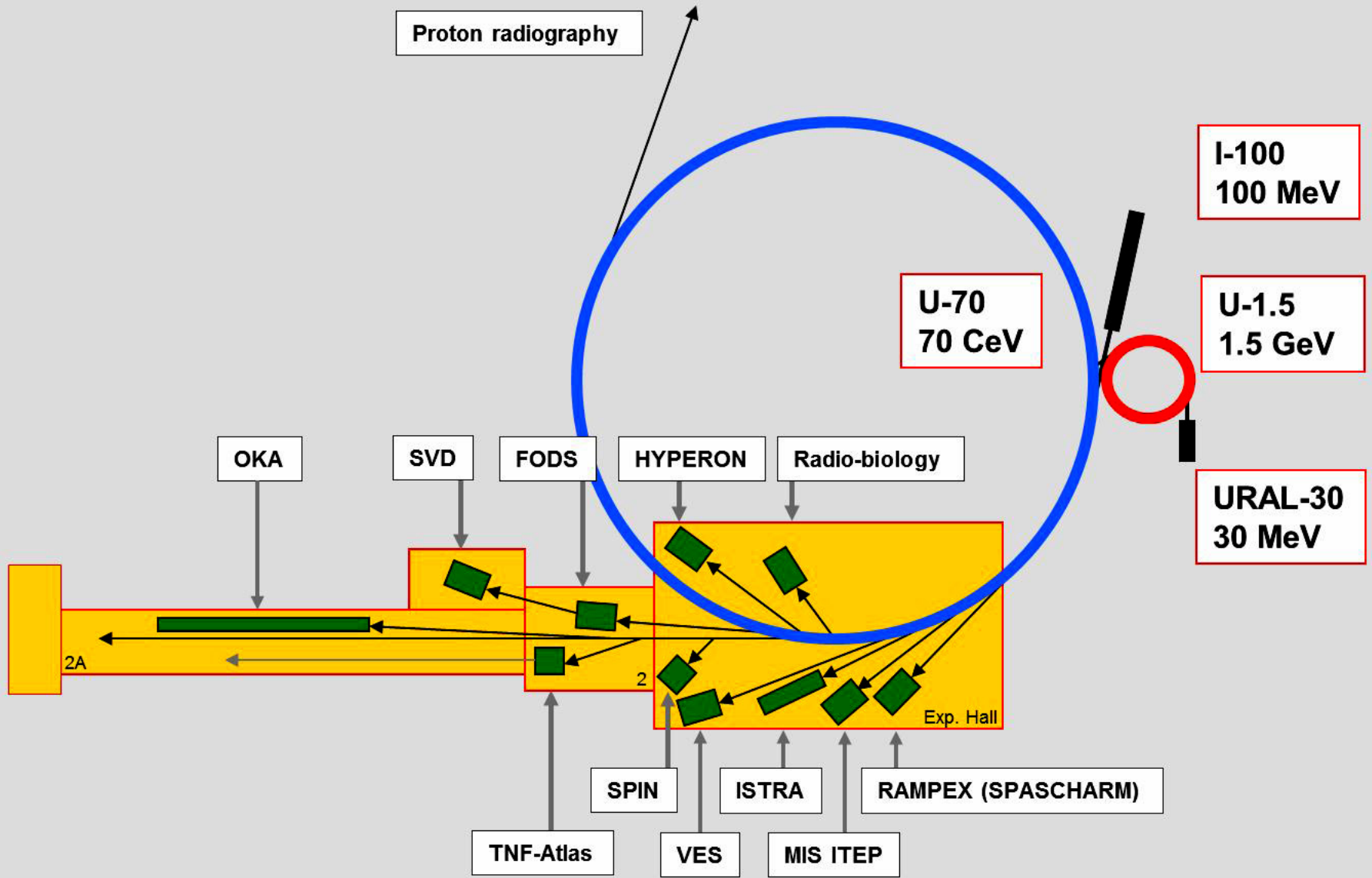
НИЦ «Курчатовский Институт» -- ИФВЭ, г.Протвино

- Главная машина – адронный синхротрон.
- Энергия протонов - до 70 ГэВ, наибольшая в России, в верхнем диапазоне в мире.
- Реализовано ускорение легких ядер с $Z/A=1/2$
- Системы вывода, формирования и транспортировки пучков
- Экспериментальные залы с большими установками

INSTITUTE for HIGH ENERGY PHYSICS



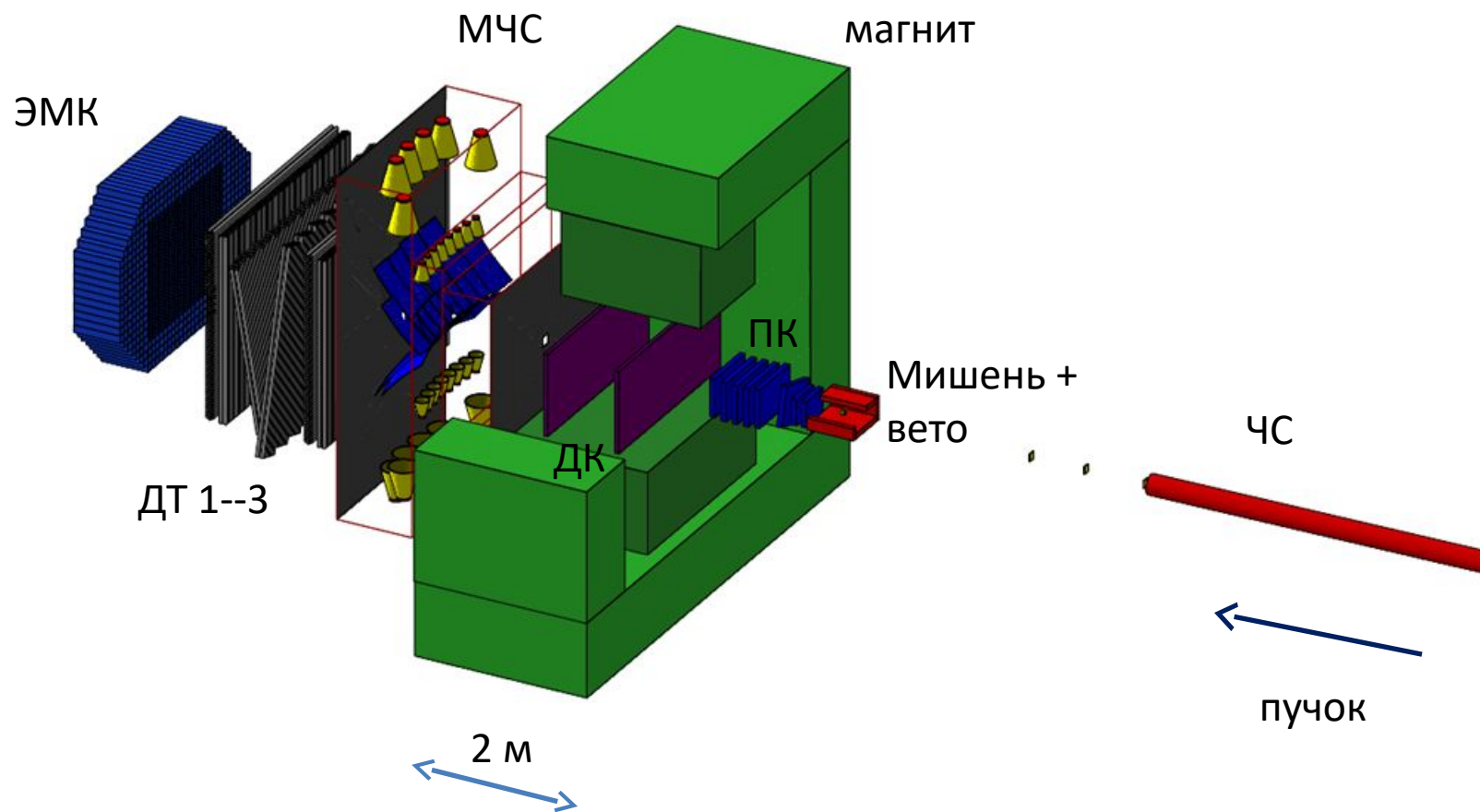
LAYOUT of IHEP ACCELERATOR and RESEARCH FACILITIES



Установка ВЕС

- Область исследований – адронная спектроскопия
- Универсальный широкоапертурный спектрометр
- Выводной канал частиц
 - ✓ в основном -- вторичный пучок (π , K , e , μ)
 - ✓ возможны пучки p
 - ✓ с 2015 г. -- $^{12}_6\text{C}$ $\sim 10^5/10$ с при 25 ГэВ/нуклон

Общий вид установки ВЕС

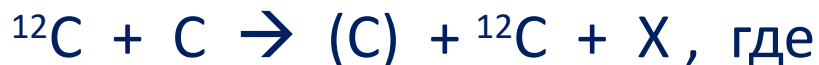


Экспозиция «весна-2016» (Run-49)

- 10-ти-дневный «сеанс» на пучке ^{12}C с энергией 20 ГэВ/нуклон
- Первый набор данных ВЕС на ядрах:
 - ✓ записано $140 \cdot 10^6$ пучковых событий
 - ✓ ожидается $\sim 20 \cdot 10^6$ событий со взаимодействиями ($\sigma \sim 700$ мБн)

Постановка эксперимента

➤ (Квази)эксклюзивное образование мезонов при когерентном (дифракционном, D) рассеянии пучка

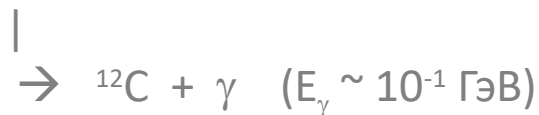


$$X = \eta, \eta', \omega, \pi\pi \quad (l = 0) \quad (\gamma \sim 20)$$

• **связанные состояния (мезоядра) типа** ${}^6_{\eta}\text{C}$

• мезонная спектроскопия с контролем квантовых чисел

• Радиационные переходы с возбужденных уровней $^{12}\text{C}^*$?



• Центральное (DD) образование X ?

• Кулоновское возбуждение пучка ?

Постановка эксперимента

- ❖ Основная особенность эксперимента
 - пучок --- ядро с (умеренно) большой энергией
 - «обратная» кинематика:

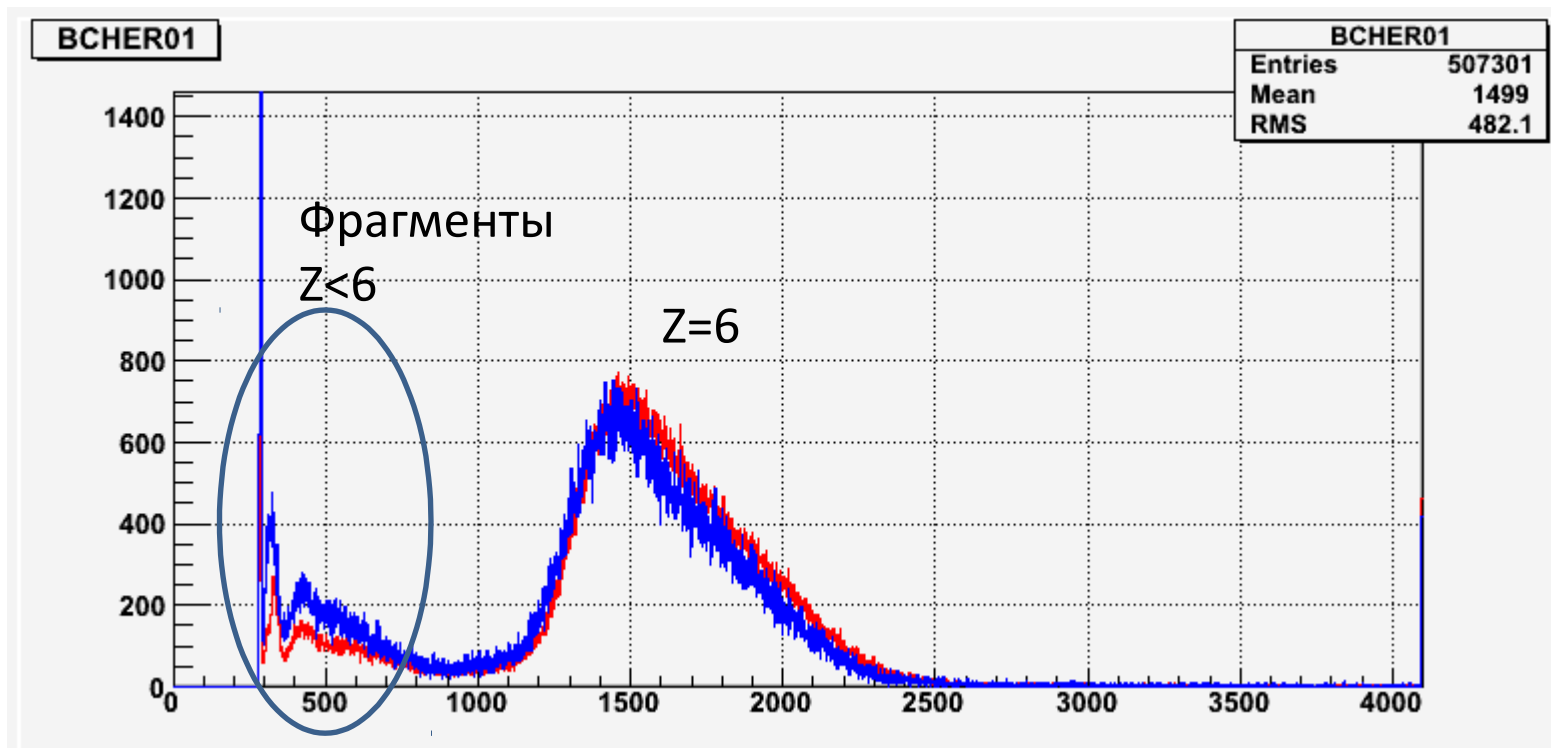
возбуждается (и фрагментирует на продукты реакции) частица пучка («быстрая» система), а не мишени («медленная» система)

При эквивалентности по физике процесса (не зависит от системы отсчета) методика измерения разная (=> аксептанс, точности, фоны, ...)

Первоочередные (!) задачи НИР по анализу данных R49

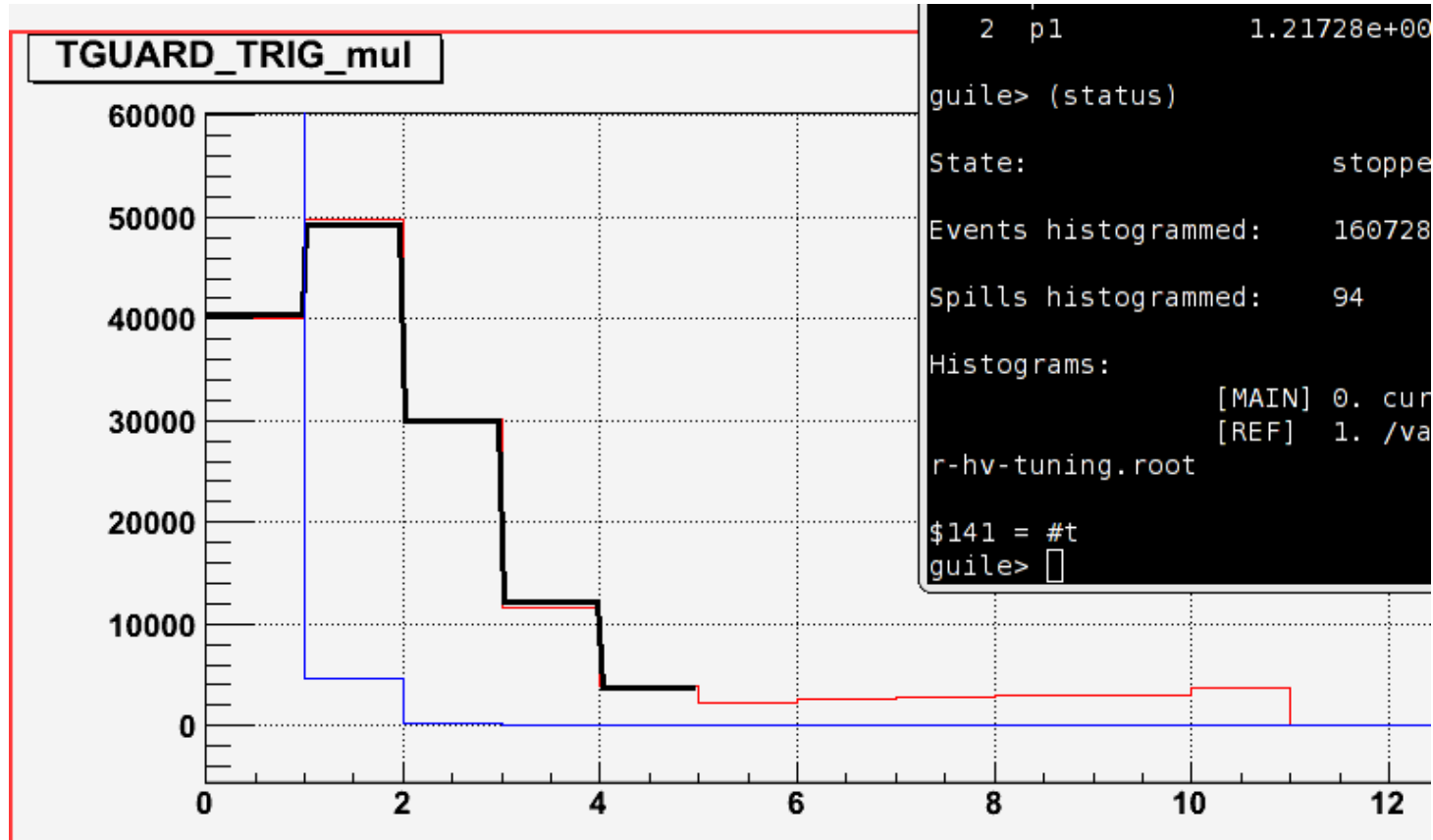
- ✓ Разборка особенностей кинематики (лит.-ра; (полу)аналитические оценки) 1-й сем.
- ✓ «Реконструкция» событий - восстановление кинематики по измерениям в детекторах (реальные данные, ПО реконструкции) 2-й сем.
 - Проблема: Z^2 в процессах в в-ве (ионизация, рассеяние)
 - большая загрузка газовых детекторов пространственным зарядом
 - большой динамический диапазон сигналов детекторов
 - 📄 много δ - электронов → фоновые сигналы в детекторах
- ✓ Обзор событий: классификация; выделение эксклюзивных систем ($C+\eta$?) ; изучение характеристик перспективной системы 3-й сем.

Иллюстрации



Амплитудный спектр Sci-счетчика K1 после спектрометрического магнита. Синим – с мишенью (1.5 см C), красным – без мишени.

Иллюстрации



Распределение по множественности срабатывания мишенных veto-счетчиков (10 шт.) (красным). Черным - подгонка функцией Пуассона с $\langle N \rangle = 1.22$. Компоненты с малой ($N \leq 4$, $\sim 87\%$ событий) и большой ($N > 4$, $\sim 13\%$) множественностями предположительно соответствуют преимущественно δ -электронам и фрагментации ядра мишени

Ждем Вас
в ЛФВ, на КФВЭ и в ИФВЭ

Спасибо за внимание