

ОТДЕЛЕНИЕ ФИЗИКИ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ

2014

А.А.Воробьев

Ученый Совет ПИЯФ 20 ноября 2014 года

Стратегия научной деятельности ОФВЭ

Выдержка из сборника “ Main Scientific Activities “ за 1997-2001 гг.

“ Как и в предыдущие годы, основная стратегия ОФВЭ заключалась, с одной стороны, в максимальном использовании имеющихся в ПИЯФ установок, с другой стороны, в участии в фундаментальных исследованиях в передовых мировых ускорительных центрах”.

Участие в международных экспериментах должно быть с серьезным интеллектуальным и приборным вкладом.

Участие в прикладных исследованиях, особенно в ядерной медицине.

СЦ ПИЯФ (Ирис, МАП, μ SR, $\pi\eta$, испытательные стенды)

dd-коллайдер ПИЯФ (Polfusion)

CERN (CMS, ATLAS, LHCб, ALICE, UA9, ISOLDE)

PSI (MuSun)

BNL (PHENIX)

GSI (ИКАР + проекты FAIR)

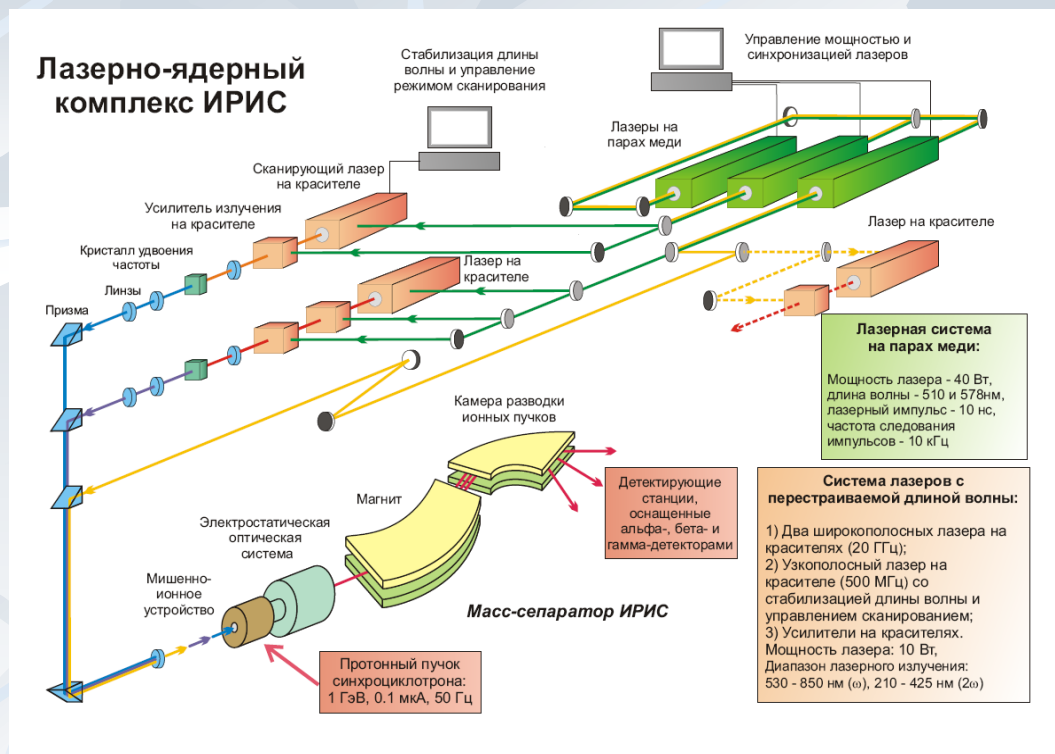
Bonn (эксперименты на электронном ускорителе)

The background of the slide features a repeating pattern of stylized, light blue leaves. The leaves are rendered in a flat, graphic style with visible veins, set against a light blue gradient background. The text is centered horizontally and vertically over this pattern.

Основные физические результаты

Эксперименты на СЦ ПИЯФ

Лаб. В.Н.Пантелеева



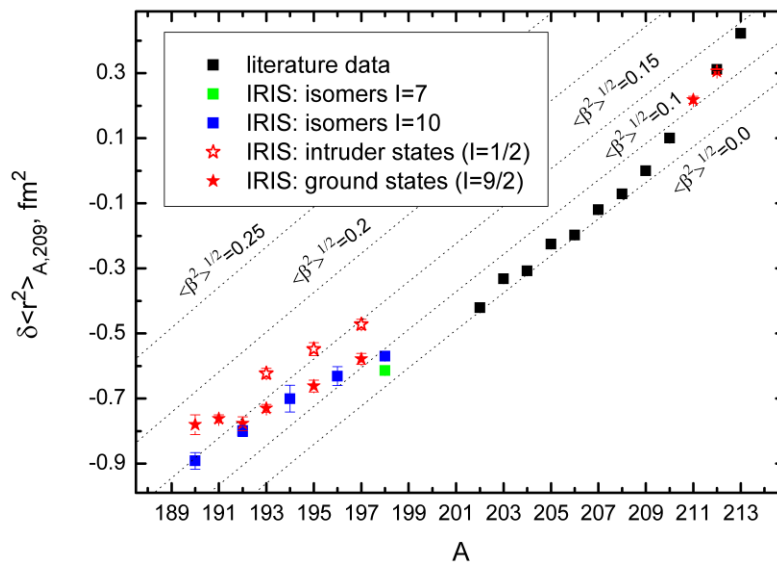
Измеряются:

С.к.р. ядер
Магнитные моменты
Квадрупольные моменты

Лазерно-масс спектрометрический комплекс ИРИС

Эксперимент ИРИС

Лаб. В.Н.Пантелеева



Методом резонансной лазерной спектроскопии в лазерном ионном источнике

впервые измерены изотопические сдвиги и сверхтонкое расщепление для 14 изотопов и изомеров Bi .

Определены изотопические изменения зарядовых радиусов и магнитные моменты этих ядер.

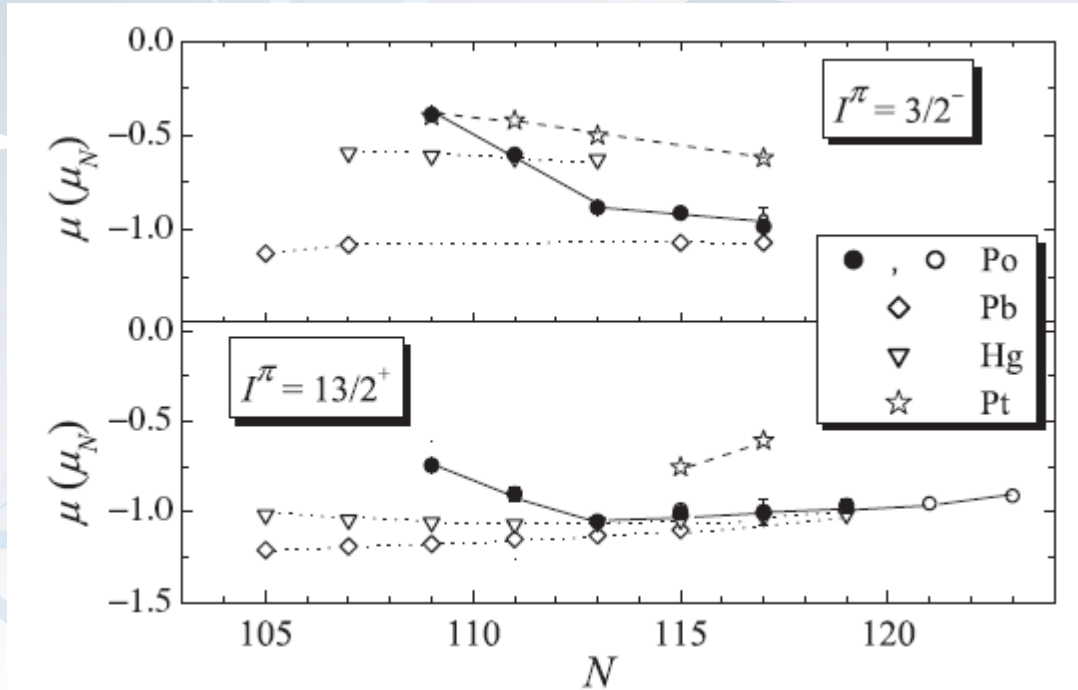
Продемонстрировано различие деформации у нормальных и интродер (внедренных) состояний 193,195,197 Bi .

Обнаружено отклонение хода зарядовых радиусов для изотопов Bi от наблюдавшегося ранее для соседних изотопических цепочек Tl , Pb и Po при $N < 109$.

Обнаружено заметное различие в поведении зарядовых радиусов для четно- и нечетно- нейтронных изотопов Bi при $N = 107, 108$.

Существование форм в изотопах полония

Эксперимент ISOLDE (CERN)



1. M. D. Seliverstov, A. Barzakh, D. Fedorov, P. Molkanov, et al., Phys. Rev. C **89**, 034323 (2014).

2. T. E. Cocolios, A. Barzakh, D. Fedorov, P. Molkanov, M. Seliverstov, et al., Phys. Rev. Lett. **106**, 052503 (2011);

M. D. Seliverstov, A. Barzakh, D. Fedorov, P. Molkanov, et al., Phys. Lett. B **719**, 362 (2013).

3. D. Fink, A. Barzakh, D. Fedorov, P. Molkanov, M. Seliverstov, et al., Phys. Rev. X (в печати).

Многоканальное запаздывающее деление изотопов $^{194,196}\text{At}$ и ^{202}Fr

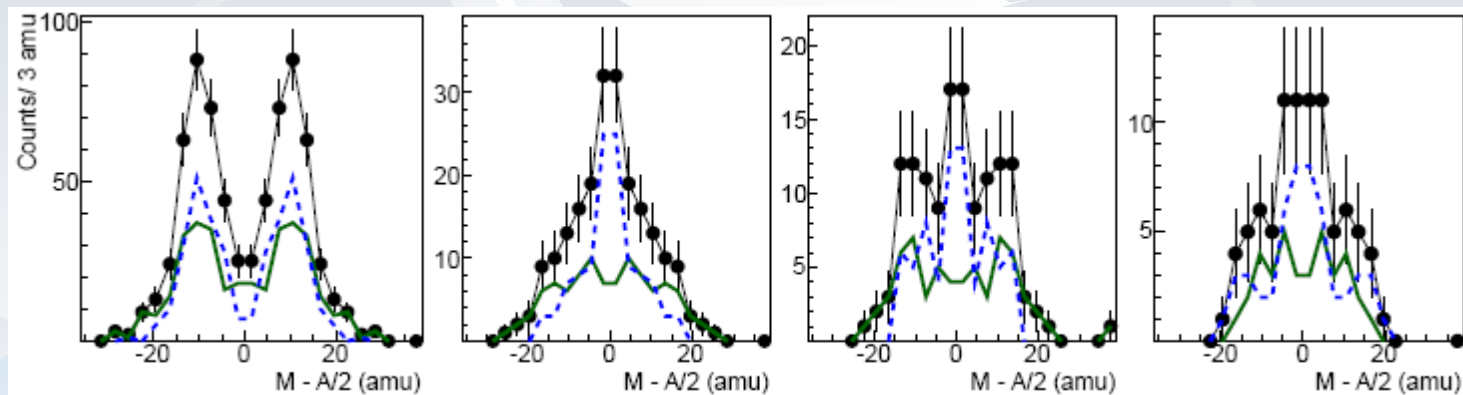
Эксперимент ISOLDE (CERN)

^{180}Tl

^{194}At

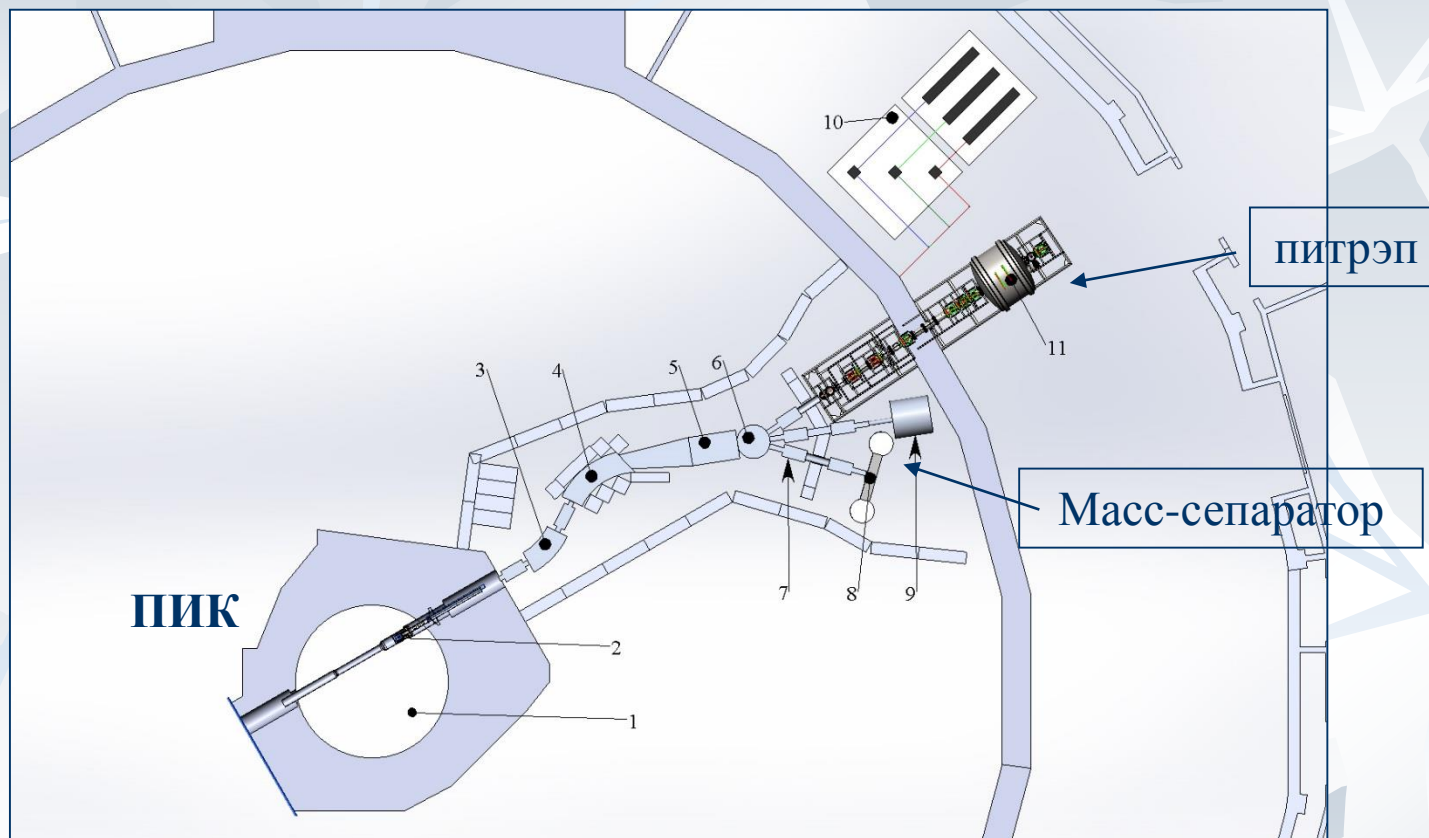
^{196}At

^{202}Fr



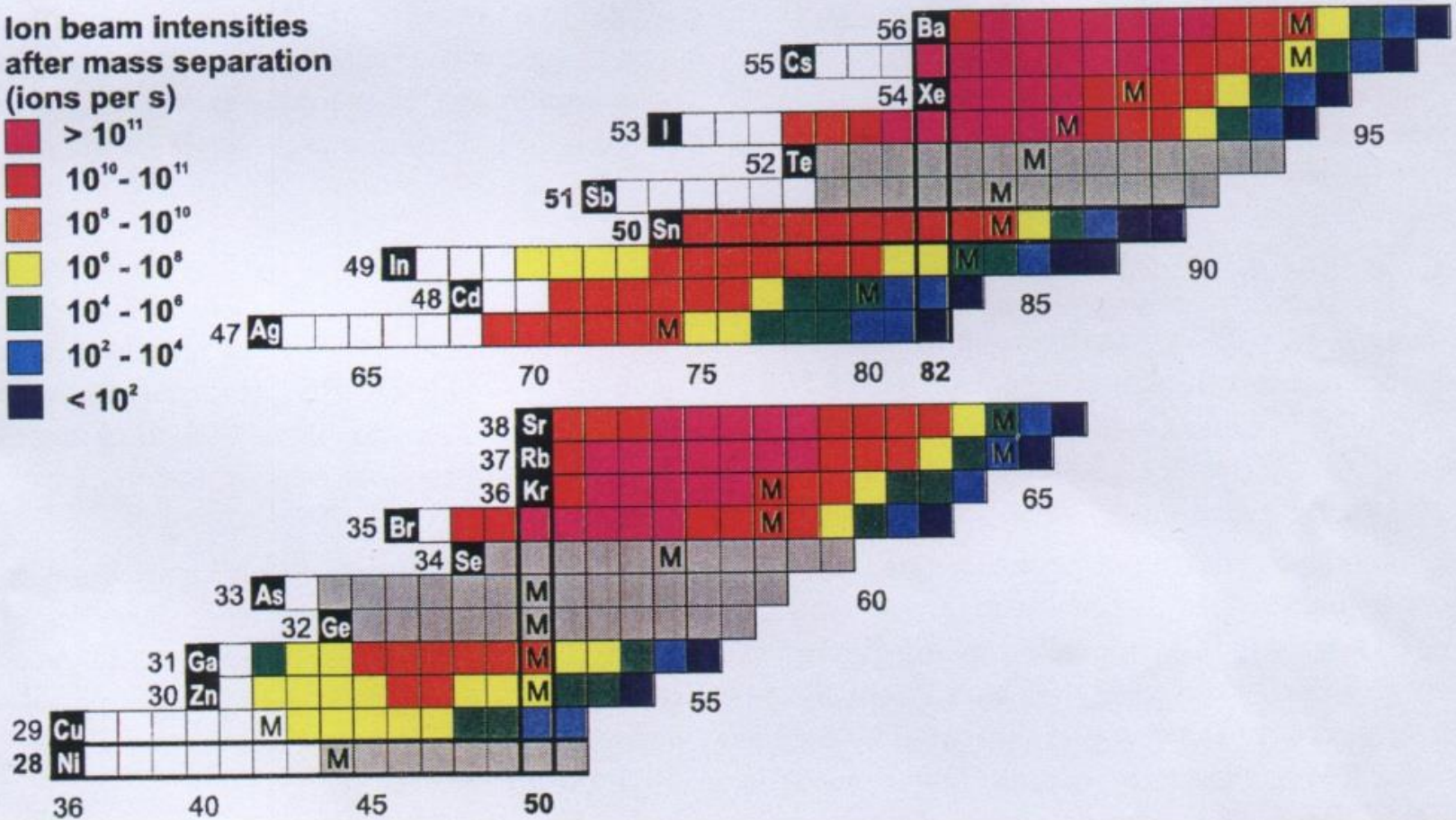
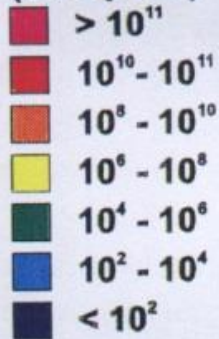
L. Ghys, A. Barzakh, D. Fedorov, M. Seliverstov, et al., Phys. Rev. C **90**, 041301(R) (2014).

Проект ИРИНА



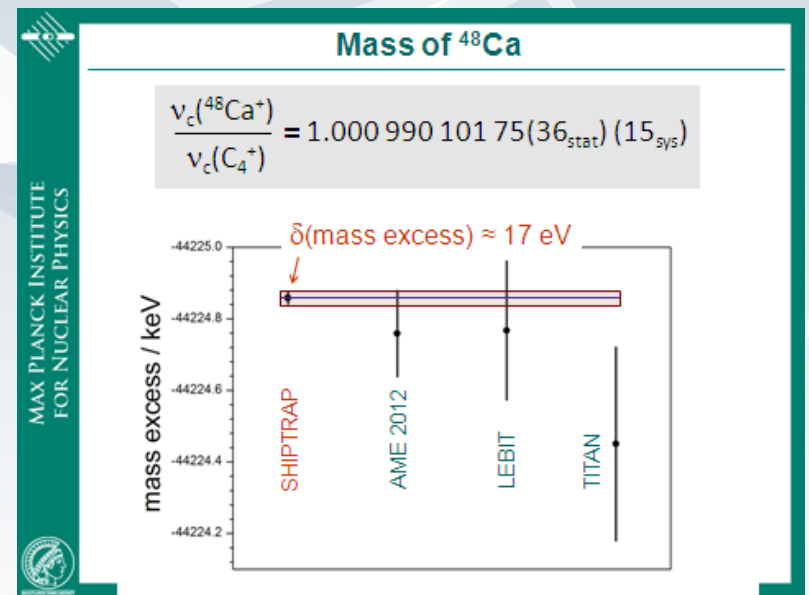
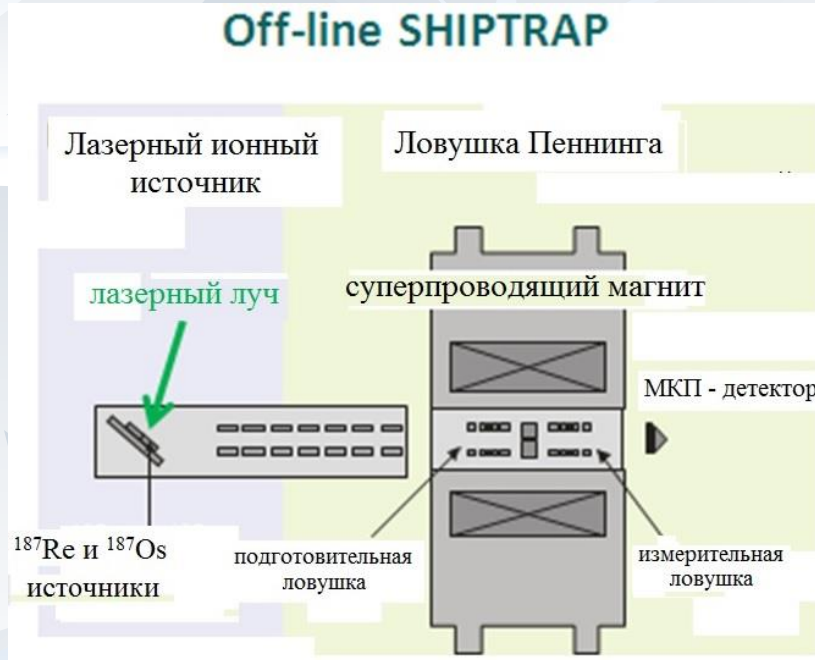
Выходы изотопов на ПИК

Ion beam intensities
after mass separation
(ions per s)



Прогресс в измерении масс в SHIPTRAP

Лаб Ю.Н.Новикова



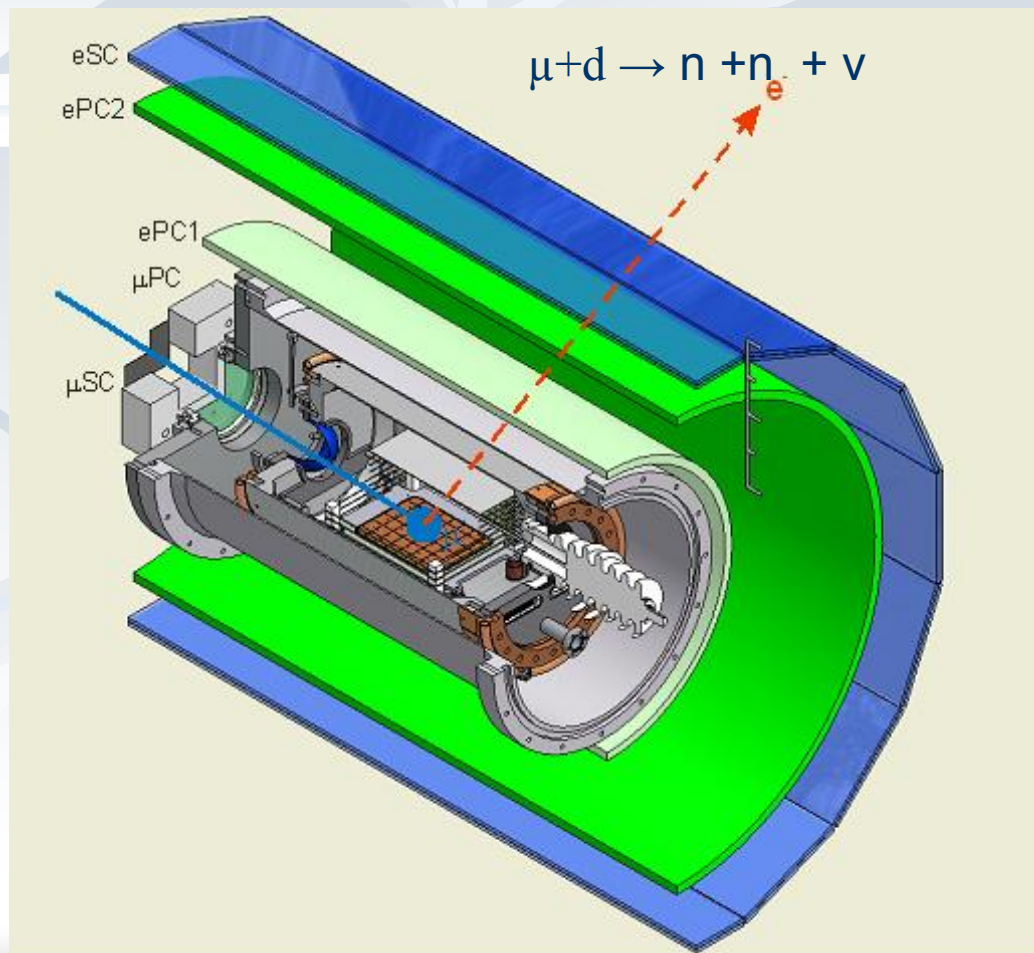
Масса ядра $\text{Ca}48$ измерена с точностью 10^{-9}

План : построить ПИТРЭП в ПИЯФ на ПИК

Эксперимент MuSUN

Швейцарская мезонная фабрика

Лаб.А.Васильева



Исключительно успешный
3-х месячный сеанс

5×10^9 событий
плюс
Контрольные измерения

The background of the slide features a repeating pattern of stylized, light blue leaves and stems, creating a textured, organic feel. The leaves are layered and semi-transparent, allowing the underlying pattern to be visible.

ХИГГС БОЗОН
НОВОСТИ

CMS & ATLAS

Публикации CMS 2014 года по Хиггс бозону

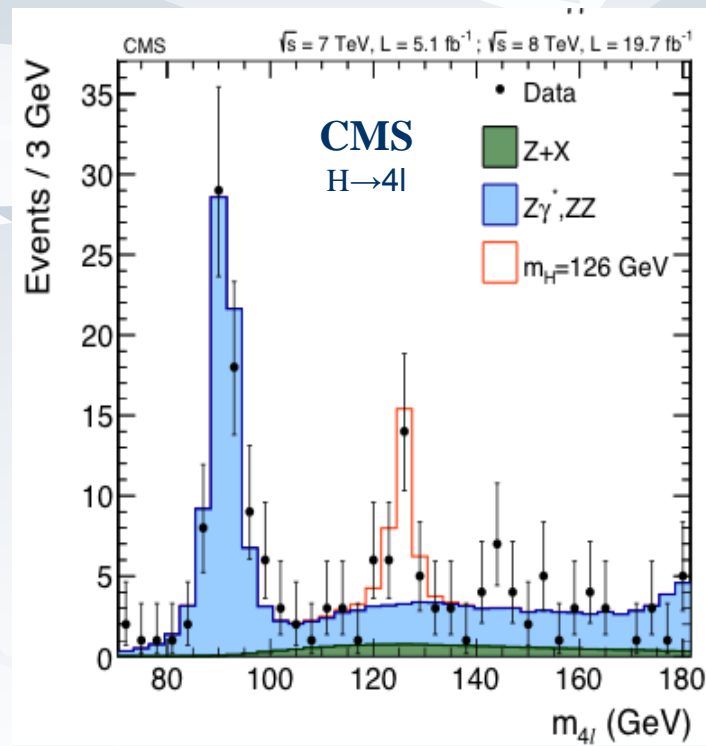
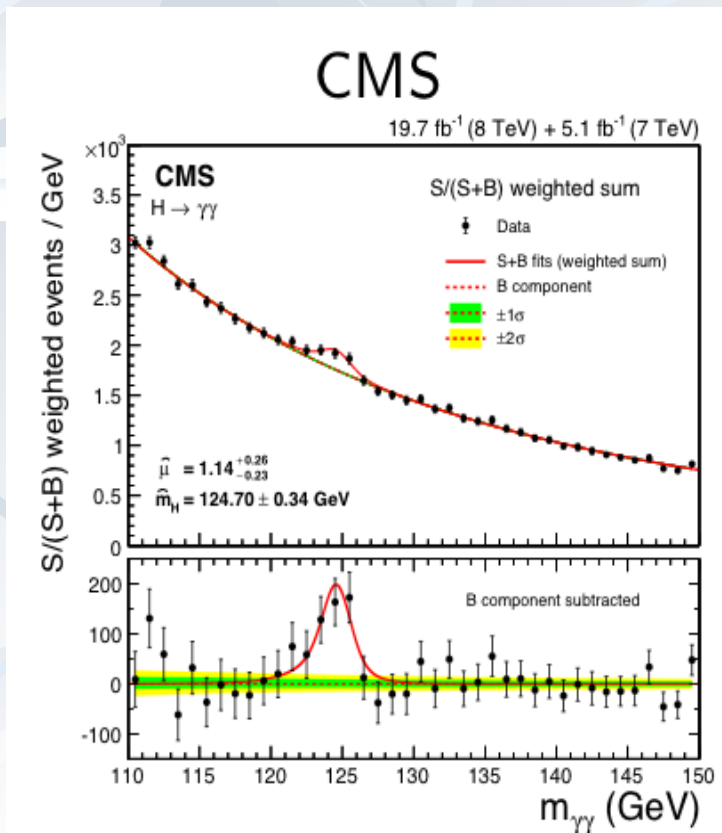
13 соавторов ПИЯФ

- [1] The CMS Collaboration, “Observation of the diphoton decay of the Higgs boson and measurement of its properties”, [arXiv:1407.0558](https://arxiv.org/abs/1407.0558), submitted to Eur. Phys. J. C.
- [2] CMS Collaboration, “Search for the Standard Model Higgs boson produced in association with a W or a Z boson and decaying to bottom quarks”, Phys. Rev. D 89 (2014) 012003, [doi:10.1103/PhysRevD.89.012003](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.89.012003).
- [3] CMS Collaboration, “Measurement of Higgs boson production and properties in the WW decay channel with leptonic final states”, JHEP 01 (2014) 096, [doi:10.1007/JHEP01\(2014\)096](https://doi.org/10.1007/JHEP01(2014)096).
- [4] CMS Collaboration, “Measurement of the properties of a Higgs boson in the four-lepton final state”, Phys. Rev. D 89 (2014) 092007, [doi:10.1103/PhysRevD.89.092007](https://doi.org/10.1103/PhysRevD.89.092007).
- [5] CMS Collaboration, “Evidence for the 125 GeV Higgs boson decaying to a pair of τ leptons”, JHEP 05 (2014) 104, [doi:10.1007/JHEP05\(2014\)104](https://doi.org/10.1007/JHEP05(2014)104).
- [6] The CMS Collaboration, “Precise determination of the mass of the Higgs boson and studies of the compatibility of its couplings with the Standard Model”, Physics Analysis Summary, CMS-PAS-HIG-14-009, <http://cds.cern.ch/record/1728249>
- [7] The CMS Collaboration, “Constraints on Anomalous HWW Interactions using Higgs boson decays to W+W- in the fully leptonic final state”, Physics Analysis Summary, CMS-PAS-HIG-14-012, <http://cds.cern.ch/record/1728250>
- [8] The CMS Collaboration, “Constraints on anomalous HVV interactions using H to 4l decays”, Physics Analysis Summary, CMS-PAS-HIG-14-014, <http://cds.cern.ch/record/1728251>
- [9] The CMS Collaboration, “Evidence for the direct decay of the 125 GeV Higgs boson to fermions”, Nature Physics advance online publication (2014), [doi:10.1038/nphys3005](https://doi.org/10.1038/nphys3005).

Масса Хиггс бозона

$$m_H = 124.70 \pm 0.31(\text{stat}) \pm 0.15(\text{syst}) \text{ GeV}$$

$$m_H = 125.6 \pm 0.4 \pm 0.2 \text{ GeV}$$



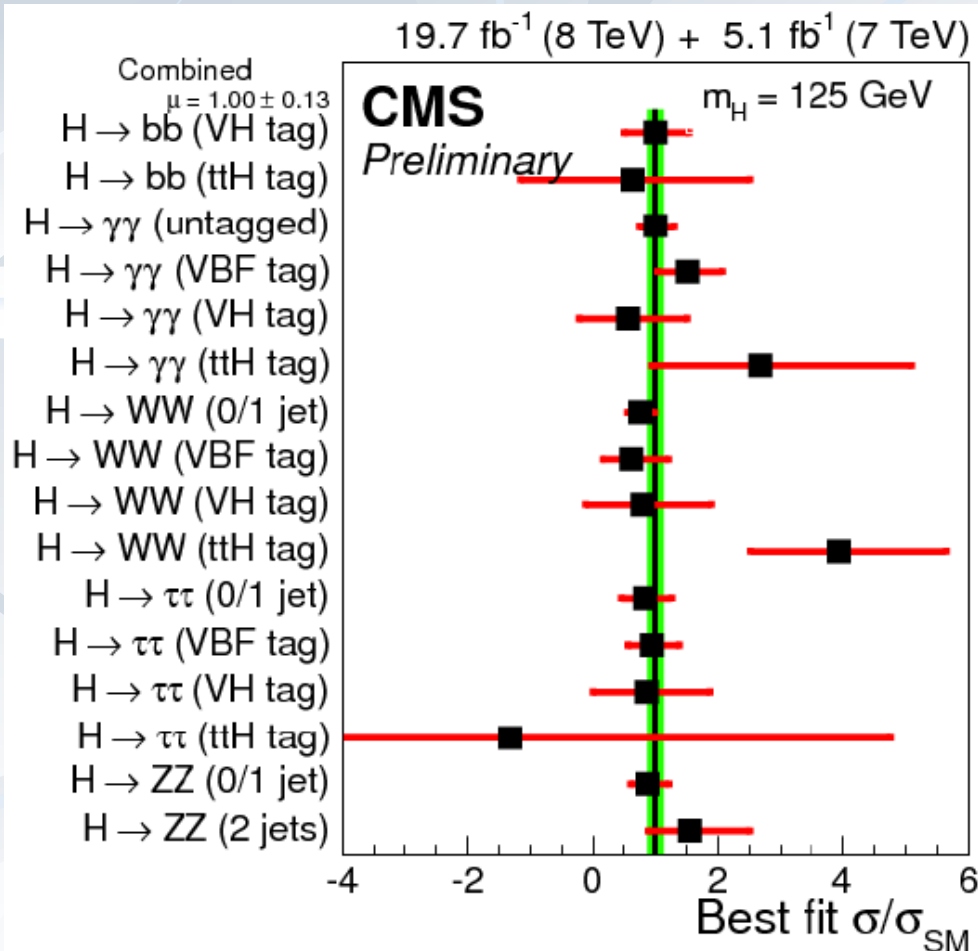
CMS

$$m_H = 125.03 \pm 0.26 \pm 0.14 \text{ GeV}$$

ATLAS

$$m_H = 125.30 \pm 0.37 \pm 0.18 \text{ GeV}$$

Свойства Хиггс бозона



$$\langle \sigma/\sigma_{SM} \rangle = 1.00 \pm 0.13$$

Спин 2 исключен на уровне 99%

Спин 1 исключен на уровне 99.99%

Остается скалярный бозон SM



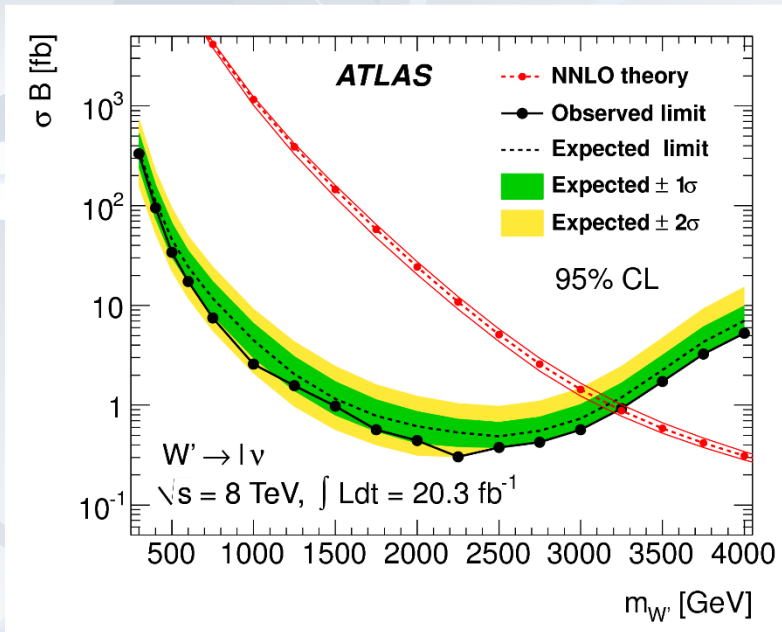
Поиск процессов за пределами

Стандартной Модели

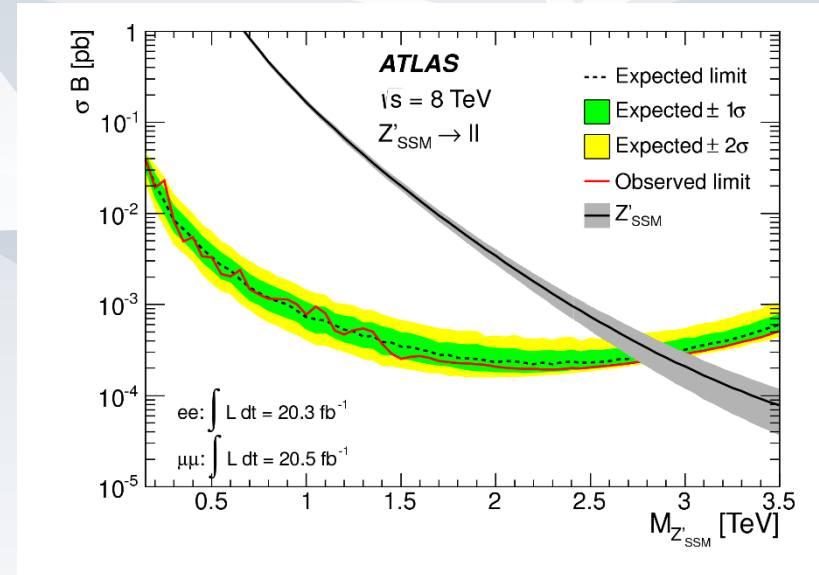
Поиск тяжелых бозонов W' и Z'

Эксперимент ATLAS

Лаб.О.Федина



$m_{W'} > 3.2 \text{ TeV}$

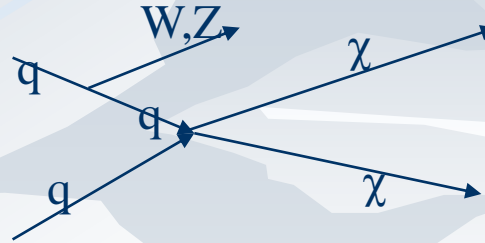


$m_{Z'} > 2.85 \text{ TeV}$

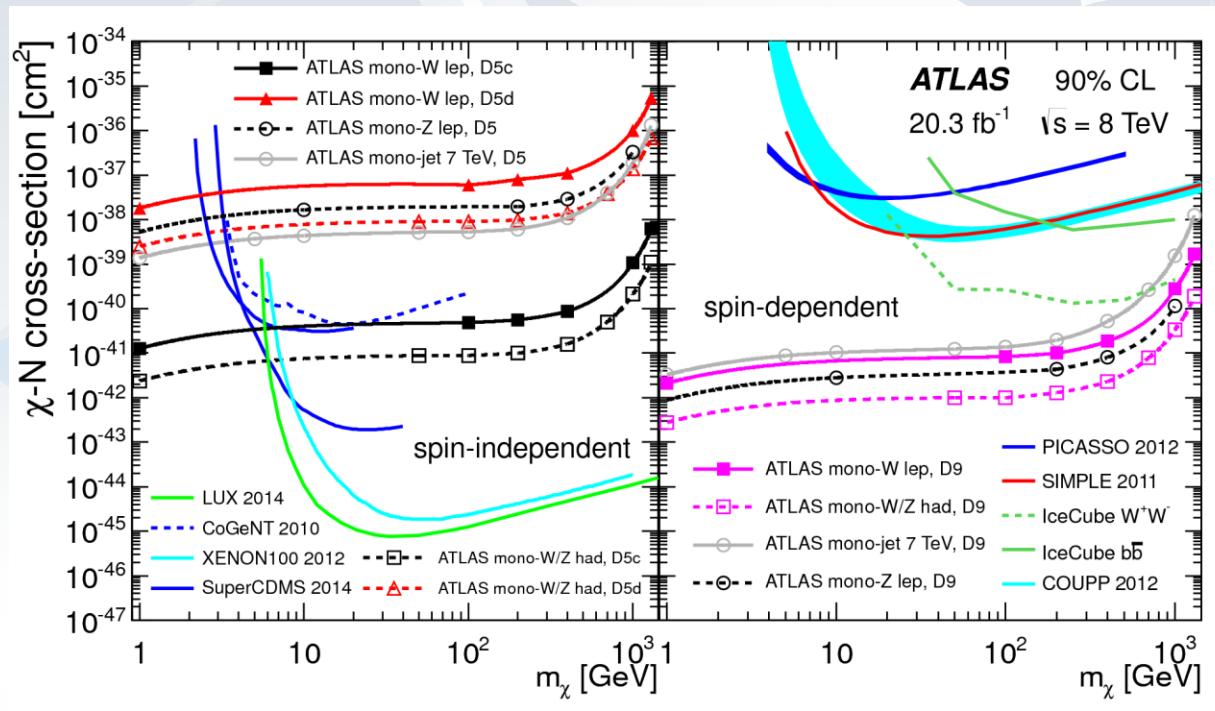
G. Aad, ...O.Fedin, V.Maleev, V.Solovyev,... (Atlas Collaboration), Search for high-mass dilepton resonances in pp collisions at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector, arXiv:1405.4123, Phys. Rev. D 90, 052005 (2014)

G. Aad, ...O.Fedin, V.Maleev, V.Solovyev,... (Atlas Collaboration), Search for new particles in events with one lepton and missing transverse momentum in pp collisions at $\sqrt{s} = 8 \text{ TeV}$ with the ATLAS detector, JHEP 09(2014)037

Поиск темной материи

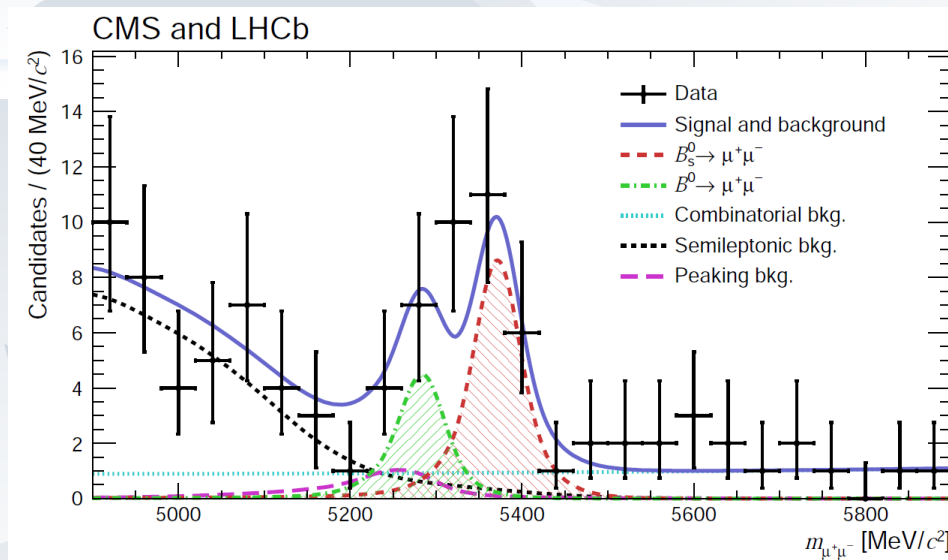


Лаб.О.Федина



Обнаружение распада $B_{s,d} \rightarrow \mu\mu$

Одно из самых сильных ограничений на некоторые Суперсимметричные модели



Стандартная Модель

$$\text{Br}(B_s \rightarrow \mu\mu) = (3.66 \pm 0.23) \times 10^{-9}$$

$$\text{Br}(B_d \rightarrow \mu\mu) = (1.06 \pm 0.09) \times 10^{-10}$$

$$R = \text{Br}(B_s \rightarrow \mu\mu) / \text{Br}(B_d \rightarrow \mu\mu) = \\ = 0.0295 \pm 0.0027$$

LHCb + CMS

$$\text{Br}(B_s \rightarrow \mu\mu) = (2.8 \pm 0.7) \times 10^{-9}$$

$$\text{Br}(B_d \rightarrow \mu\mu) = (3.9 \pm 1.5) \times 10^{-10}$$

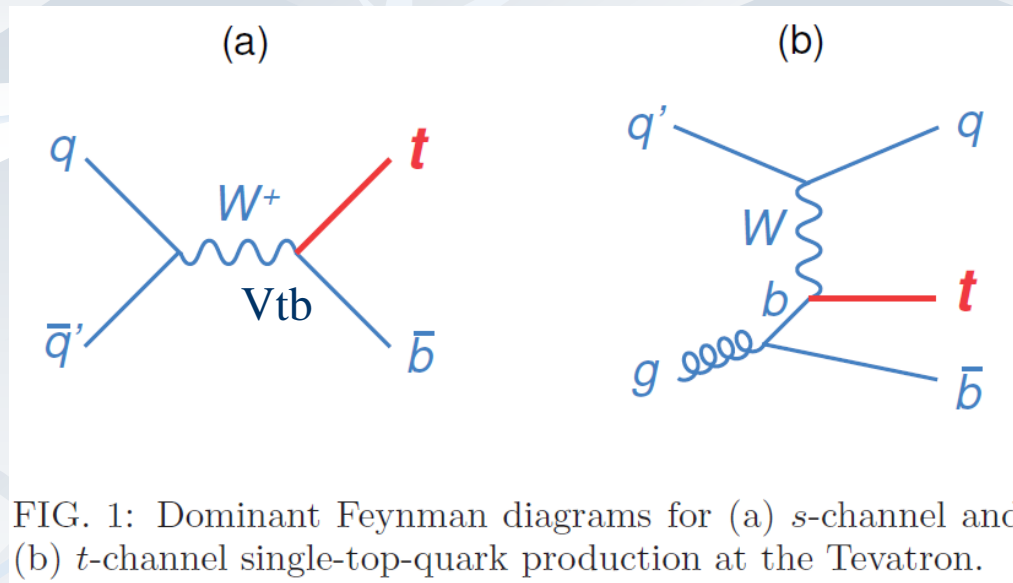
CMS and LHCb Collaborations,

А.Воробьев, А. Дзюба, Н.Сагидова, Ю.Щеглов

Observation of the rare $B_{0s} \rightarrow \mu^+\mu^-$ decay from the combined analysis of CMS and LHCb data, arXiv:1411.4413

Рождение одиночного t - кварка

Эксперименты D0 & CDF Фермилаб



<http://arxiv.org/abs/1402.5126v1>

Г. Алхазов
А.Лободенко
Л.Уваров
С.Уваров
П.Неустроев
Ю.Щеглов

FIG. 1: Dominant Feynman diagrams for (a) s -channel and (b) t -channel single-top-quark production at the Tevatron.

V_{tb} чувствителен к новой физике

$$\sigma_{\text{эксп}} = 1.29 \pm 0.25 \text{ pb}$$

$$\sigma_{\text{см}} = 1.05 \pm 0.06 \text{ pb}$$

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛЮОННОЙ ПЛОТНОСТИ В НУКЛОНЕ

ПРИ МАЛЫХ x

В УЛЬТРАПЕРИФЕРИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯХ

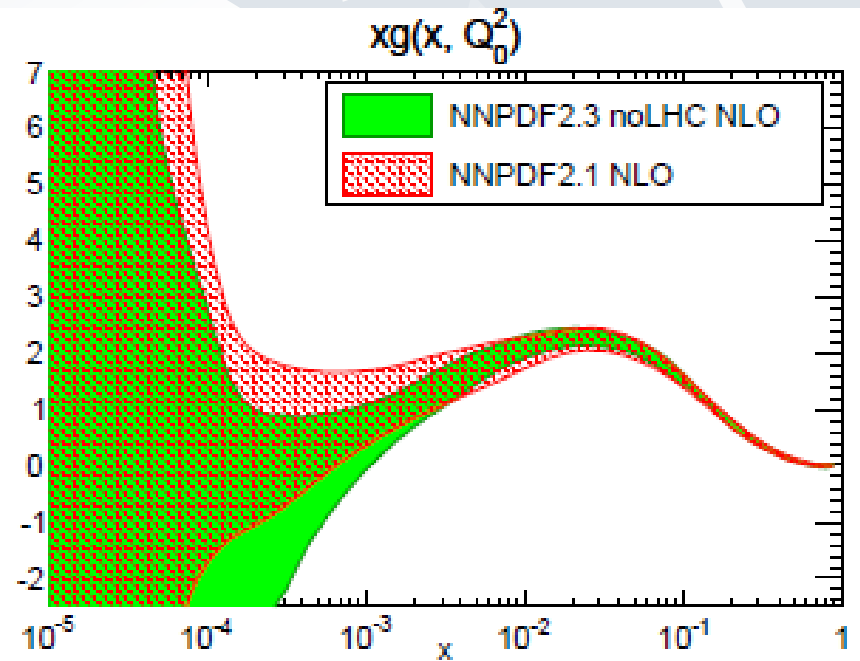
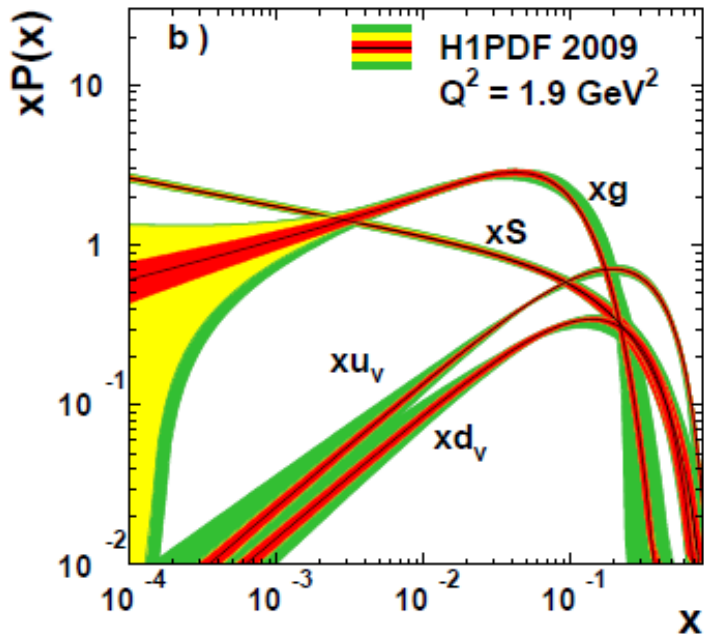
ALICE & LHCb

X – доля импульса нуклона, которую переносит партон
(валентные кварки (u, d), морские кварки ($s, \text{анти}s$), глюоны)

$P(x)$ - вероятность обнаружить партон с $P_{\text{партон}} / P_{\text{нуклон}} = x$

Измерено до $x \sim 1 \cdot 10^{-4}$

предсказания

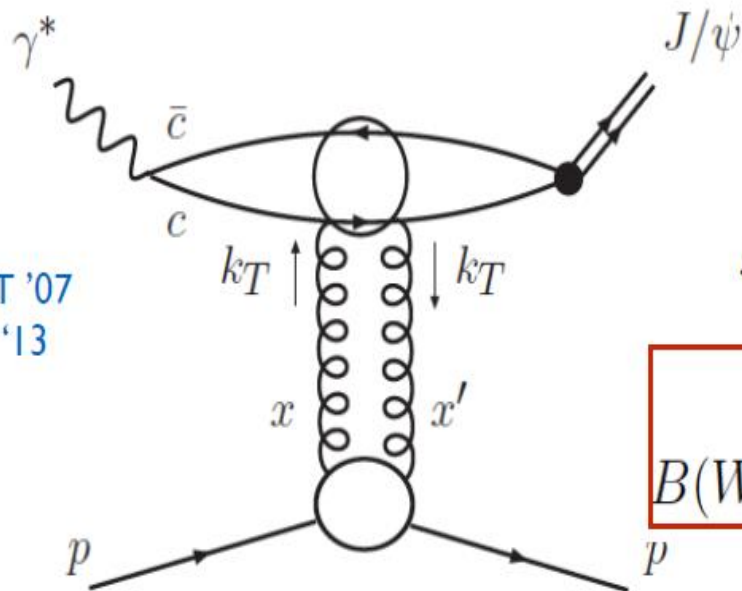


Из измеренного сечения УПС -> сечение фоторождения на протоне (М. Рыскин) -> информация о глюонной плотности в протоне

В УПС Q^2 практически равно 0

Q^2

MNRT '07
JMRT '13



$$\bar{Q}^2 = (Q^2 + M_{J/\psi}^2)/4$$

$$x = (Q^2 + M_{J/\psi}^2)/(W^2 + Q^2)$$

$$\sigma \sim \exp(-Bt)$$

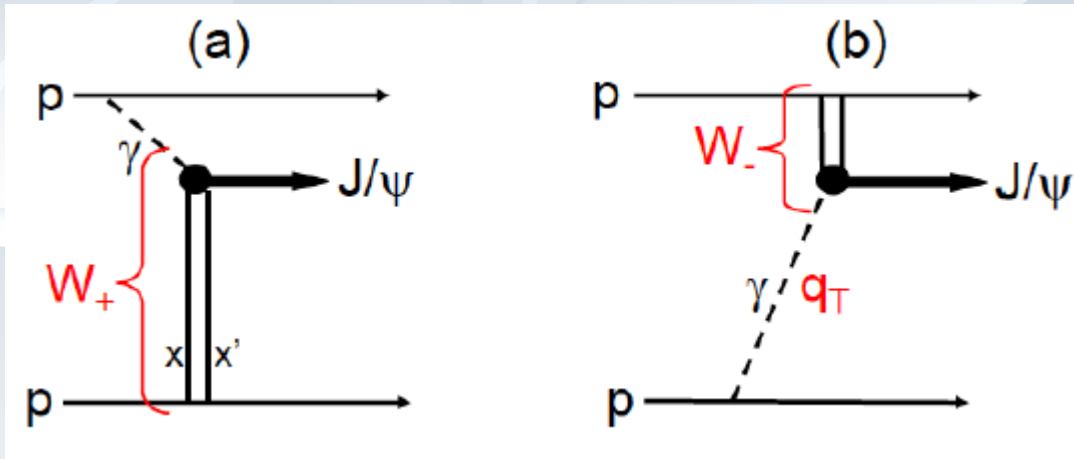
$$B(W) = (4.9 + 4\alpha' \ln(W/W_0)) \text{ GeV}^{-2}$$

by hand (Regge)

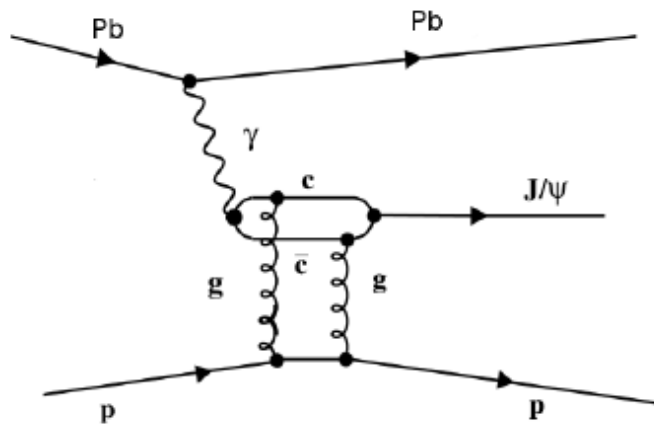
$$\frac{d\sigma}{dt}^{\text{LO}} (\gamma^* p \rightarrow J/\psi p) \Big|_{t=0} = \frac{\Gamma_{ee} M_{J/\psi}^3 \pi^3}{48\alpha} \left[\frac{\alpha_s(\bar{Q}^2)}{\bar{Q}^4} x g(x, \bar{Q}^2) \right]^2 \left(1 + \frac{Q^2}{M_{J/\psi}^2} \right)$$

NR WF

Источник виртуальных фотонов – Кулоновское поле протона либо свинца



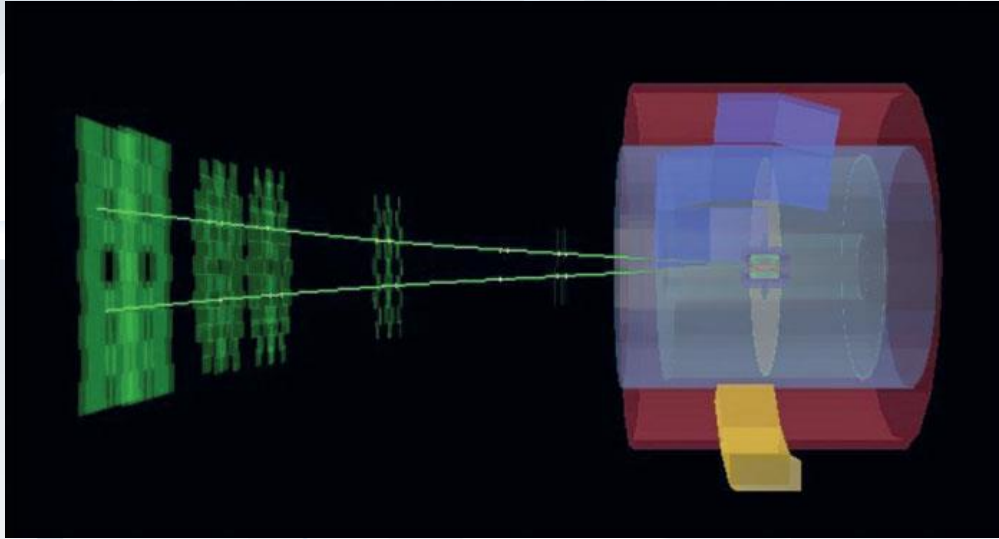
LHCb



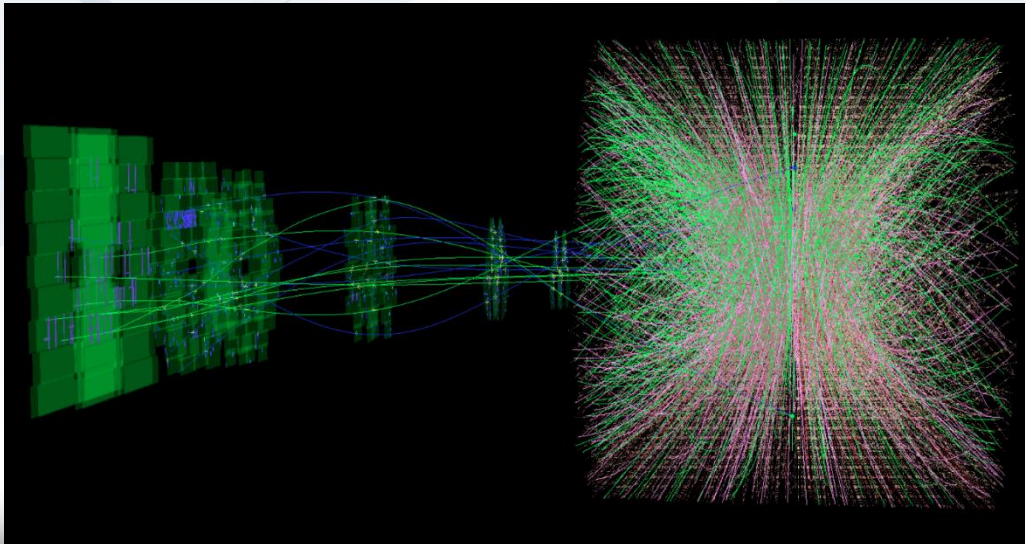
ALICE



Экспериментальный отбор УПС



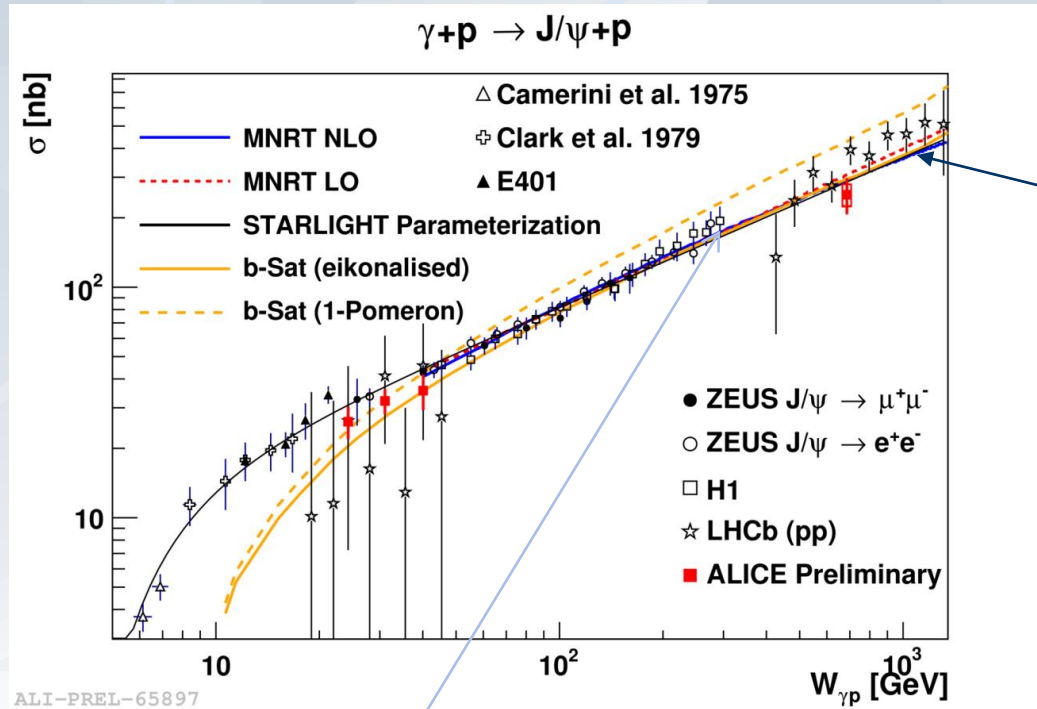
Рождение чармония
 $J/\psi \rightarrow \mu\mu$
в УПС на ALICE



Рождение чармония в
событиях с большой
множественностью адронов
на ALICE

Измеренное сечение фоторождения

Лаб.В.М.Самсонова



$X \sim 10^{-5}$

Сечение $\sigma \propto s^{0.4}$

Глюонная плотность

$$xG_p(x, \mu^2 \approx 3 \text{ GeV}^2) \propto x^{-0.2}$$

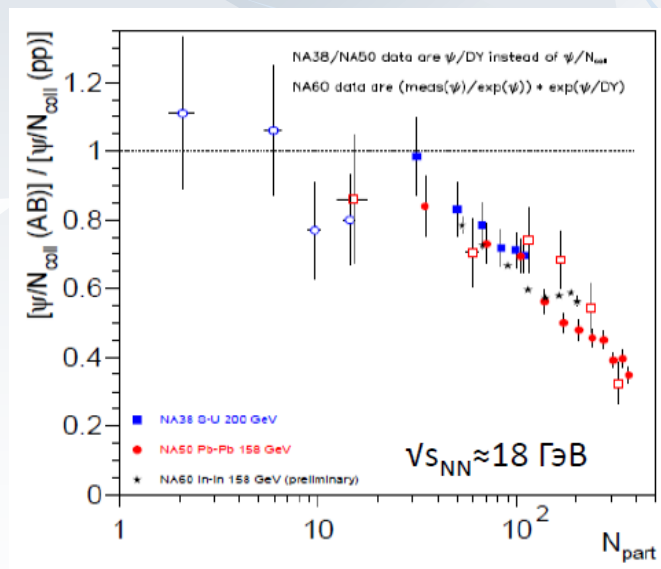
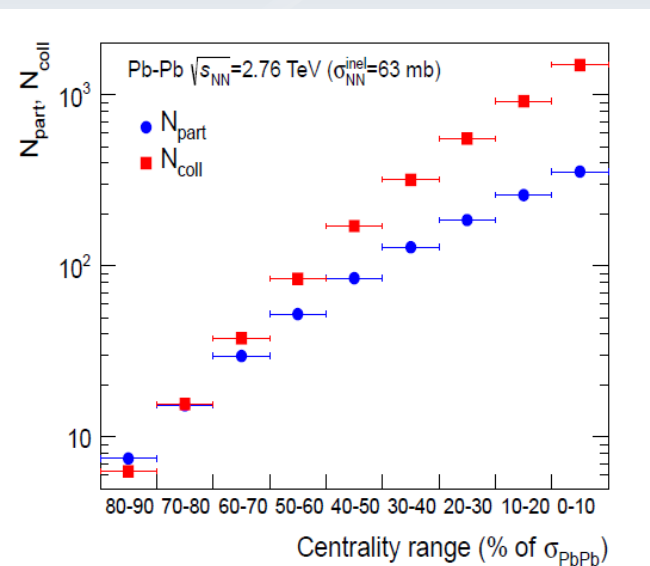
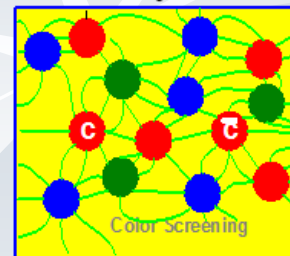
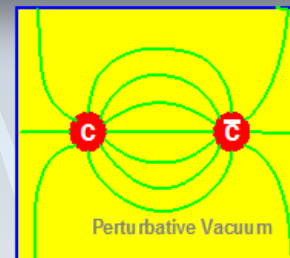


**ПОДАВЛЕНИЕ ВЫХОДА КВАРКОНИЯ
В ЦЕНТРАЛЬНОМ ЯДРО-ЯДЕРНОМ СТОЛКНОВЕНИИ**

“яркий сигнал кварк-глюонной плазмы”

Подавление выхода J/ψ мезонов может возникнуть в результате Дебаевской экранировки цветового заряда с-кварков в горячей среде цвето-заряженных кварков и глюонов

$$R_{AA}^{J/\psi} = \frac{Y_{AA}^{J/\psi}}{N_{coll} Y_{pp}^{J/\psi}}$$

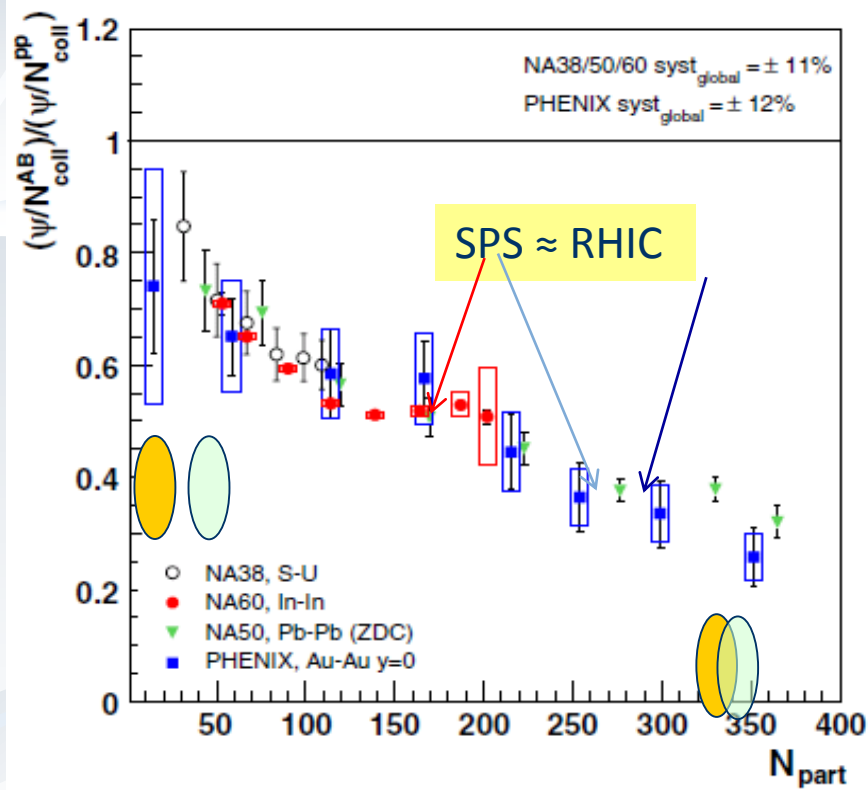


Эксперимент на SPS

Сюрприз № 1

Эксперимент на RHIC (BNL)

Лаб.В.М.Самсонова

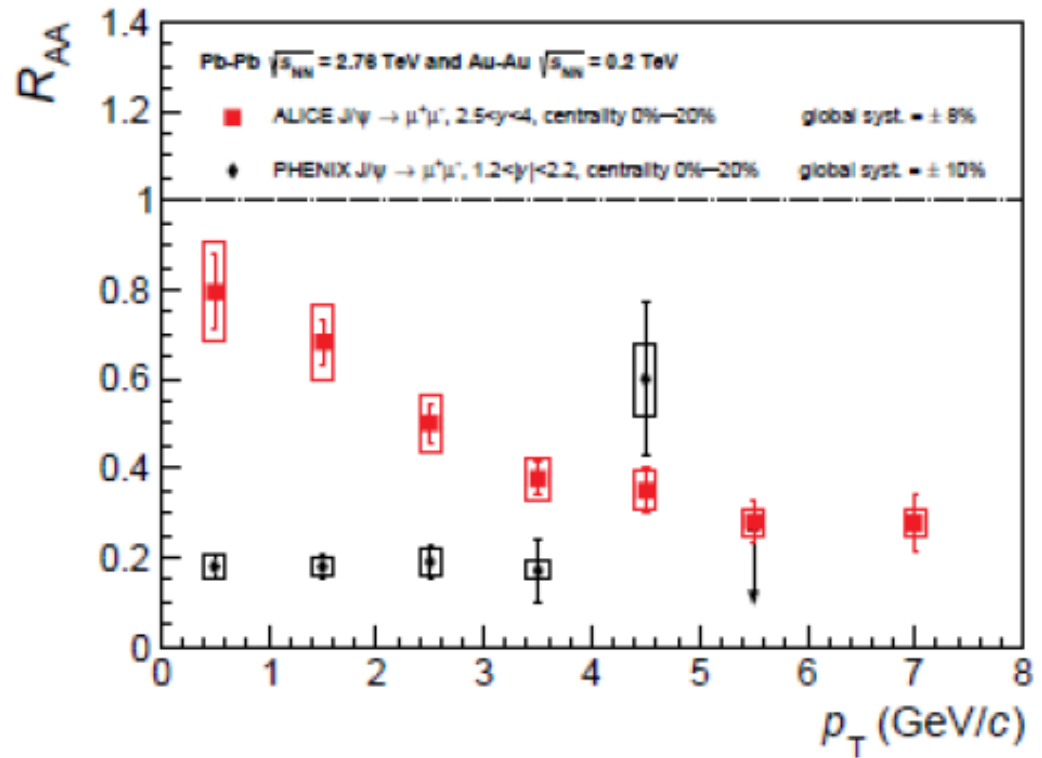
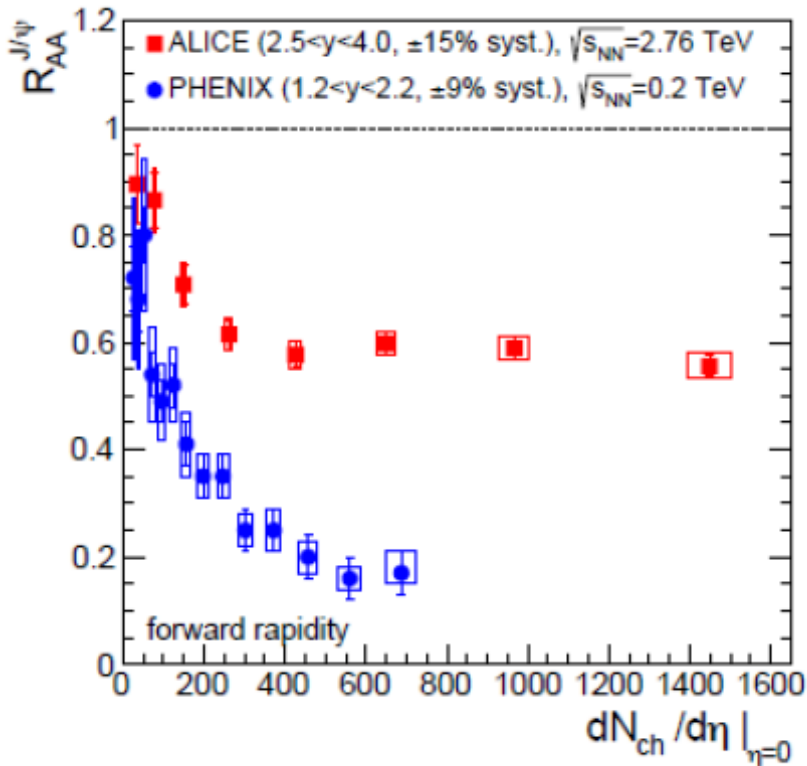


Эффект подавления в RHIC и SPS одинаков (!!!)

1. Не зависит от температуры?
2. Новый механизм рождения J/ψ в кварк-глюонной плазме?

Сюрприз № 2 ALICE

Лаб.В.М.Самсонова



При энергиях ЛНС эффект подавления значительно слабее.

(!!!)

Планы ЛНС

- ЛНС начнет работу в марте 2015 года в режиме ТэВ + 7.0 ТэВ. 7.0
- Конференция **ЛНСР-2015** в С.Петербурге 31 авг.- 5 сент. 2015 г.
- В 2018 году остановка для перехода в режим сверхвысокой светимости.
- Модернизация всех коллайдерных детекторов 2014 -2018 гг. В



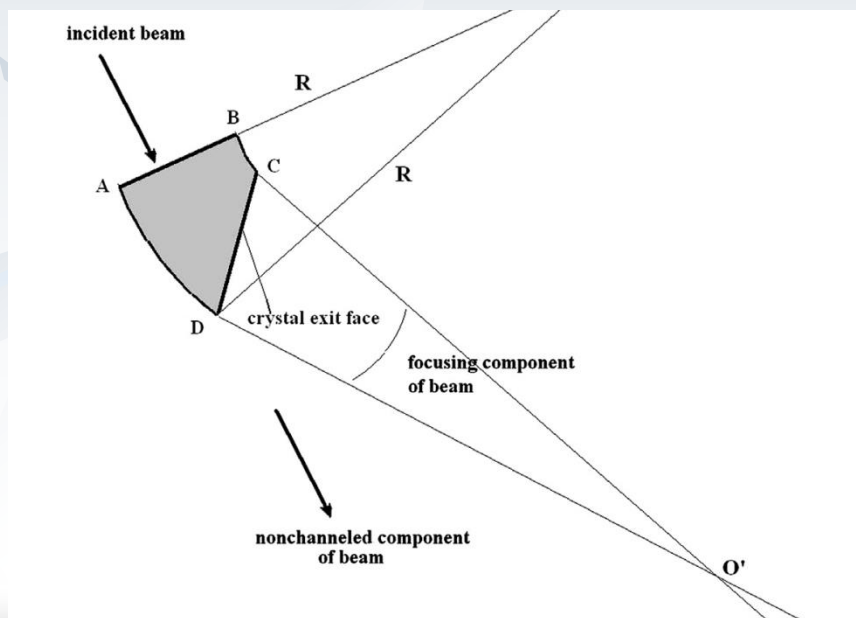
Некоторые прикладные задачи

Эксперимент UA9: Фокусировка пучка 400 ГэВ протонов изогнутым кристаллом

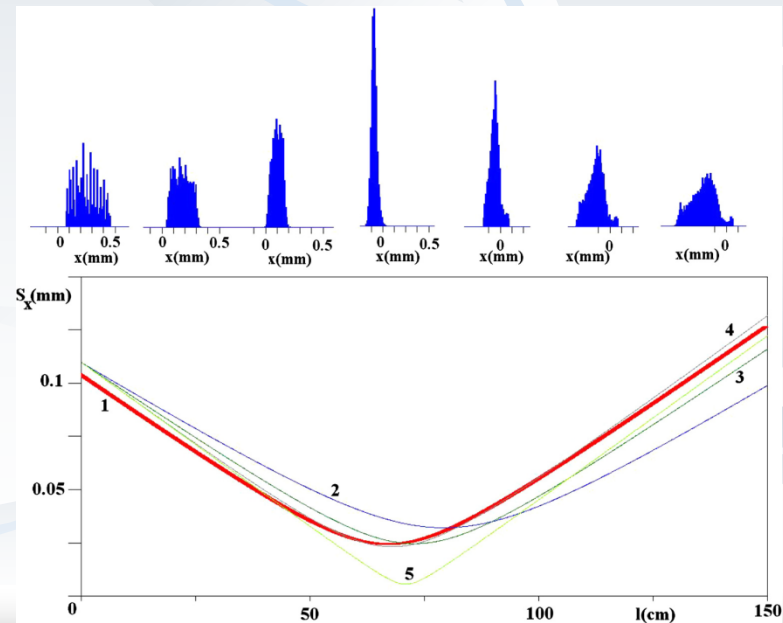
Наблюдение фокусировки в ЦЕРН:

UA9 collaboration, *Physics Letters B* 733 (2014) 366–372

Схема опыта



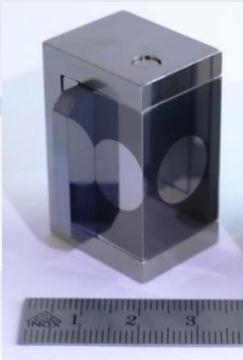
Профили пучка после кристалла



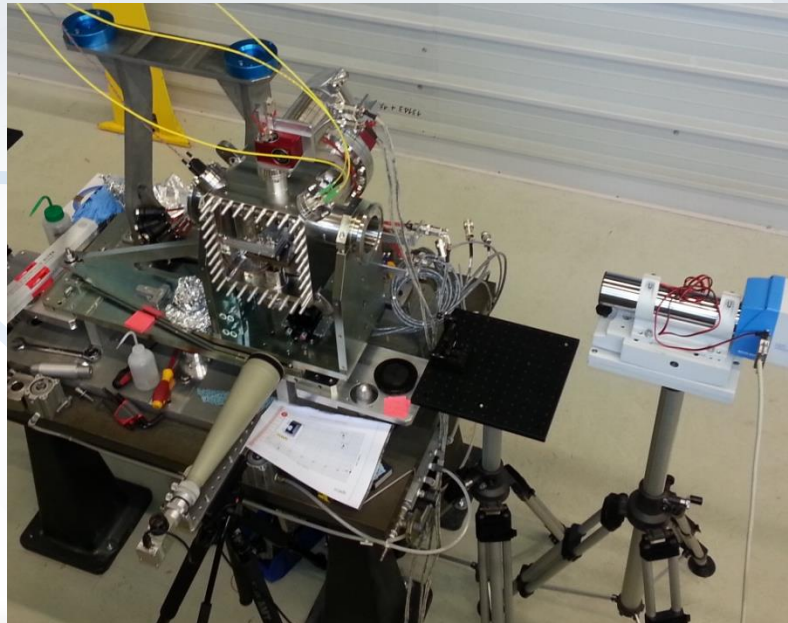
Эксперимент UA9: Кристаллическая коллимация пучков LHC

В 2015 году будут первые испытания непосредственно в кольце LHC

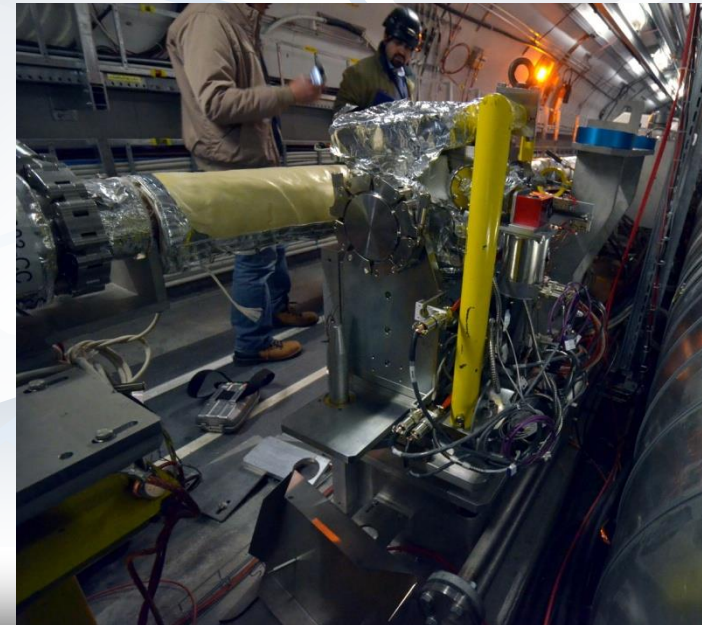
Кристаллический дефлектор



Установка кристаллического дефлектора в гониометр

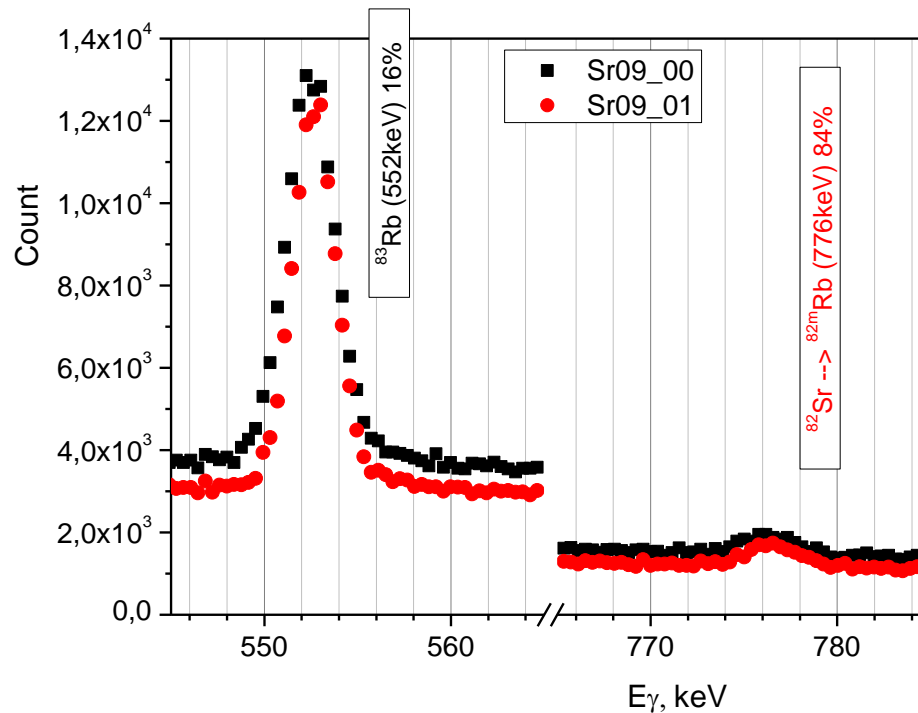


Установка собранного гониометра в туннель LHC



Новый метод получения ^{82}Sr для Sr-Rb генераторов

Лаб.В.Н.Пантелеева



Эффективность извлечения 85 %

Планы

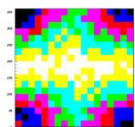
- UPGRADE CMS, ATLAS, LHCb, ALICE
~ 150 млн. руб. в 2014-2016 гг
- Подготовка экспериментов в GSI
по программе FAIR
~ 3 М Euro

The background features a repeating pattern of stylized, light blue leaves with prominent veins, set against a light blue gradient. The leaves are arranged in a way that creates a sense of depth and movement.

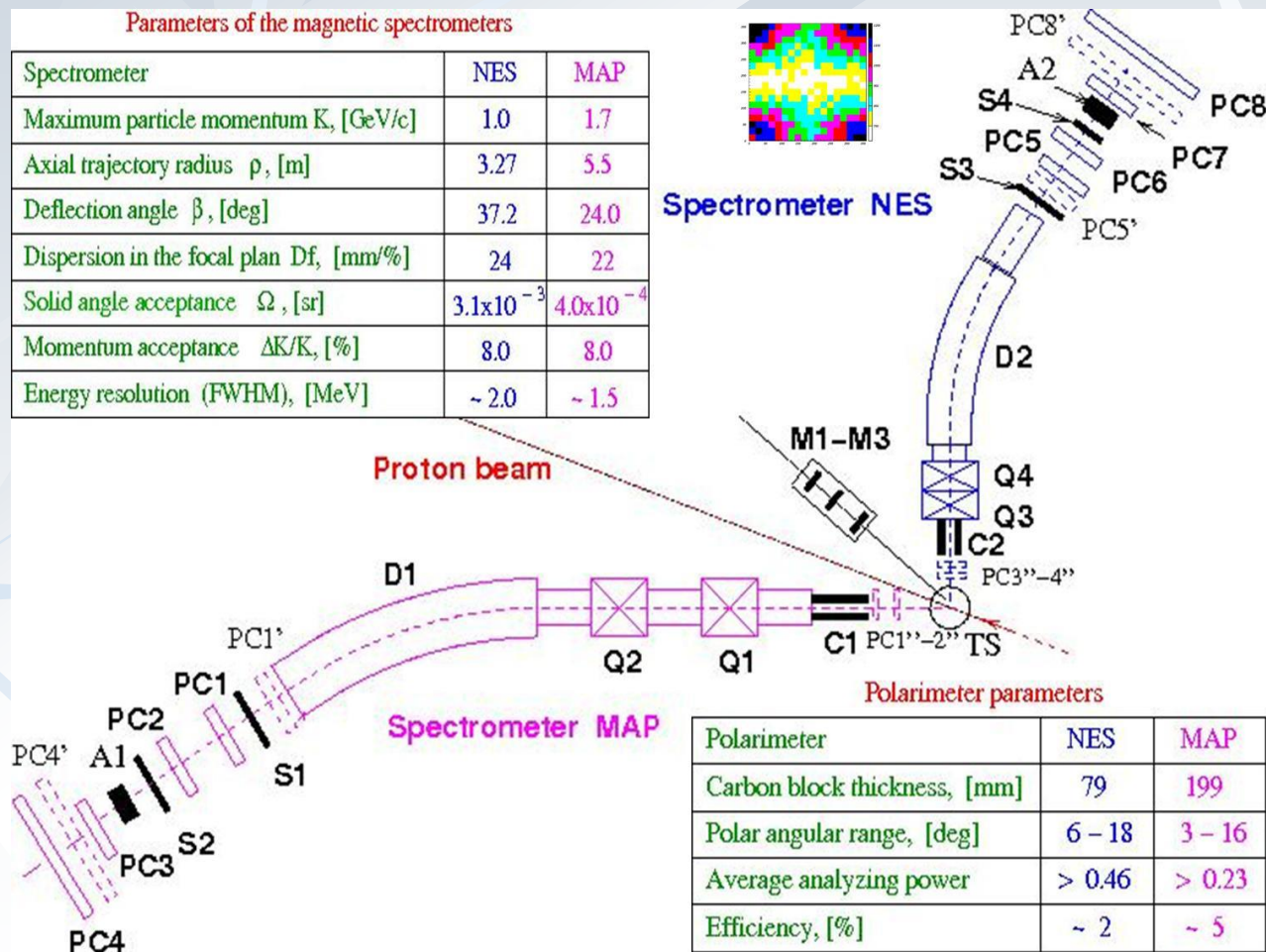
Благодарю за внимание

Parameters of the magnetic spectrometers

Spectrometer	NES	MAP
Maximum particle momentum K , [GeV/c]	1.0	1.7
Axial trajectory radius ρ , [m]	3.27	5.5
Deflection angle β , [deg]	37.2	24.0
Dispersion in the focal plan D_f , [mm/%]	24	22
Solid angle acceptance Ω , [sr]	3.1×10^{-3}	4.0×10^{-4}
Momentum acceptance $\Delta K/K$, [%]	8.0	8.0
Energy resolution (FWHM), [MeV]	~ 2.0	~ 1.5



Spectrometer NES



Polarimeter parameters

Polarimeter	NES	MAP
Carbon block thickness, [mm]	79	199
Polar angular range, [deg]	6 - 18	3 - 16
Average analyzing power	> 0.46	> 0.23
Efficiency, [%]	~ 2	~ 5

