



**Лаборатория Физики Элементарных Частиц**

**2005 год.**

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

## ШТАТ Лаборатории

1. Воробьёв А.А.
2. Алхазов Г.Д.
3. Воробьёв Ан.А.
4. Величко Г.Н.
5. Добровольский А.В.
6. Залите Ю.К.
7. Залите А.Ю.
8. Королёв. Г.А.
9. Кащук А.П.
10. Ким В.Т.
11. Киселёв О.А.
12. Лободенко А.А.
13. Обрант Г.З.
14. Прокофьев Д.А.
15. Саранцев В.В.
16. Смирнов И.Б.
17. Соболевская М.Ф.
18. Сергеева Г.Н.
19. Чижов В.П.
20. Щегельский В.А.
21. Рыжинский М.М.
22. Гребенюк Ю.О.
23. Гребенюк А.О.
24. Инглесси А.Г.
25. **Фёдоров О.Е.**
26. **Грачёв В.Т.**



# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

## Участие в проектах

1. Экзотические ядра (GSI, Darmstadt)
2. Поляризуемость нуклона (University Darmstadt)
3. Возбуждение Роперовского резонанса (SPES4-π, Saclay)
4. Мезонная спектроскопия
5. Мезоядерные реакции (PSI)
6. SELEX (FNAL)
7. D-ZERO (FNAL)
8. L3 (CERN)
9. CMS (CERN)
10. LHCб (CERN)
11. ATLAS (CERN)

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

## Экзотические ядра

Эксперименты S-105, S-174, S-247 (Darmstadt, GSI)

1.  $p\text{He}$  – рассеяние на малые углы ( ${}^6\text{He}$ ,  ${}^8\text{He}$ )
2.  $p\text{Li}$  – рассеяние на малые углы ( ${}^8\text{Li}$ ,  ${}^9\text{Li}$ ,  ${}^{11}\text{Li}$ )
3.  $p\text{He}$  – рассеяние на большие углы
4.  $p\text{Li}$  – рассеяние на большие углы
5.  $p\text{B,Be}$  – рассеяние на малые углы ( ${}^8\text{B}$ ,  ${}^{11}\text{Be}$ ,  ${}^{14}\text{Be}$ )
6. Расчёт сечений реакций ( ${}^6\text{He}+{}^{12}\text{C}$ ,  ${}^{11}\text{Li}+{}^{12}\text{C}$ )



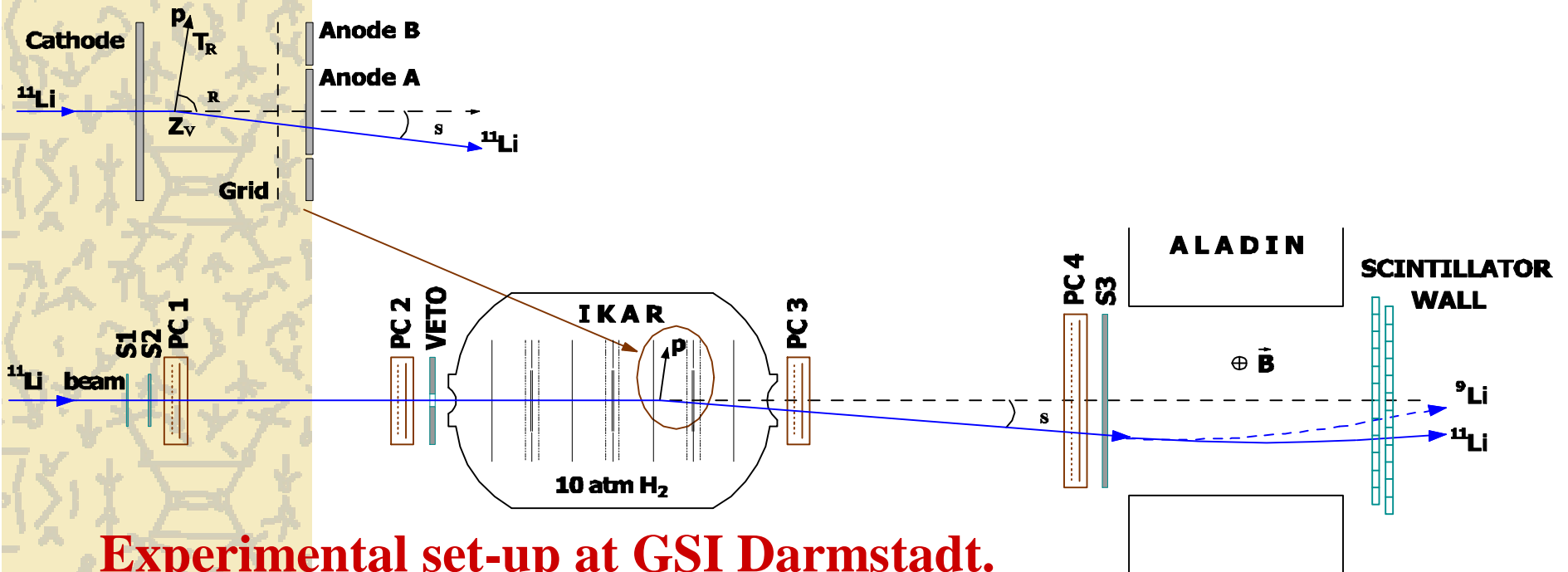
## Лаборатория Физики Элементарных Частиц

**Эксперимент S-247: малоугловое рассеяние протонов на ядрах изотопов Ве и В.**

В 2005 г. завершена подготовка к эксперименту: Проведены работы по тестированию и отладки сцинтилляционного годоскопа, подготовлена электроника и программное обеспечение и т.д.

**Проведён эксперимент по измерению дифференциальных сечений упругого рассеяния протонов с энергией 0.7 ГэВ на ядрах  $^7\text{Ве}$ ,  $^9\text{Ве}$ ,  $^{10}\text{Ве}$  и  $^8\text{В}$ .**

# Лаборатория физики элементарных частиц



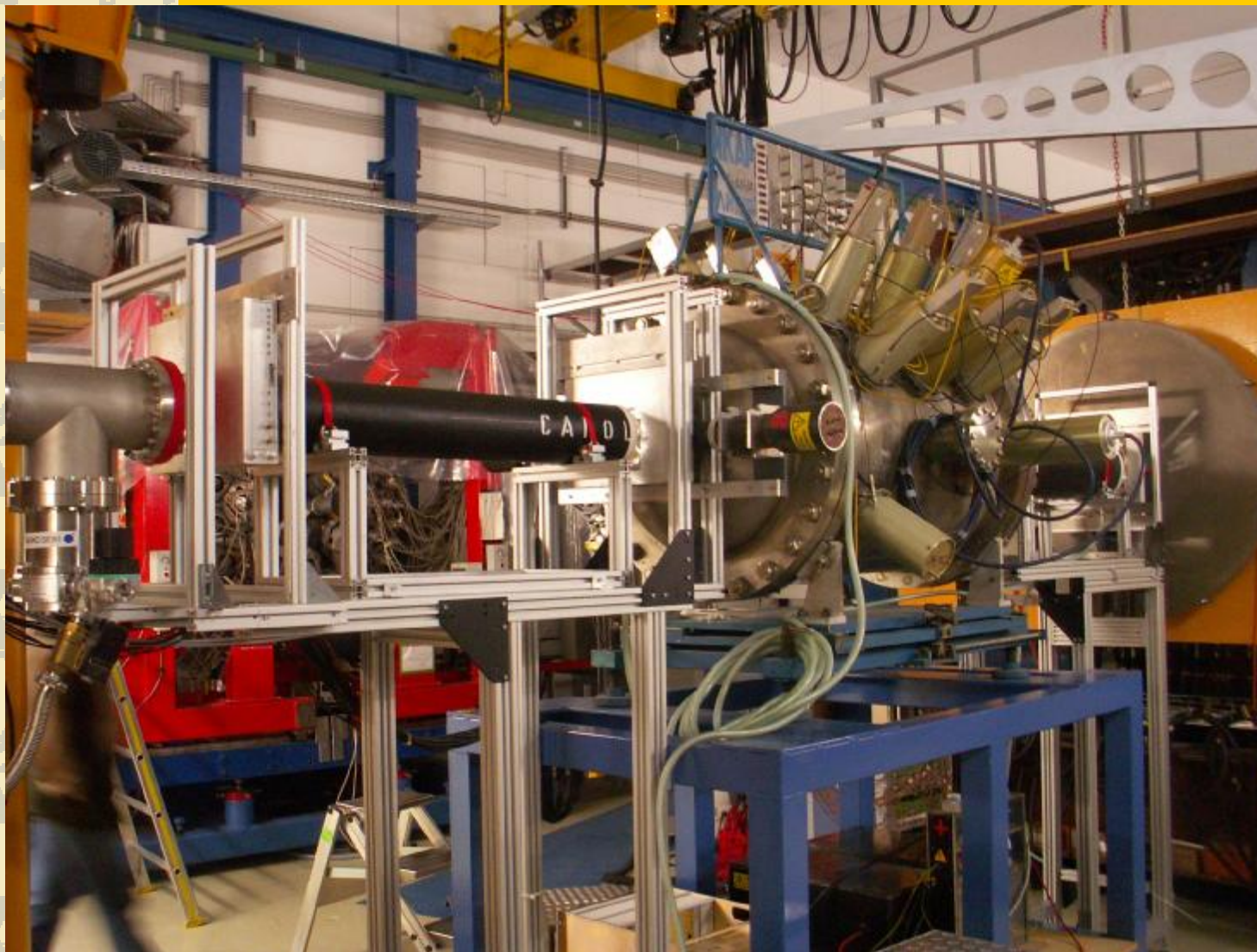
**Experimental set-up at GSI Darmstadt.**

**IKAR** is an ionization chamber (target and proton recoil detector) developed at PNPI.

PC1-PC4 – tracking system.

ALADIN is the magnet to measure the ejectile momentum.

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



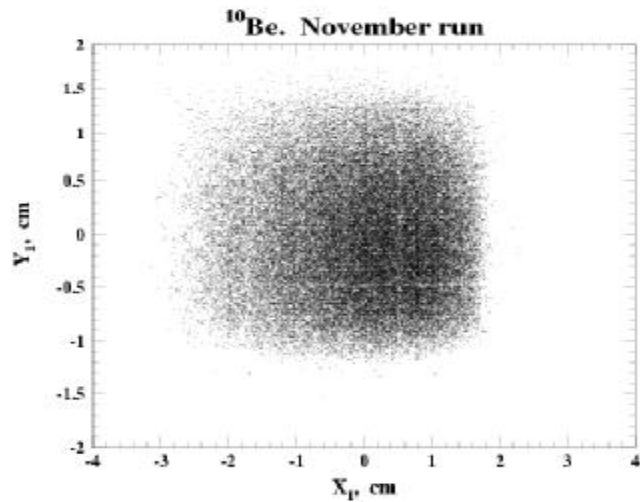


# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

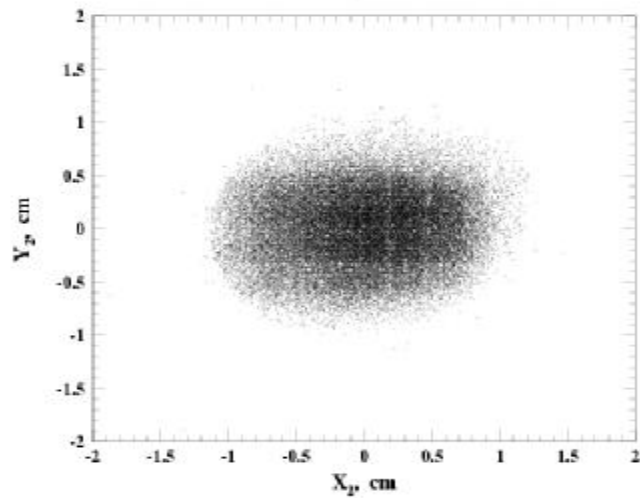




# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

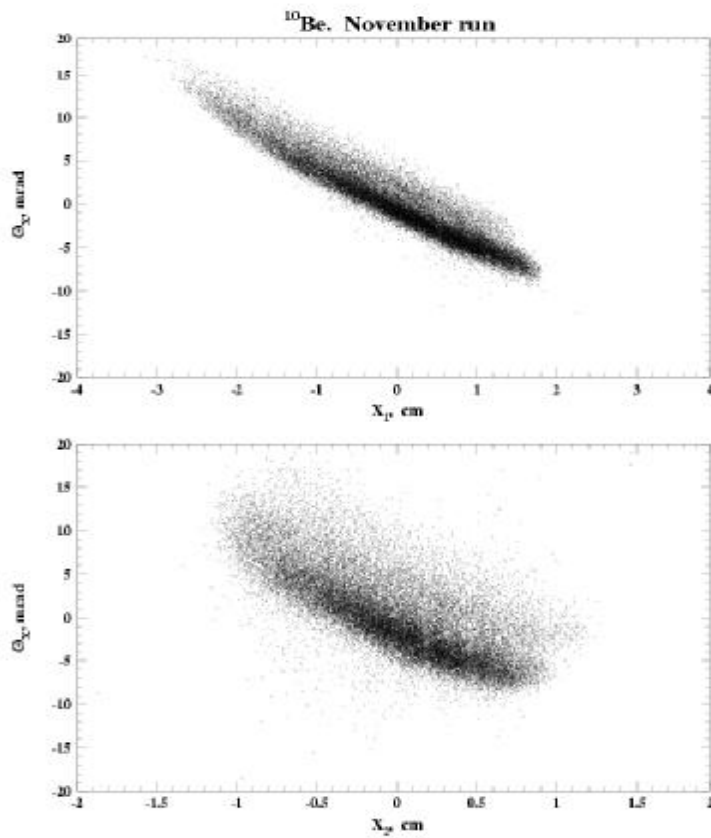


<sup>10</sup>Be beam at the first MWPC chamber  
( $Y_1$  versus  $X_1$ )



<sup>10</sup>Be beam at the second MWPC chamber  
( $Y_2$  versus  $X_2$ )

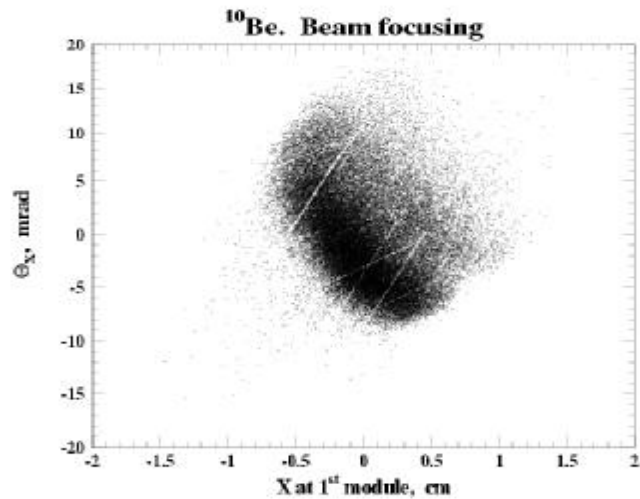
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



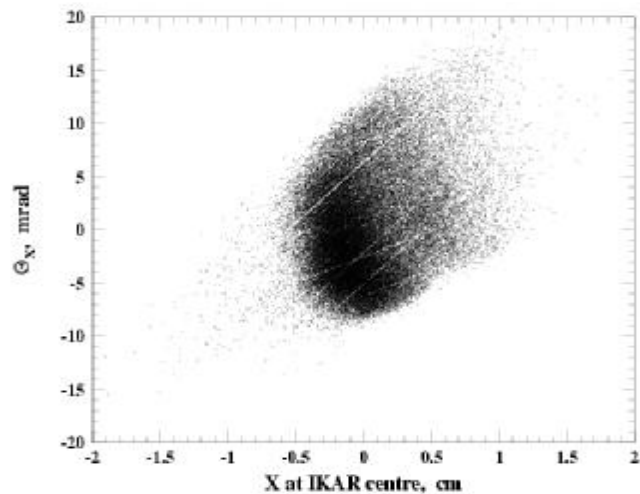
$\Theta_x$  versus  $X_1$

$\Theta_x$  versus  $X_2$

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

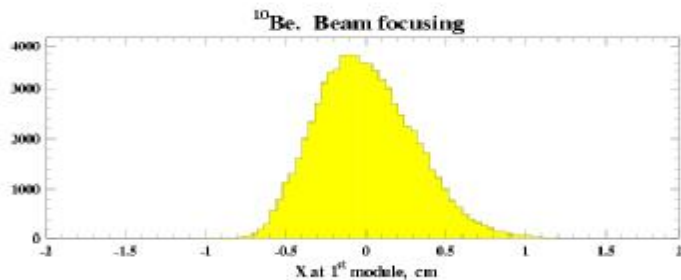


$\Theta_x$  versus  $X$  at the first IKAR module

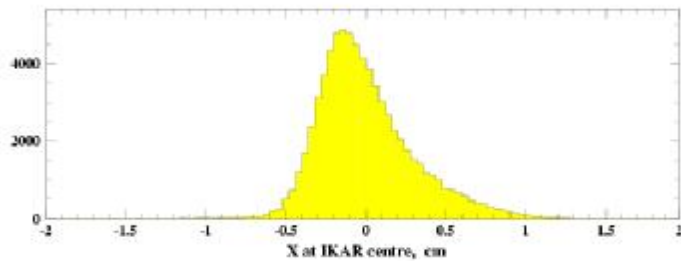


$\Theta_x$  versus  $X$  at the IKAR centre

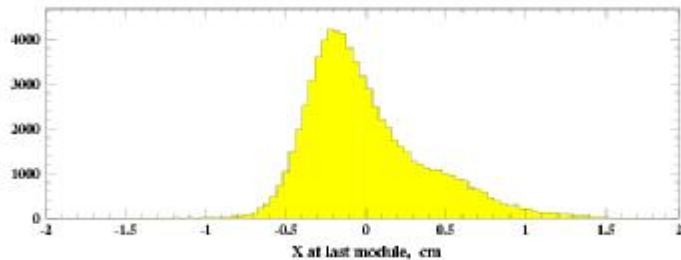
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Number of events versus  $X$   
at the first IKAR module

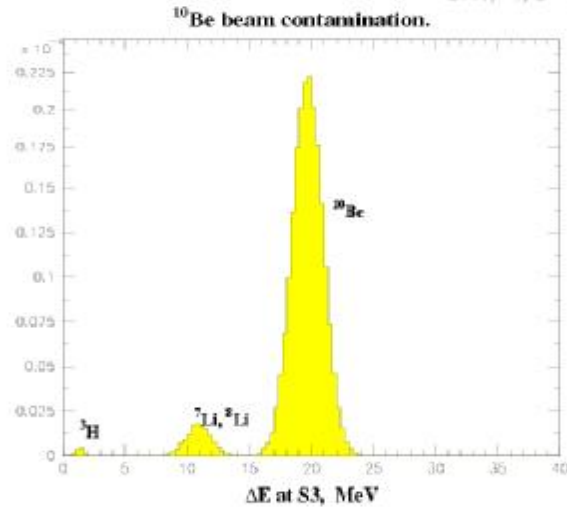


Number of events versus  $X$   
at the IKAR centre



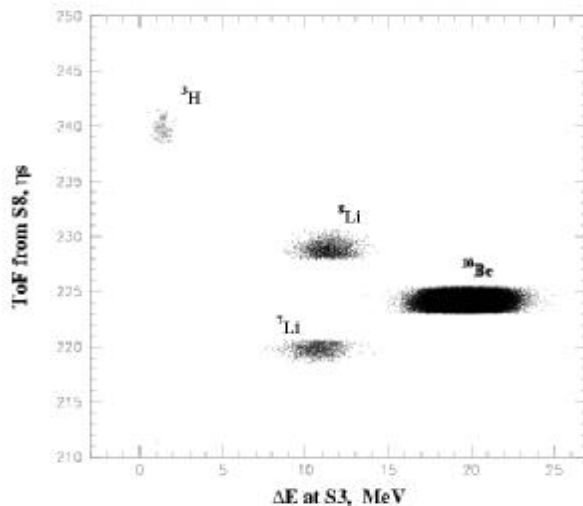
Number of events versus  $X$   
at the last IKAR module

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Monte-Carlo simulation:

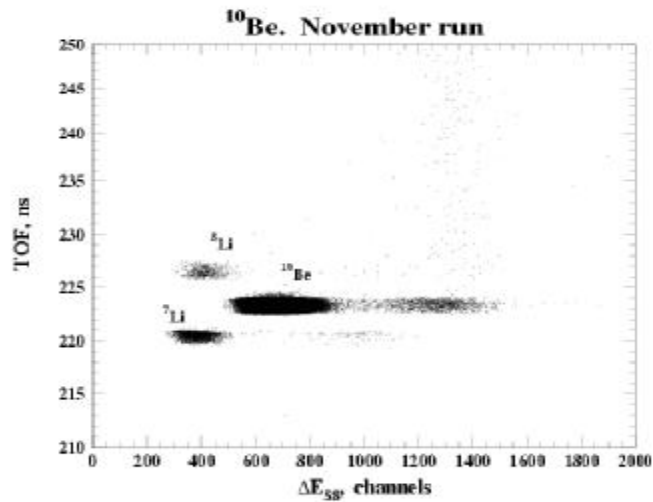
Number of events versus  $\Delta E_{S3}$



Number of events  
TOF versus  $\Delta E_{S3}$

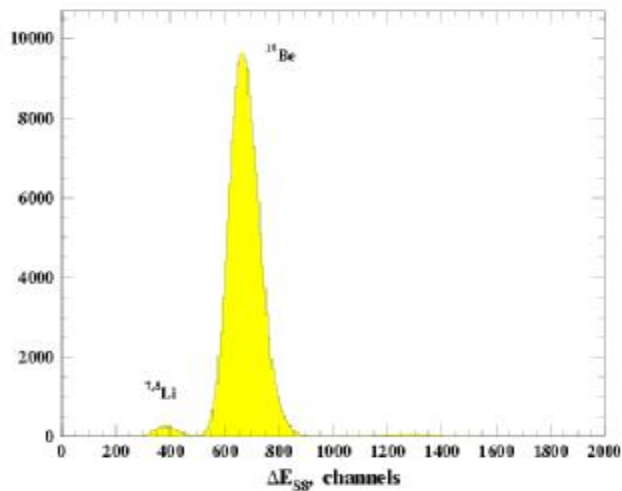


# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Experimental data:

TOF versus  $\Delta E_{s8}$

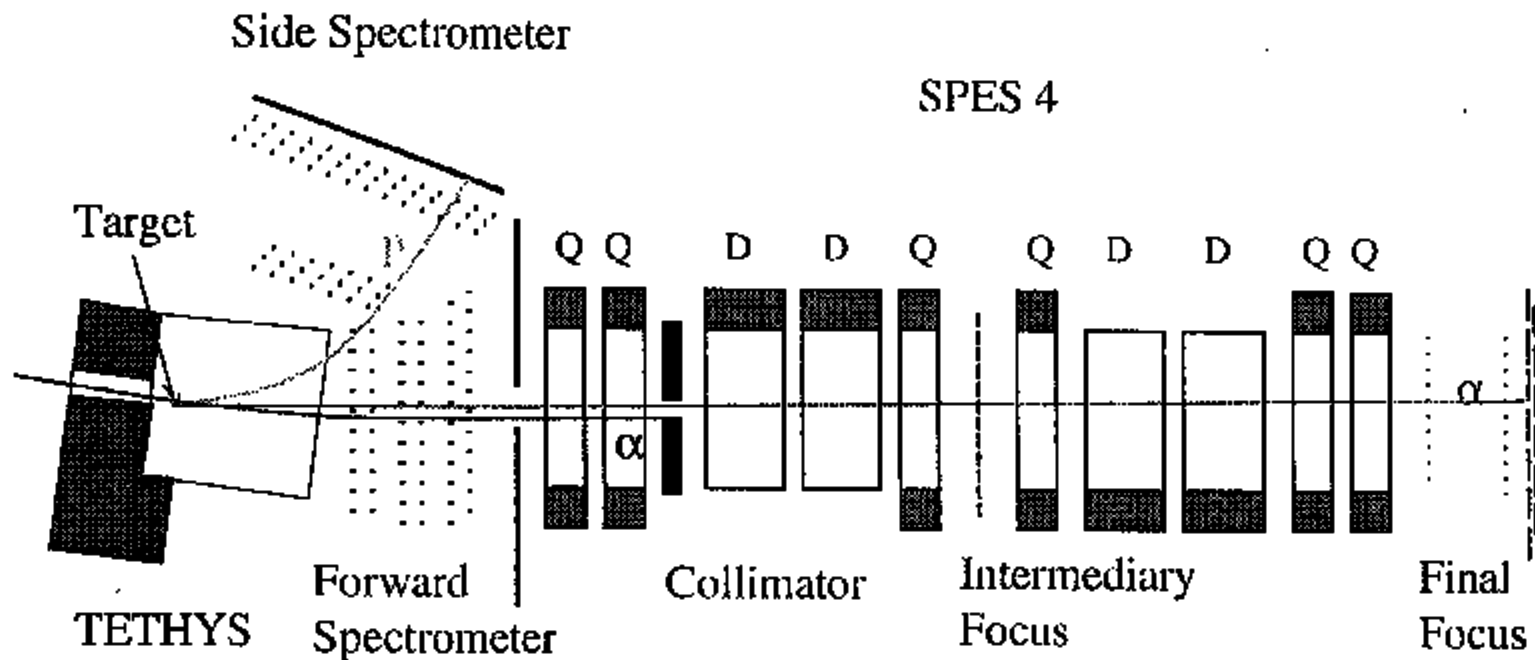


Number of events versus  $\Delta E_{s8}$

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

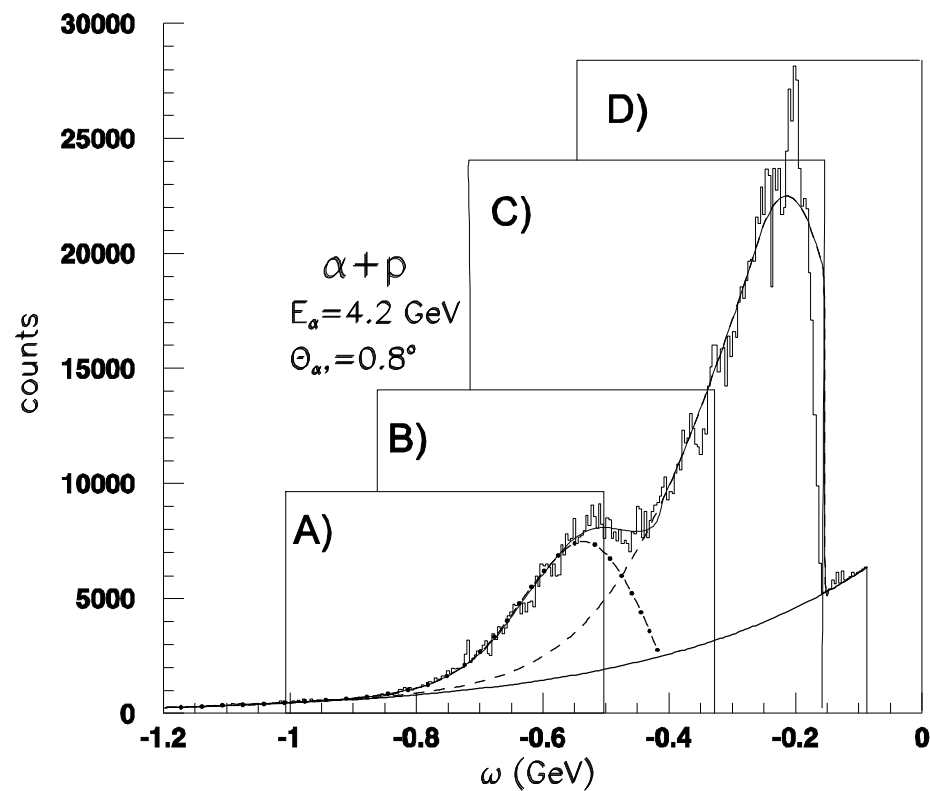
## Возбуждение Роперовского резонанса

SPES4PI



Опубликована методическая статья: NIM A 551 (2005) 290.

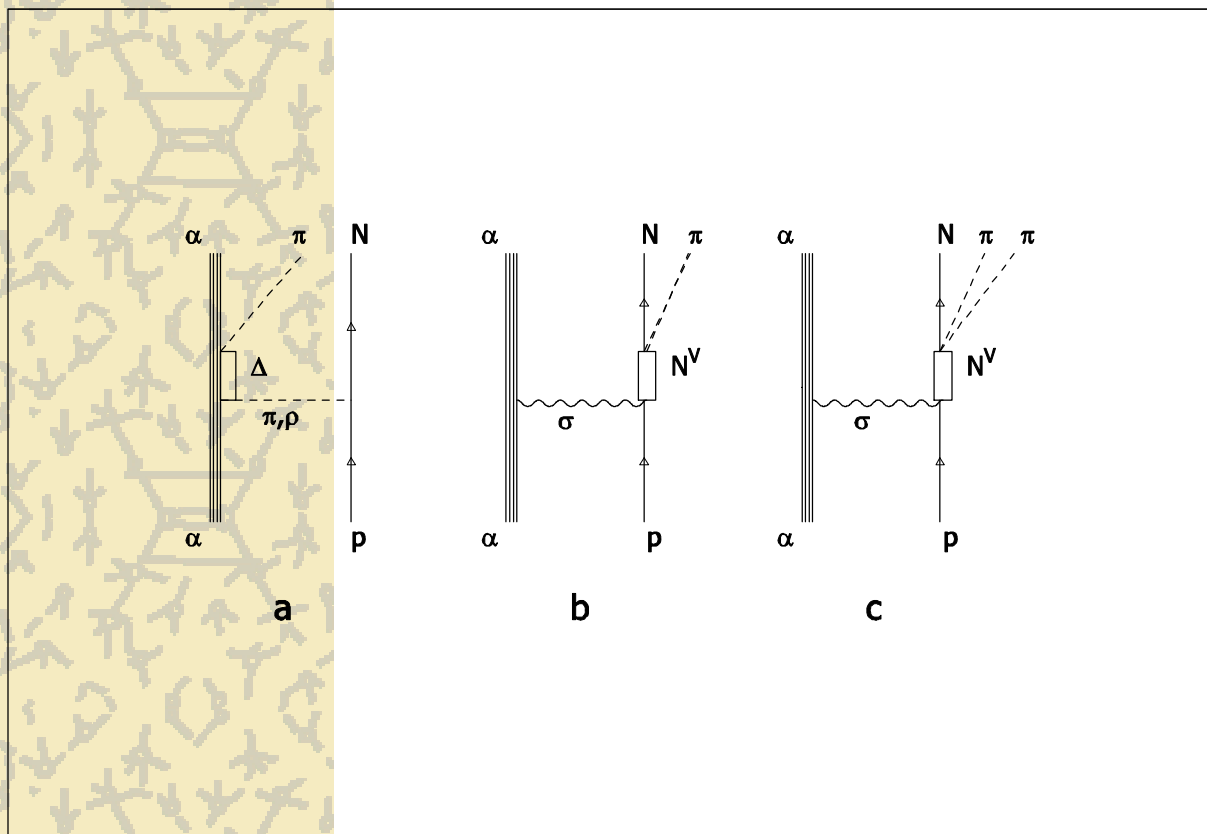
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



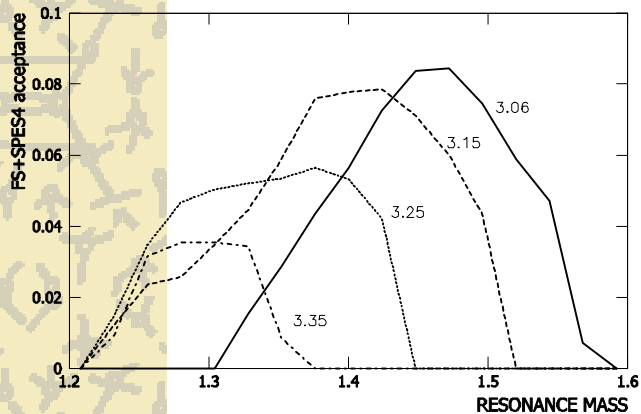
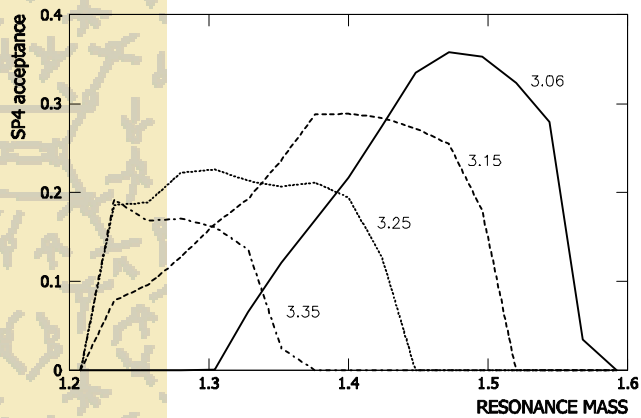
Спектр рассеянных  $\alpha$  частиц в зависимости от потерянной энергии.

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

Основные  
диаграммы  
рождения пионов  
при неупругом  
αр-рассеянии



# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

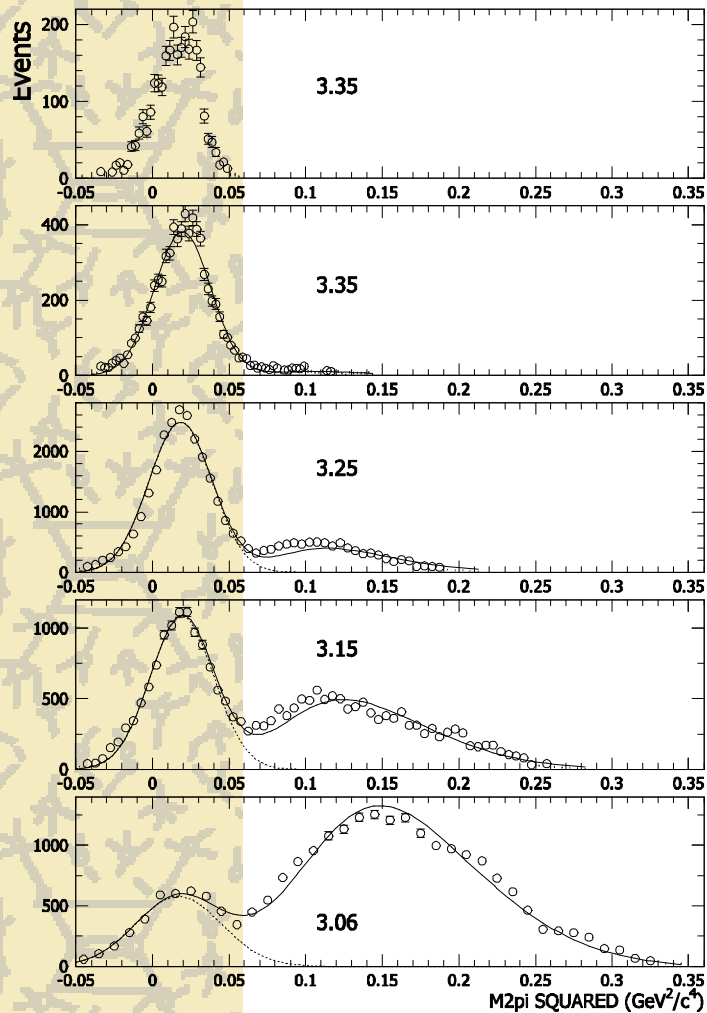


Акцептансы спектрометров SPES4 и SPES4 $\pi$  при различных значениях магнитных полей SPES4 $\pi$ , соответствующих импульсам рассеянных  $\alpha$  частиц  $p/Z=$  3.35, 3.25, 3.15 и 3.05 ГэВ/с.



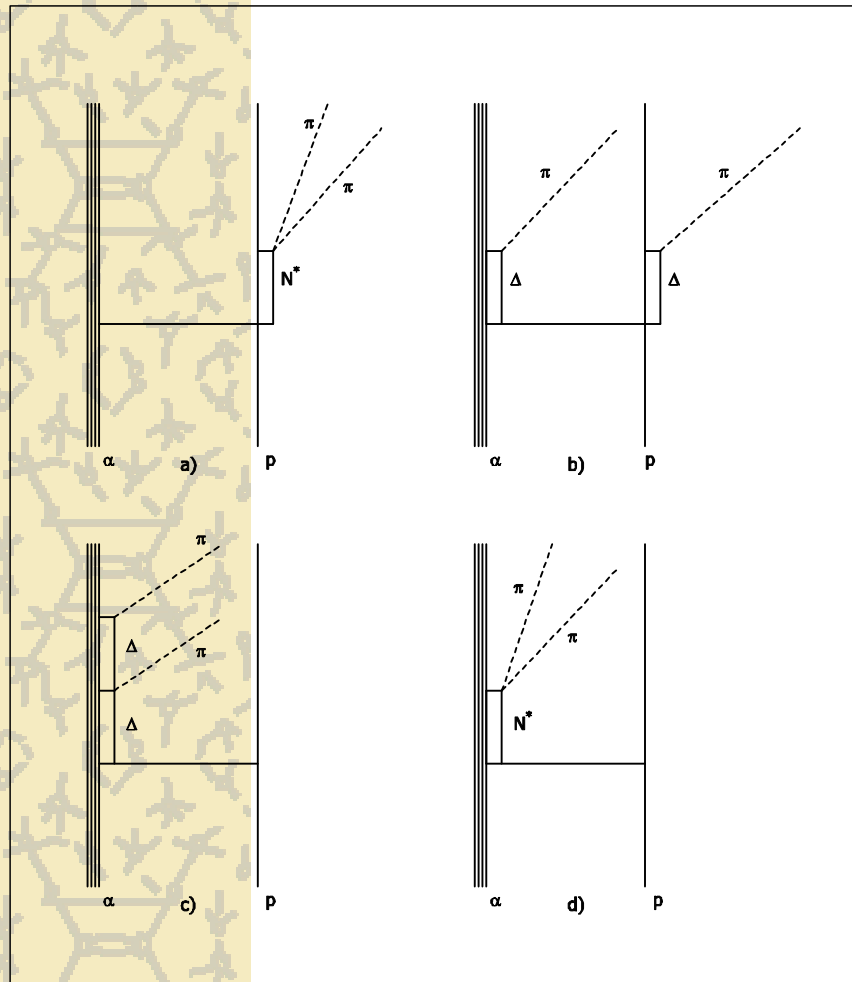
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

2004/05/20 11



Спектры по квадрату недостающей массы при регистрации протонов.

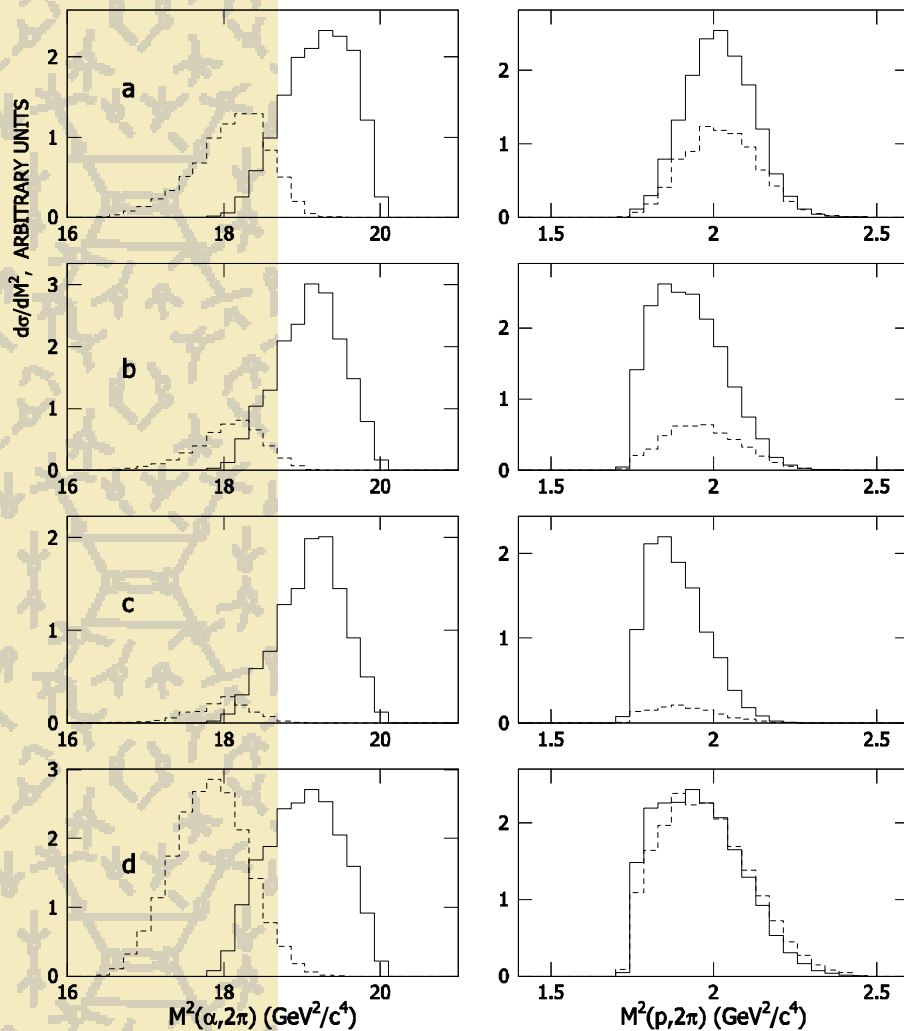
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Возможные процессы  
с рождением двух пионов.

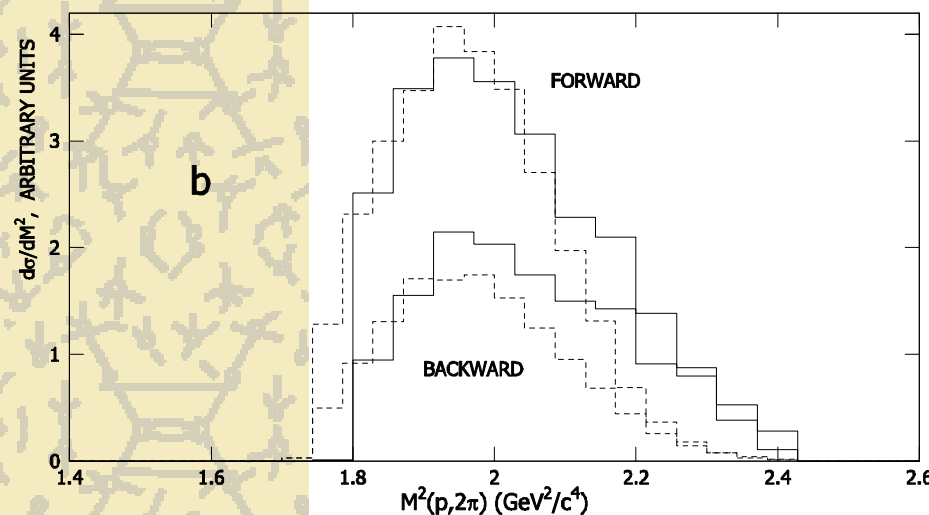
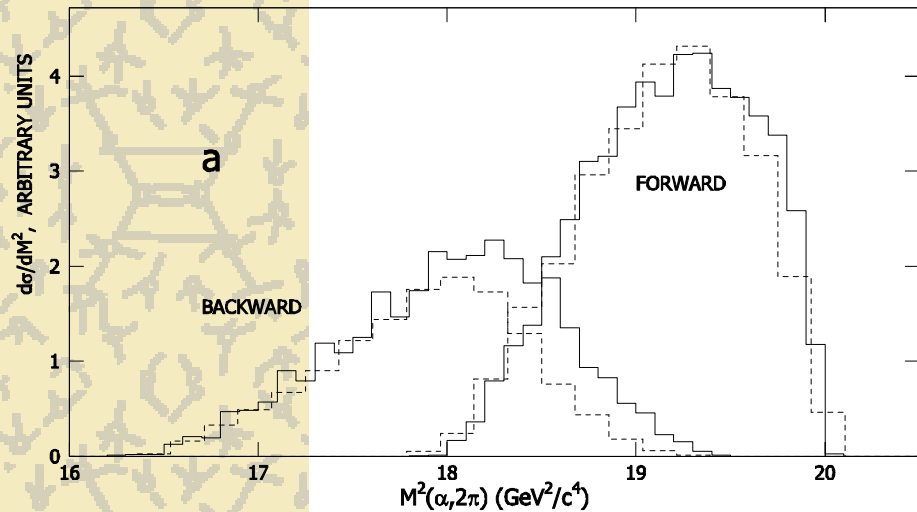
- a) - Рождение в  $N^*$ .
- b) -  $\Delta$  в  $\alpha^*$ ,  $\Delta$  в  $N^*$ .
- c) -  $2\Delta$  в  $\alpha^*$ .
- d) - Рождение в  $\alpha^*$ .

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



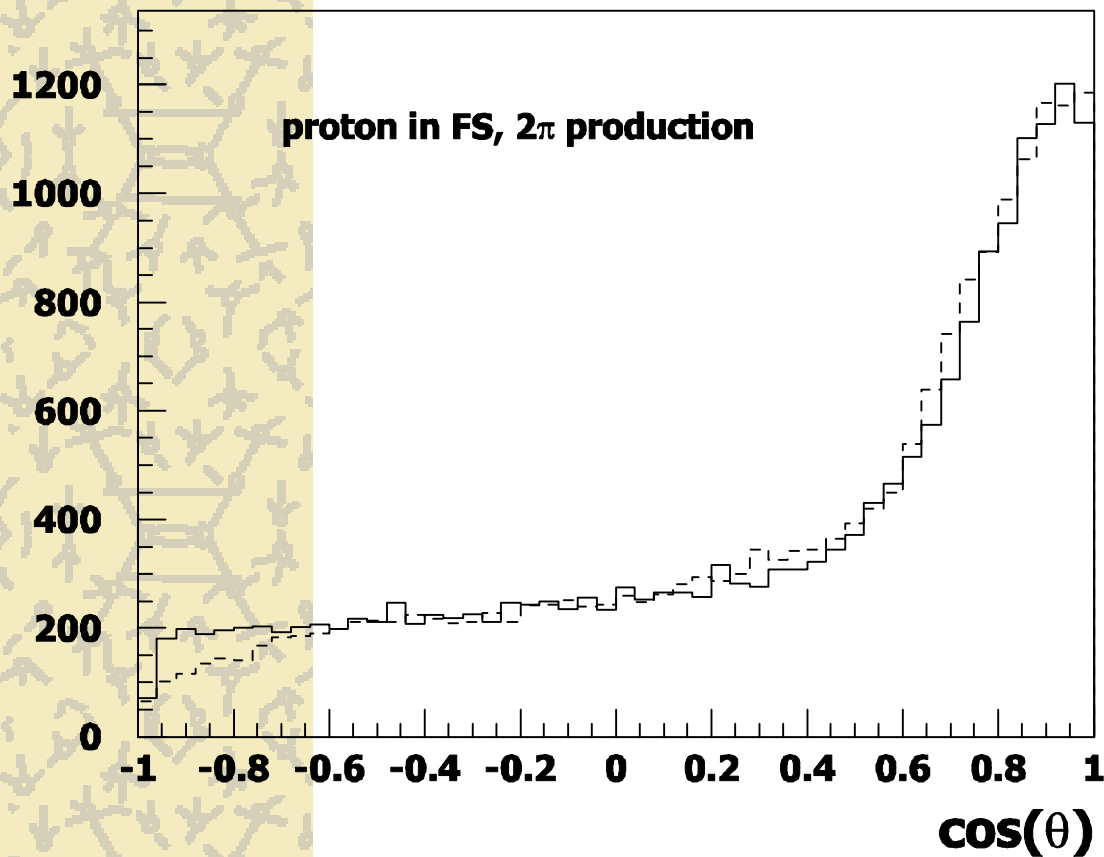
Результаты Монте-Карло симуляции:  
спектры по квадратам инвариантных масс  $(\alpha, 2\pi)$  и  $(p, 2\pi)$  при испускании протонов в переднюю и заднюю полусферы (в системе ц.м.) — сплошные и штриховые линии, соответственно.  
а) -  $R_{\text{oper}}$  в  $N^*$ .  
в) -  $\Delta$  в  $\alpha^*$ ,  $\Delta$  в  $N^*$ .  
с) -  $2\Delta$  в  $\alpha^*$ .  
д) -  $R_{\text{oper}}$  в  $\alpha^*$ .

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Сравнение М.К.-симулированных событий (штриховые линии) с экспериментальными данными (сплошные линии) при возбуждении роперовского резонанса в  $N^*$ .

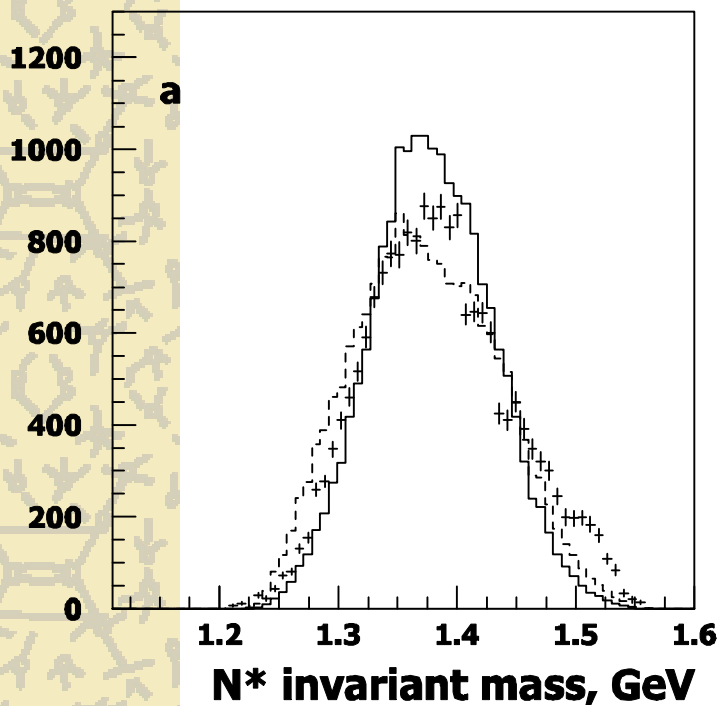
## Лаборатория Физики Элементарных Частиц



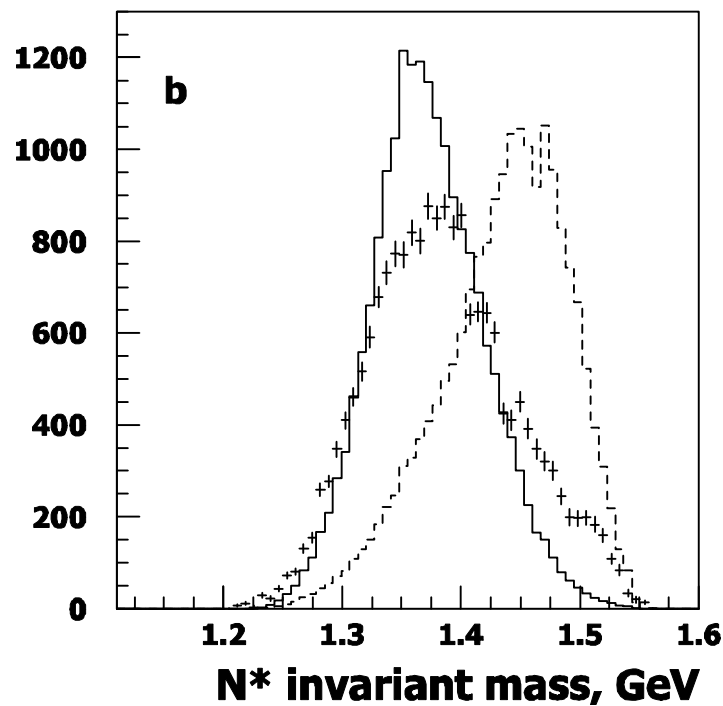
Распределение протонов по  $\cos(\theta)$  в системе покоя  $N^*$ :  
штриховая линия – М.К. - симуляция,  
сплошная линия – экспериментальные данные.



# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

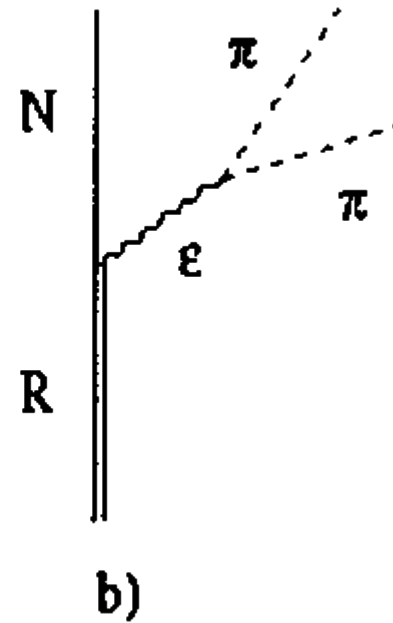
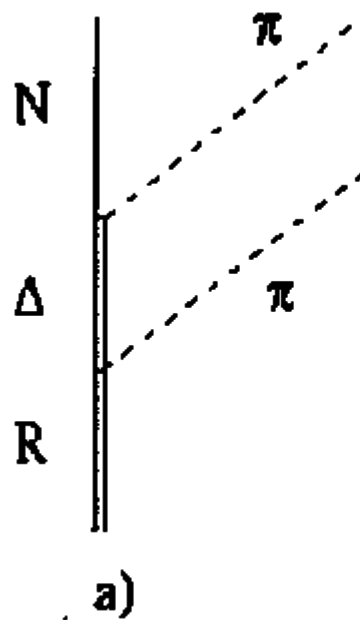


— Roper,  $M=1440$ ,  $\Gamma=350$  МэВ/ $c^2$ .  
--- фазовый объём  
++ экспериментальные данные



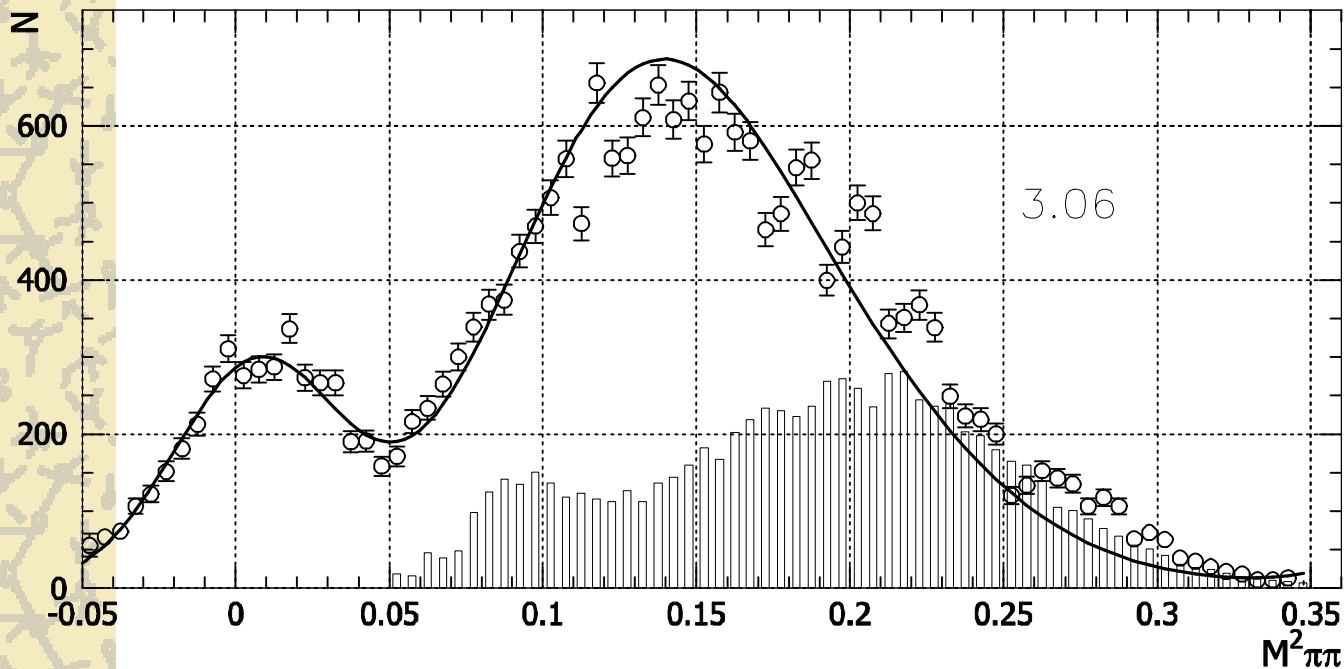
— Roper,  $\Gamma=190$  МэВ/ $c^2$ .  
---  $D_{13}$ ,  $M=1520$  МэВ/ $c^2$ .

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Возможные способы распада роперовского резонанса

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Распределения по квадрату недостающей массы.

Точки – экспериментальные данные.

Сплошная линия – симуляция распада  $N^*$  через  $\epsilon$ .

Гистограмма – симуляция распада  $N^*$  через  $\Delta$ .

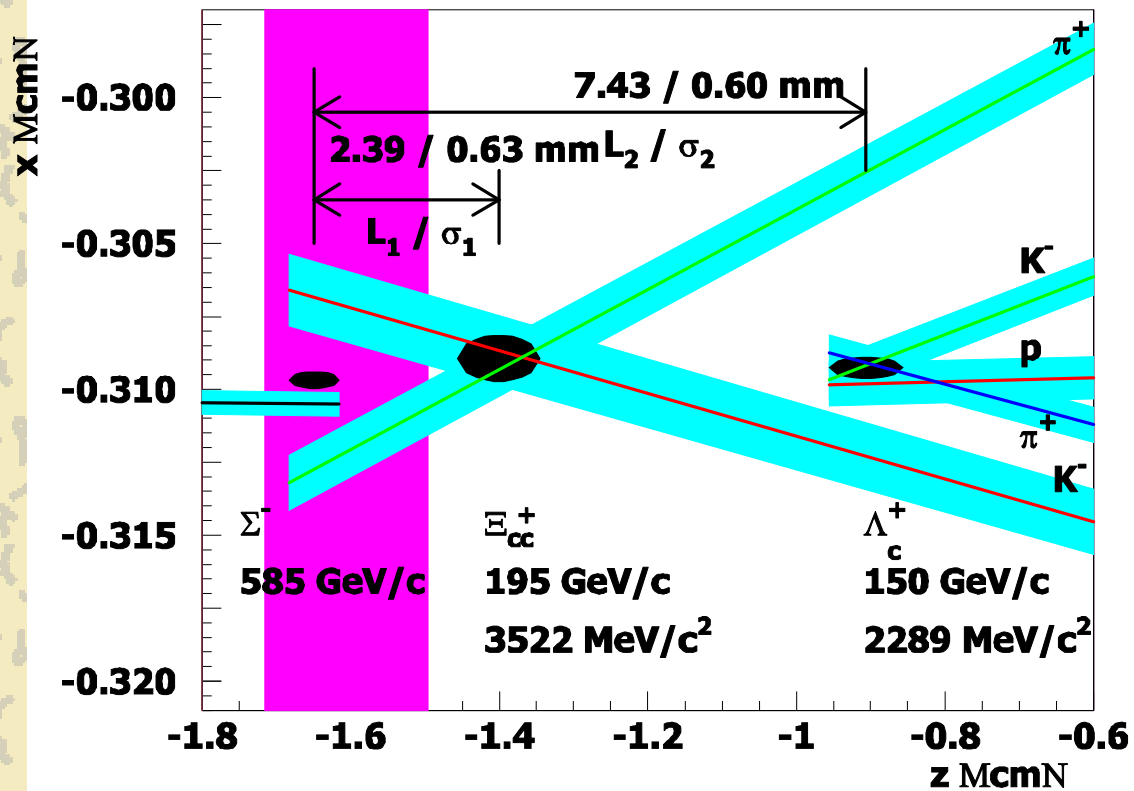
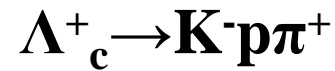


## Лаборатория Физики Элементарных Частиц

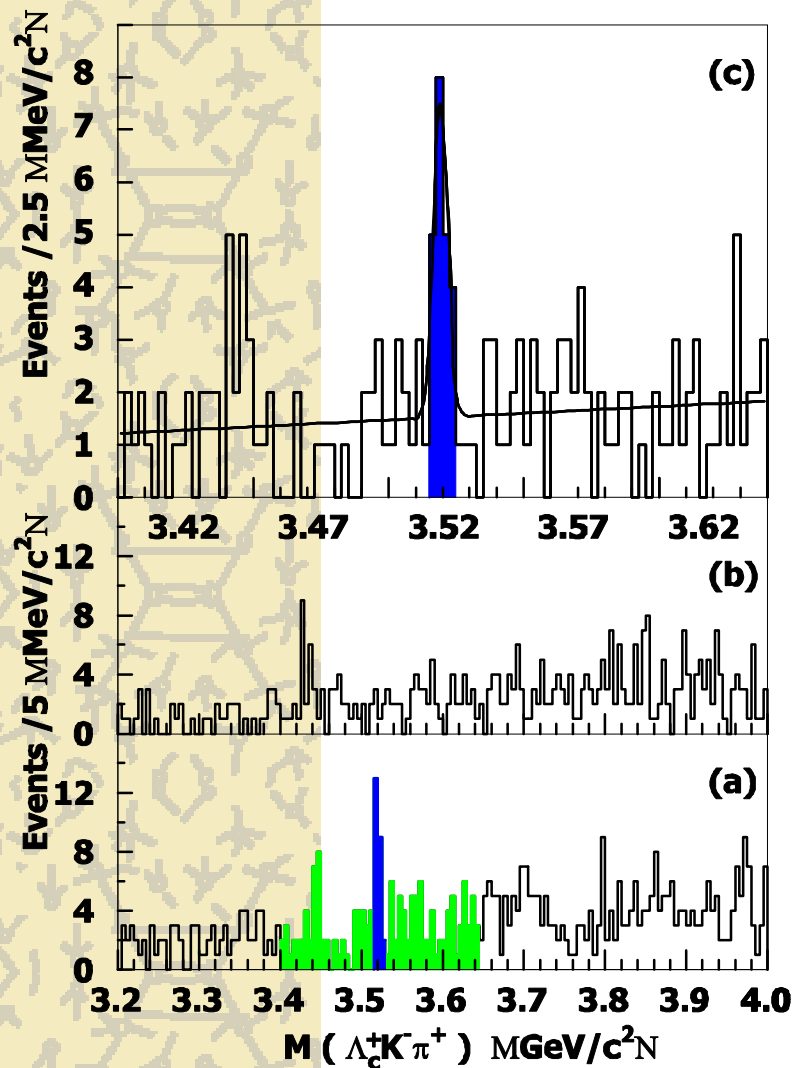
**SELEX**

Confirmation of the double charm baryon  
 $\Xi_{cc}^+(3520)$  via its decay to  $p D^+ K^-$ .  
Physics Letters **B628** (2005) 18.

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



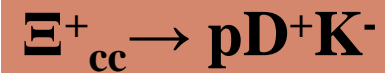
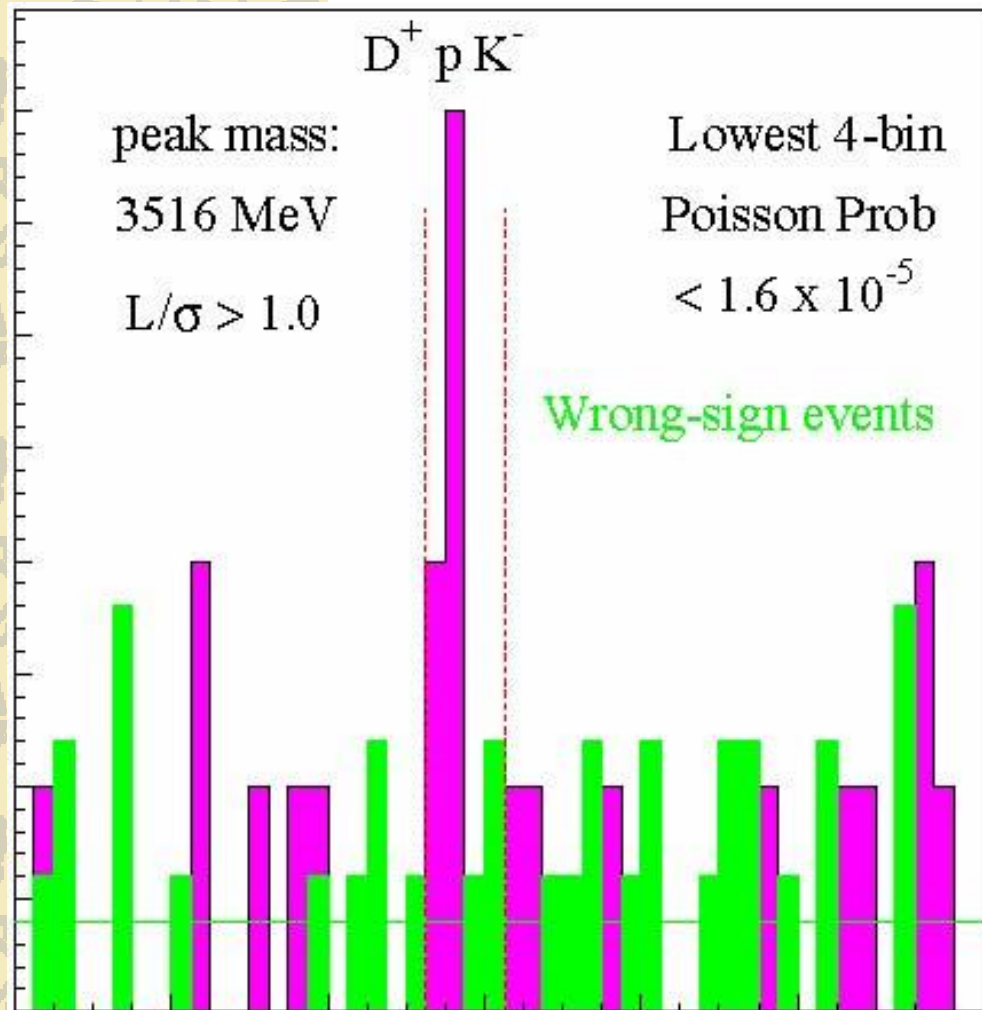
## First observation of the Doubly Charmed Baryon $\Xi_{cc}^+$

Phys.Rev.Lett. **89** (2002) 112001

$$M_{\text{ccd}} = 3519 \pm 1 \text{ MeV}/c^2$$

16 событий над фоном, равным  $6.1 \pm 0.5$ .  
Статистическая значимость –  $6.3\sigma$ .  
Вероятность случайного выброса –  $10^{-4}$ .

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



**Confirmation of the Double Charm Baryon  $\Xi_{cc}^+$  (3520) via its decay to  $p D^+ K^-$**

5,4 событий над фоном  $1,6 \pm 0.35$ .  
Вероятность случайного выброса-  
 $1.5 \cdot 10^{-5}$ .

Вероятность статистической  
флуктуации в двух экспериментах-  
 $1.5 \cdot 10^{-9}$ .



# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

## D-Zero

1. Работа с электроникой
2. Участие в сменах
3. Анализ данных
4. Работа по созданию МС генераторов событий, включающих БФКЛ- эффекты





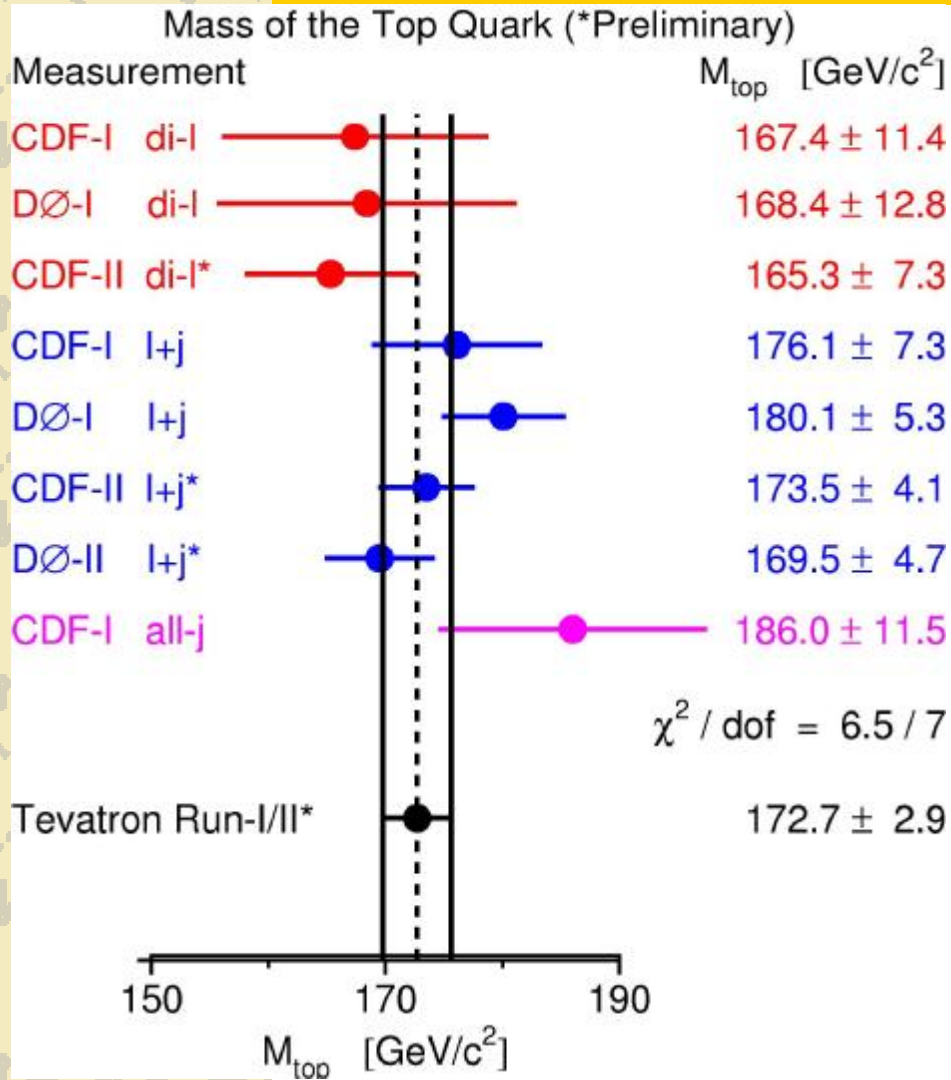
## Лаборатория Физики Элементарных Частиц

В 2005 г. коллаборацией D0 опубликован ряд статей с результатами анализа данных, полученных во втором сеансе измерений (Run II).

Это сечение рождения и масса t-кварка, результаты по изучению процессов квантовой хромодинамики (исследование внутренней структуры протона, изучение дифракционных процессов, исследование новых объектов, таких как X(3872) и др.), результаты по физике электрослабых процессов (сечения рождения WW, WZ, ZZ, W $\gamma$  и W $\gamma$ ), B<sub>s</sub>-осцилляции и др.

Один из наиболее важных результатов – совместное с CDF коллаборацией новое более точное значение массы t-кварка:  $172.7 \pm 2.9 \text{ GeV}/c^2$ .

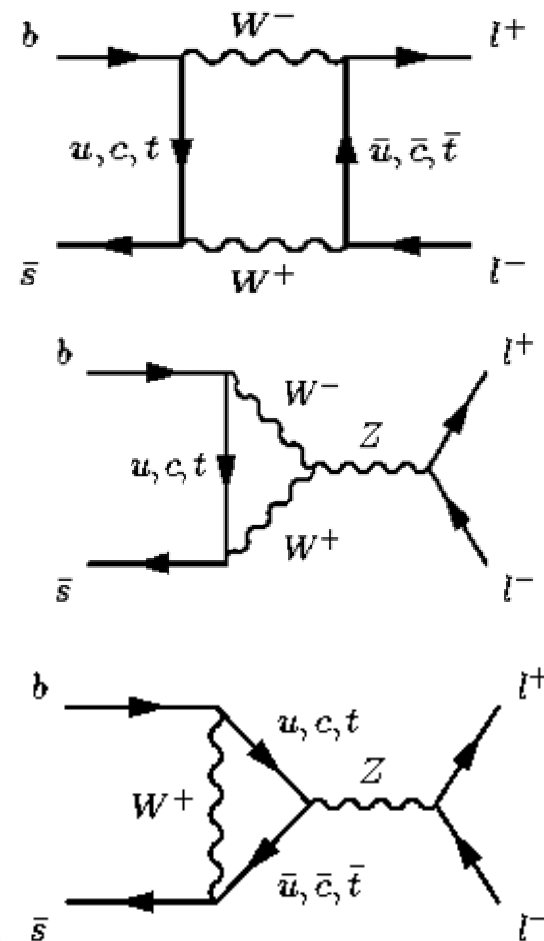
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



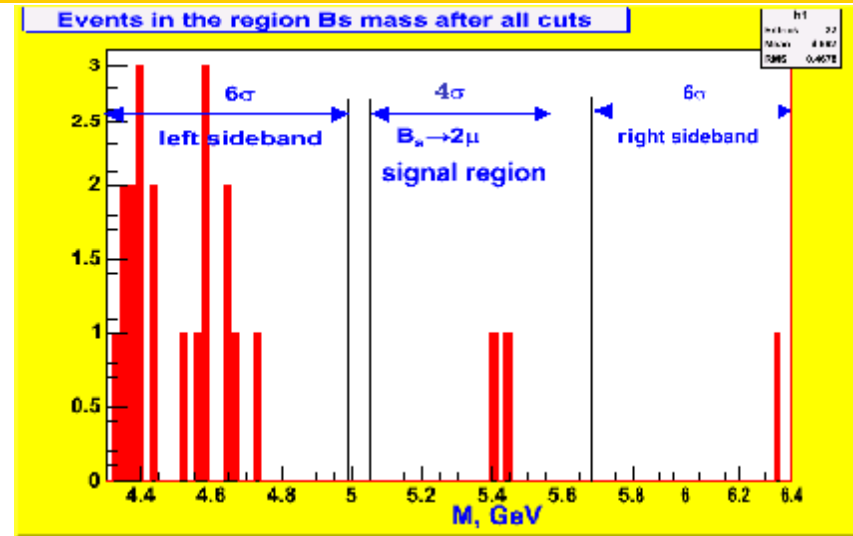
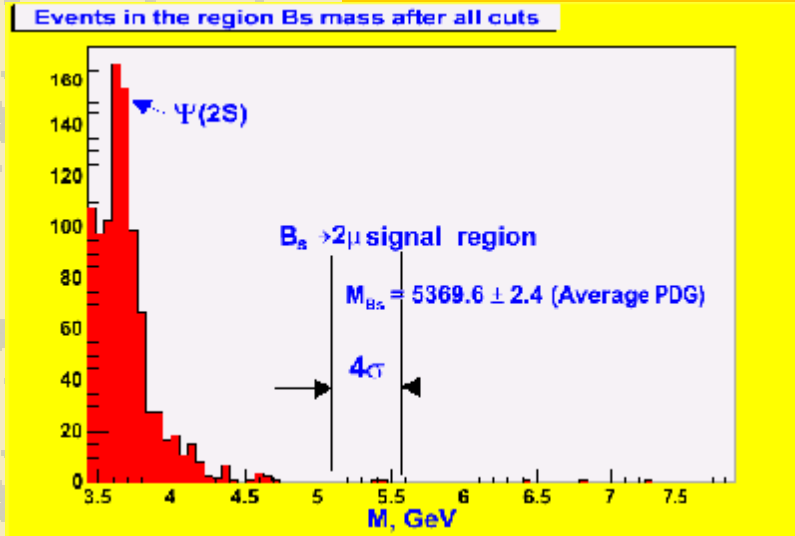
Run I world average:  
 $178.0 \pm 4.3 \text{ GeV}/c^2$  .  
New value:  
 $172.7 \pm 2.9 \text{ GeV}/c^2$ .

## Поиск распада $B_s \rightarrow 2\mu$ .

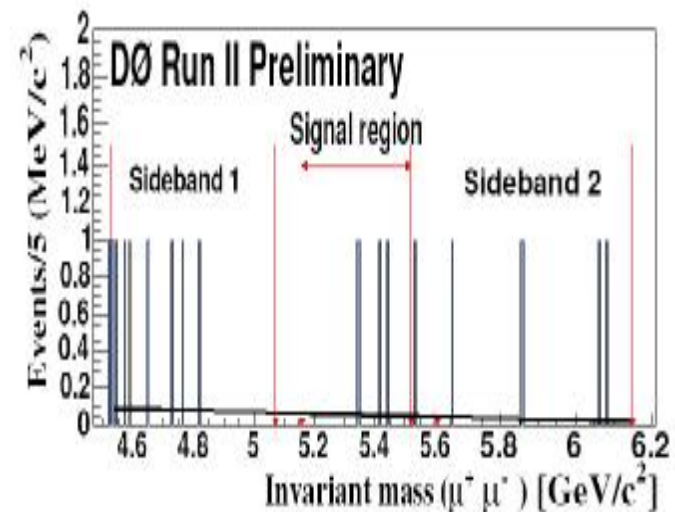
- Ищем свидетельство существования возможных расширений Стандартной Модели (MSSM, SUSY и т.д.), поскольку распад  $B_s \rightarrow 2\mu$  сильно подавлен в Стандартной Модели
- Учёт всех возможных  $B_s \rightarrow 2\mu$  SM диаграмм даёт вероятность такого распада  $(3.5 \pm 1.0) \cdot 10^{-9}$
- Существующие верхние пределы **сейчас** ( $300 \text{ pb}^{-1}$ ):  
CDF результат -  $< 2.0 \cdot 10^{-7}$  (95% C.L.) D0  
результат -  $< 3.7 \cdot 10^{-7}$  (95% C.L.)
- Перспективы Тэватрона для  $1 \text{ fb}^{-1}$  интегральной светимости:  $Br(B_s \rightarrow 2\mu) < 1.0 \cdot 10^{-7}$  (95% C.L.)
- Ставилась задача улучшить и найти новые критерии отбора событий для поиска возможных кандидатов в распад  $B_s \rightarrow 2\mu$



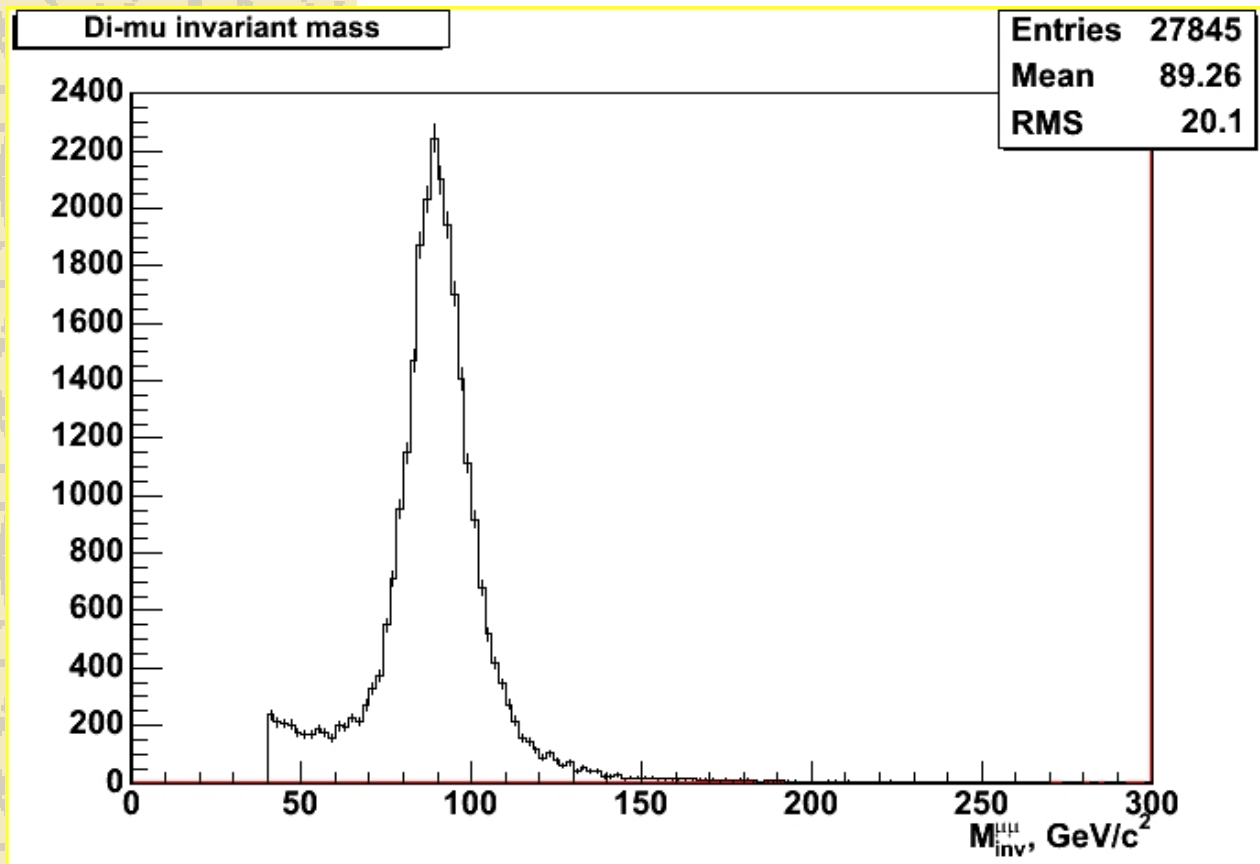
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



**Верхняя картинка справа** – результат новых критериев отбора. **Нижняя картинка** получена со старыми критериями отбора для той же статистики. **Новые критерии отбора в 2.5 раза улучшили чувствительность к сигналу от  $B_s \rightarrow 2\mu$  распада:  $Br(B_s \rightarrow 2\mu) < 1.1 \cdot 10^{-7}$  at 90% CL.** **Предполагается наличие нового состояния в спектре димюонов при  $M \approx 4.6$  ГэВ/с<sup>2</sup>.**



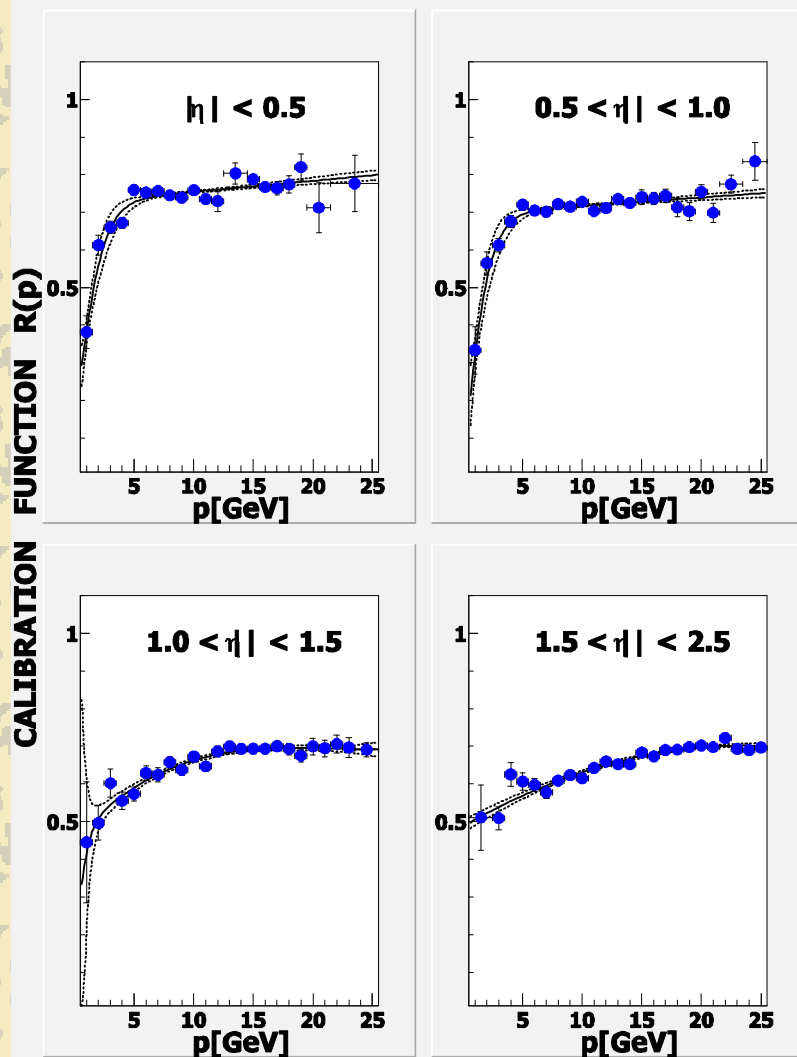
# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



А. Лободенко.  
Определение сечения  
процесса:

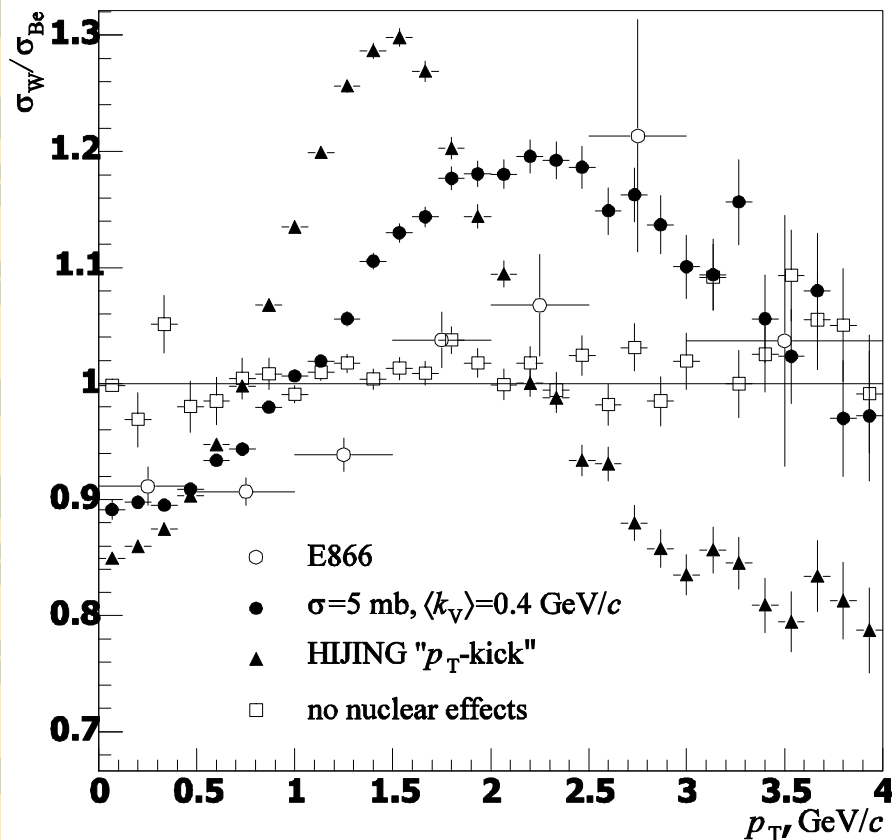
$$pp_{\text{bar}} \rightarrow Z \rightarrow \mu^+ \mu^-$$

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц



Г. Обрант.  
Определение функции отклика  
D0 калориметра в зависимости  
от импульса пиона для различных  
интервалов псевдобыстроты  $\eta$ .

## Лаборатория Физики Элементарных Частиц



В. Ким и др.

Отношение сечений рождения лептонных пар на мишенях из W и Be (нормированные на 1 нуклон мишени) как функция поперечного импульса лептонной пары: без ядерных эффектов, с ядерными эффектами по программе HIJING, и с ядерными эффектами, учитывающими взаимодействие в начальном состоянии. Кружки – экспериментальные данные.

# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

## Публикации 2005 г:

1. Eur. Phys. J A 25, s01, 215 (2005). Investigation of nuclear matter distribution of the neutron-rich He isotopes by proton elastic scattering at intermediate energies.
2. Nucl. Phys. A 759, 43 (2005). Quasi-free scattering with  ${}^{6,8}\text{He}$  beams.
3. Europ. Phys. Journal A23 345 (2005). Study of the  $\pi^- n \rightarrow \pi^- \pi^- p$  reaction at 430 MeV energy.
4. NIM A 551, 290 (2005). SPES4- $\pi$ : installation for exclusive study of nuclear reactions.
5. NIM A 554, 474 (2005). Modelling of ionization produced by fast charged particles in gases.
6. NIM A 555, 48 (2005). Asymmetric and double cathode-pad wire chambers for the LHCb muon system.
7. NIM A 552, 372 (2005). The muon system of the Run II D0 Detector.
8. Phys. Lett. B 628, 18 (2005). Confirmation of the doubly charmed baryon  $\Xi_{cc}^+(3520)$  via its decay to  $p D^+ K^-$ .
9. arXiv:hep-ph/0510260, 20 Oct. 2005 (to be published in Yad.Fiz), Initial-state nuclear effects in proton-nucleus collisions.
10. Proc. Int. Workshop "HSQCD2004", Repino, St. Petersburg, May 2004, Eds. V.T. Kim, L.N. Lipatov, PNPI (2005) 108.
11. Proc. 38<sup>th</sup> Winter School, Feb. 2004. PNPI (2005) 63. Inclusive Central Higgs Production at LHC from Single-Pomeron-Exchange.
12. 13 publications from L3.



# Лаборатория Физики Элементарных Частиц

## Публикации 2005 г:

13. 28 publications from D0.

14. Препринт ПИЯФ-2005 №2598. Сечения ядро-ядерных реакций в глауберовском походе для лёгких экзотических ядер. (Направлено в журнал ЯФ).

15. LV Int. Meeting on Nucl. Spectroscopy and Nucl. Structure, St. Petersburg, 2005.

Experimental Studies of the Nuclear Spatial Structure of Neutron-Rich He and Li Isotopes.

16. Int. Conf. “New Trends in High-Energy Physics”, Yalta, 2005. D0 Recent Results.

Participation and organization:

39<sup>th</sup> Winter PNPI School 2005.

10<sup>th</sup> RDMS CMS conference

2<sup>nd</sup> Int. Workshop “Hadron Structure and QCD”.

Editing of Proc. Int. Workshop “HSQCD2004”, Repino, St. Petersburg, May 2004.