

НИИ Ядерной Физики имени Д.В. Скобельцына

Генератор событий для реакции электророждения двух пионов на протоне

Козловская К.А., Головач Е.Н., Исупов Е.Л., Федотов Г.В.

Препринт НИИЯФ МГУ 2004–24/763

Московский Государственный Университет имени М.В.
Ломоносова

Московский Государственный Университет им. М.В.Ломоносова
Научно-исследовательский институт Ядерной физики
им. Д.В.Скобельцына

**Генератор событий для реакции
электророждения двух пионов на протоне**

Козловская К.А., Головач Е.Н., Исупов Е.Л., Федотов Г.В.

Препринт НИИЯФ МГУ 2004–24/763

УНЦ ДО
Москва
2004

УДК 539.17

K.A. Kozlovskaya E.N. Golovach, Isupov E.L., Fedotov G.V.

D.V. Skobeltsyn Institute of Nuclear Physics, Moscow State University,
Moscow, Russia

e-mail: kseniak@depni.sinp.msu.ru

e-mail: golovach@depni.sinp.msu.ru

e-mail: isupov@depni.sinp.msu.ru

e-mail: gleb@jlab.org

Preprint NPI MSU 24/763

**Event generator for the reaction
of the two pion electroproduction on the proton**

Abstract

An event generator for the reaction of the two pion electroproduction on the proton has been developed. Events are generated according to the model cross section. This phenomenological model was previously developed and successfully applied to describe the experimental data on the two pion electroproduction on the proton in the non-perturbative region at the nucleon resonance excitation energies with $Q^2 < \text{few GeV}^2$. The event generator is to be applied for the simulation needed to perform further two pion analysis with high quality data coming from HALL B of JLAB.

1 Введение

Расчет эффективности регистрации частиц для сложных многокомпонентных детекторов представляет собой необходимую задачу современной ядерной физики и физики элементарных частиц. Для детекторов, насчитывающих десятки тысяч составных частей, практически единственным способом получения эффективности является ее расчет методом Монте-Карло. Полное моделирование всех элементов экспериментальной установки и происходящих в ней процессов является очень трудоемкой задачей, требующей больших вычислительных мощностей. Для проведения подобных расчетов часто используют программные пакеты, которые берут на себя всю рутинную работу по отслеживанию событий, происходящих в детекторе под действием проходящих через него частиц. В частности, для полного описания детектора CLAS [1] Из Hall-B лаборатории им. Джефферсона (JLAB) разработана программа GSIM на основе широко распространенного пакета програм GEANT [2].

Для корректного расчета эффективности в рамках метода Монте-Карло необходимо иметь генератор событий, дающий максимально близкие к реальным распределения частиц. Возникает проблема создания таких генераторов. При создании генераторов событий, соответствующих различным эксклюзивным каналам, часто используют модельный подход. А именно, для расчета сечений в каждой кинематической области используют некоторую модель реакции. Использование экспериментальных данных о дифференциальных сечениях для построения генераторов событий было бы более надежным методом, однако, для реакций с рождением многих частиц экспериментальная информация часто оказывается недостаточно полной. Так, например, надежными являются полностью или частично проинтегрированные сечения, в то время как дифференциальные сечения или вообще неизвестны или данные о них являются крайне скудными. Поэтому модельный подход остается единственно возможным.

Данная работа посвящена созданию генератора событий для реакции электророждения двух пионов на протоне. $\gamma_v p \rightarrow p\pi^+\pi^-$ Кинематика данной реакции (3 частицы в конечном состоянии) характеризуется пятью независимыми переменными и ей соответствует 5-дифференциальное сечение. Имеющиеся экспериментальные данные

включают в себя только полностью проинтегрированные и 1-дифференциальные сечения [3, 4]. Для полного описания реакции предлагается использовать модель [5, 6]. Эта модель была успешно применена для анализа данных коллаборации CLAS по электророждению двух пионов и таким образом является надежно проверенной [4].

2 Модель

Феноменологическая модель описания фото- и электророждения двух пионов на протоне была разработана в коллаборации INFN (Genova) и НИИЯФ МГУ (Москва) и использована для анализа структуры нуклонных резонансов в области абсолютной величины квадрата переданного 4-импульса фотона (Q^2) $\sim 1 \text{ GeV}^2$ и при энергии в системе центра масс (W) от порога до $\sim 2 \text{ GeV}$.

Хорошо установлено, что основной вклад в реакцию

$$\gamma_{r,v}p \rightarrow p\pi^+\pi^- \quad (1)$$

дают каналы с образованием Δ^{++} , Δ^0 и ρ^0 в промежуточных состояниях.

$$\begin{aligned} \gamma p &\rightarrow \Delta^{++}\pi^- \rightarrow p\pi^+\pi^- \\ \gamma p &\rightarrow \Delta^0\pi^+ \rightarrow p\pi^-\pi^+ \\ \gamma p &\rightarrow p\rho^0 \rightarrow p\pi^+\pi^- \end{aligned}$$

Оставшиеся процессы описывались в приближении фазового объема.

Вклад процессов, идущих с возбуждением резонансов, рассчитывался в приближении Брейта–Вигнера с W -зависимой шириной. Амплитуда образования резонанса $T_{em}(\gamma p \rightarrow R)$ связывалась с электромагнитными формфакторами $A_{1/2,3/2}(Q^2)$. Величины $A(Q^2)$ являются параметрами, определяемыми из сравнения модельных расчетов с экспериментальными данными. Распадные амплитуды $T_{dec}(R \rightarrow \Delta\pi(pp))$ связывались с наблюдаемыми парциальными ширинами резонансов. Последний считались известными [7].

Нерезонансная часть в каналах $\Delta\pi$ описывалась с помощью минимального набора борновских диаграмм с восстановленной градиентной инвариантностью и с учетом эффектов взаимодействия в начальном и конечном состояниях. В свою очередь нерезонансный вклад в канале pp описывался в модели векторной доминантности. Отметим, что все неопределенности параметров модели, связанные с

нерезонансной частью, в обоих каналах удалось зафиксировать при сравнении рассчитанных и экспериментальных сечений.

Константа фазового объема $P(Q^2, W)$ есть полностью свободный параметр, который был определен в тех точках Q^2-W , в которых производилось сравнение с экспериментом.

3 Генератор событий

Сечение реакция (1) зависит от 5 кинематических переменных. Например, возможный выбор: $S_{p\pi^+}$ (S_1), $S_{\pi^+\pi^-}$ (S_2), θ_{π^+} (θ), ϕ_{π^+} (ψ), ψ_{π^+} (ψ). Соответственно дифференциальное сечение есть $\frac{d^5\sigma}{dS_1 dS_2 d\theta d\phi d\psi}$, даваемое моделью при каждых Q^2 и W .

В эксперименте коллаборации CLAS E-93-006 [4] были измерены 1-дифференциальные сечения ($d\sigma/dS_1$, $d\sigma/dS_2$, ...) на сетке значений W от порога до 2 GeV с шириной бина 0,25 GeV и при трех значениях Q^2 : 0,65; 0,95 и 1,3 GeV². Из анализа результатов эксперимента в рамках модели была извлечена информация о значениях $A_{1/2,3/2}(Q^2)$ и $P(Q^2, W)$ в этих кинематических точках.

Физические процессы, заложенные в модель, позволяет описывать реакцию двух пионного рождения в области Q^2 от 0 до ~ 3 GeV² и W от порога до ~ 2.5 GeV. Для того, чтобы воспользоваться этой возможностью, необходимо иметь величины электромагнитных формфакторов и константы фазового объема в указанных пределах.

Используя известные данные о значениях $A_{1/2,3/2}(Q^2)$ [8], данные JLAB [4, 8, 7], а также предсказания SQTМ-модели [8] о Q^2 -эволюции формфакторов A мы аппроксимировали $A_{1/2,3/2}$ как функцию Q^2 гладкими функциями. Результаты этой аппроксимации для некоторых наиболее сильных резонансов приведены на рис. 1–2

Фазовый объем P аппроксимировался гладкой полиномиальной функцией от Q^2 и W по его значениям при трех Q^2 .

Таким образом модельные расчеты стали возможны при любых величинах Q^2 от 1 до ~ 3 GeV² и W от порога до ~ 2.5 GeV. На практике 5-дифференциальные сечения рассчитывались и запоминались на некоторой сетке по Q^2 и W . Далее, при любых Q^2 , W , S_1 , S_2 , θ , ϕ и ψ сечение находилось с помощью 7-мерной линейной интерполяции.

На рис 3 приведена W -зависимость полного рассчитанного сечения при различных Q^2 в сравнении с экспериментом при трех Q^2 .

Имея 5-дифференциальное сечение при любых значениях кинематических переменных, нетрудно построить генератор событий двух пионного электророждения на протоне. В качестве проверки мы сравнили одномерные распределения, полученные от генератора с экспериментальными данными по 1-дифференциальным сечениям. На рис. 4-5 представлено указанное сравнение.

Список литературы

- [1] B. Mecking, et al. Nucl.Instrum.Meth. **A503** 513 (2003).
- [2] “GEANT Detector Description and Simulation Tool” Application software group CERN, Geneva (1993).
- [3] ABBHM Collaboration Phys.Rev. **175** 1669 (1968).
- [4] CLAS Collaboration (M. Ripani et al.) Phys.Rev.Lett. **91** 022002 (2003).
- [5] M.Ripani, V.Mokeev, M.Anghinolfi. Nucl.Phys. **A672** 220 (2000).
- [6] В.И.Мокеев, М.Рипани, М.Ангинольфи и др. ЯФ. **64** 1292 (2001).
- [7] Particle Data Group. Eur.Phys.Journ. **C15** 1 (2000).
- [8] V.D. Burkert, et al. Phys.Rev. **C67** 035204 (2003).

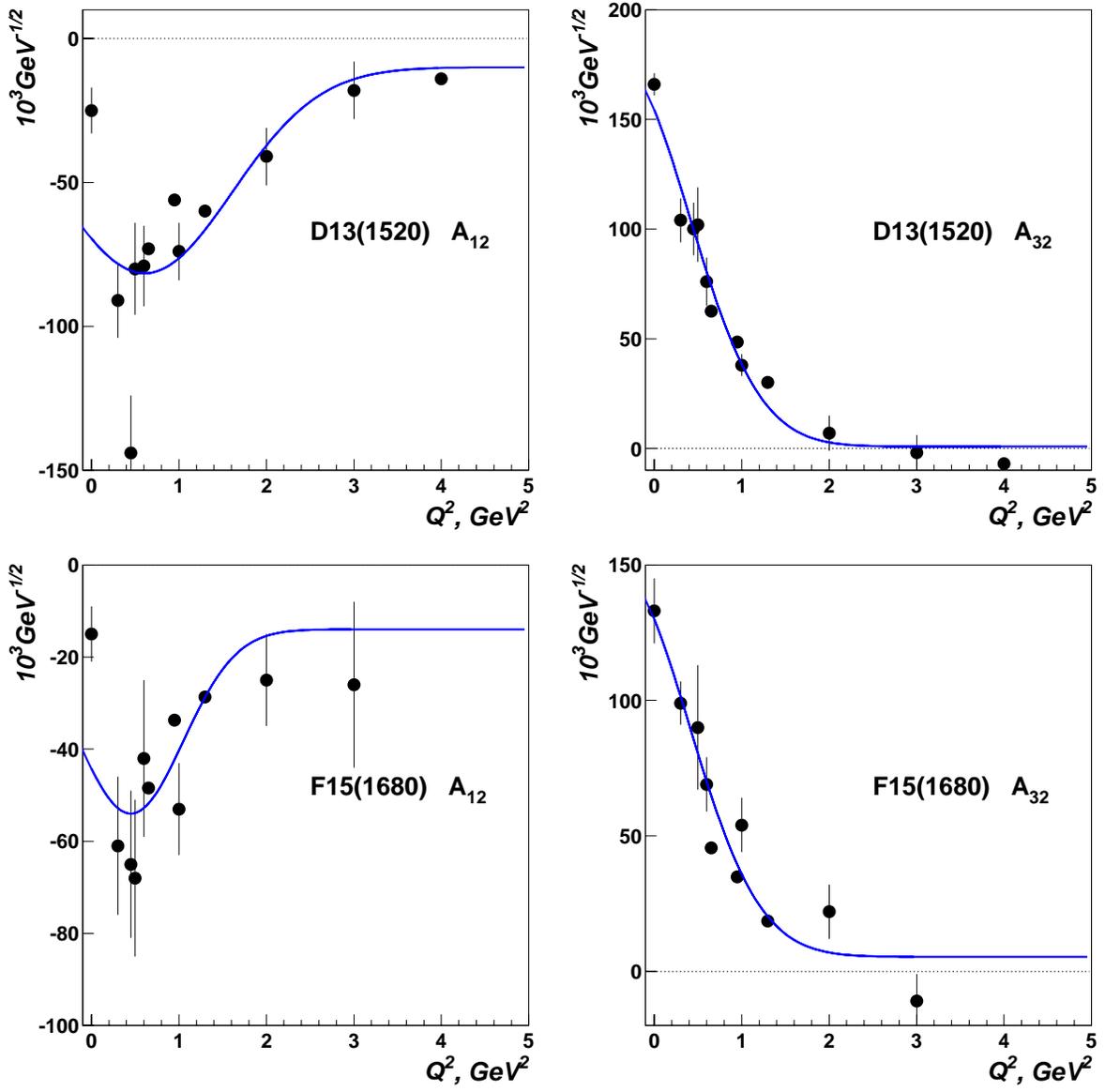


Рис. 1: Аппроксимация электромагнитных формфакторов $A(Q^2)$. Точки — экспериментальные данные, включающие данные JLAB, совместно с предсказаниями SQTМ [4, 8, 7].

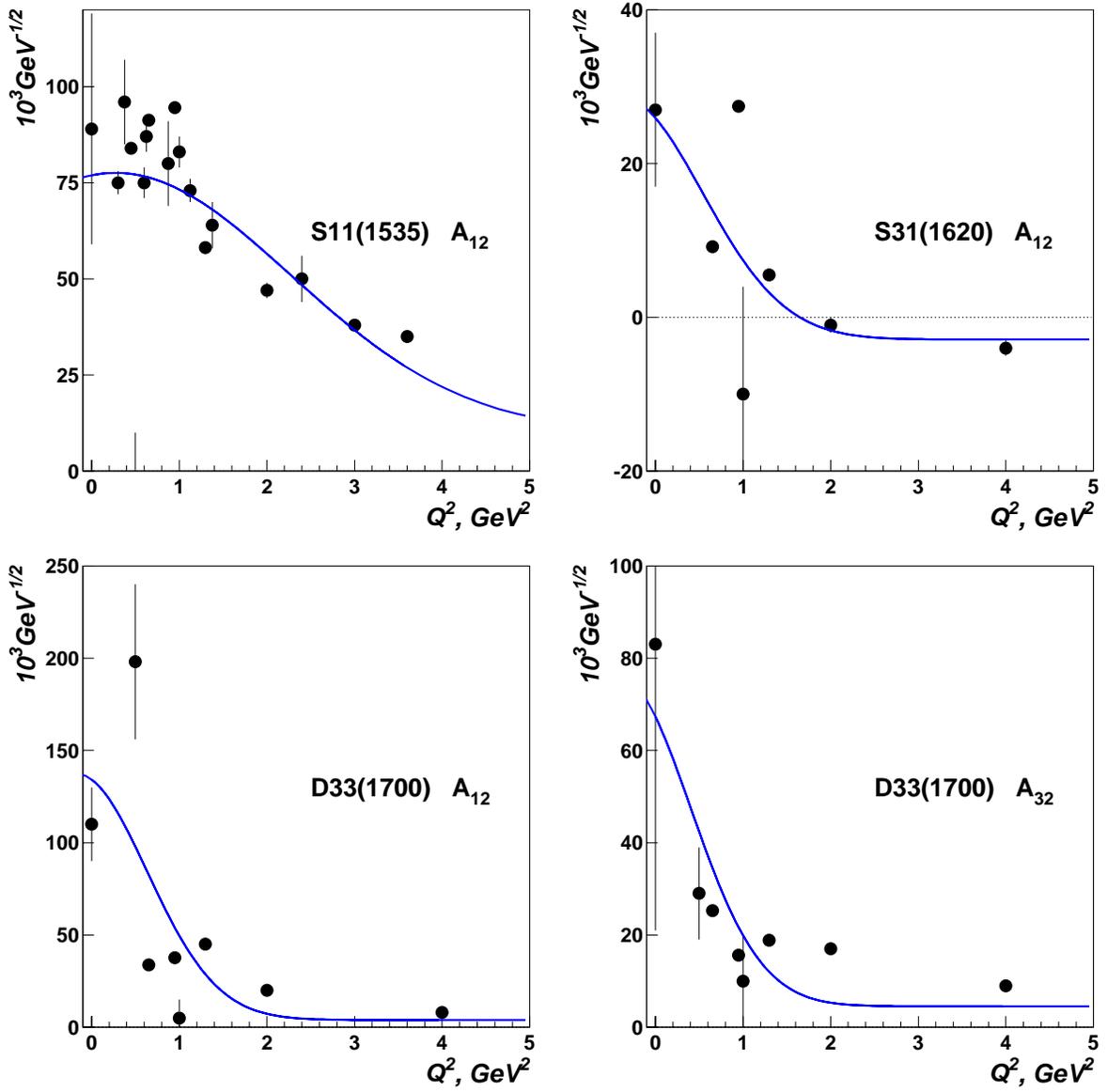


Рис. 2: Аппроксимация электромагнитных формфакторов $A(Q^2)$. Точки — экспериментальные данные, включающие данные JLAB, совместно с предсказаниями SQTМ [4, 8, 7].

$$Q^2 = 0.1, 0.4, 0.65, 0.8, 0.95, 1.3, 1.7, 2.5, 3.2, 5.0 \text{ GeV}^2$$

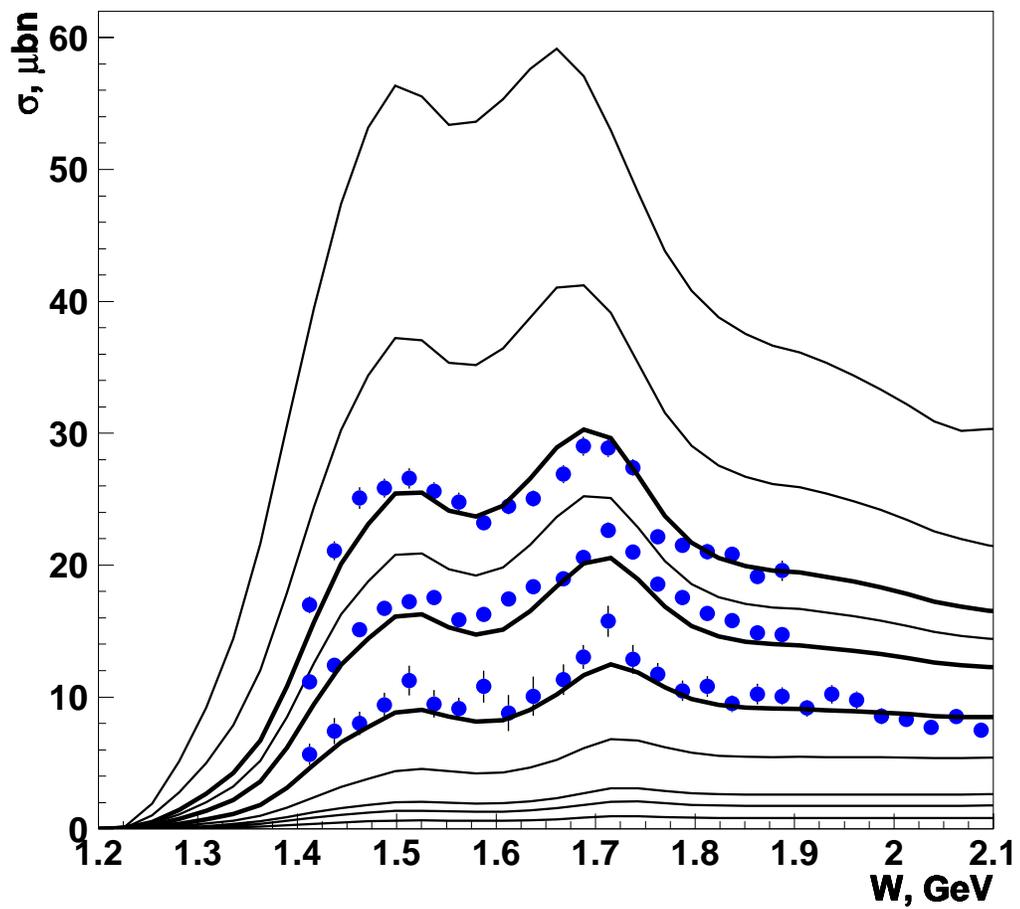


Рис. 3: Полное сечение двух пионного электророждения на протоне. Линии - расчет. Точки - эксперимент [4].

$$\gamma_{\nu} p \rightarrow p' \pi^+ \pi^- \quad Q^2=0.65, W=1.79$$

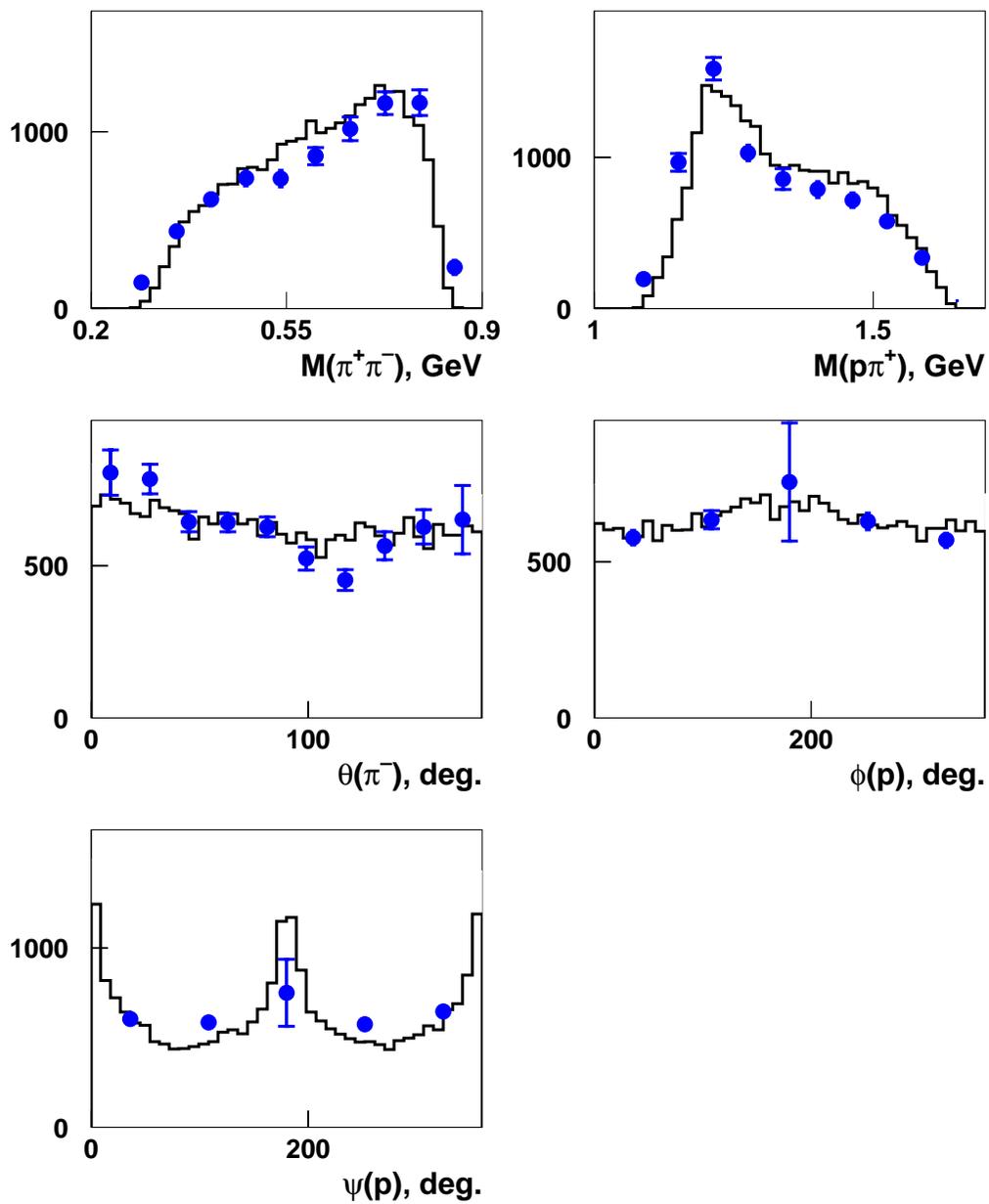


Рис. 4: Сравнение одномерных “сгенерированных” распределений с экспериментальными данными [4].

$$\gamma_{\nu} p \rightarrow p' \pi^+ \pi^- \quad Q^2=0.95, W=1.56$$

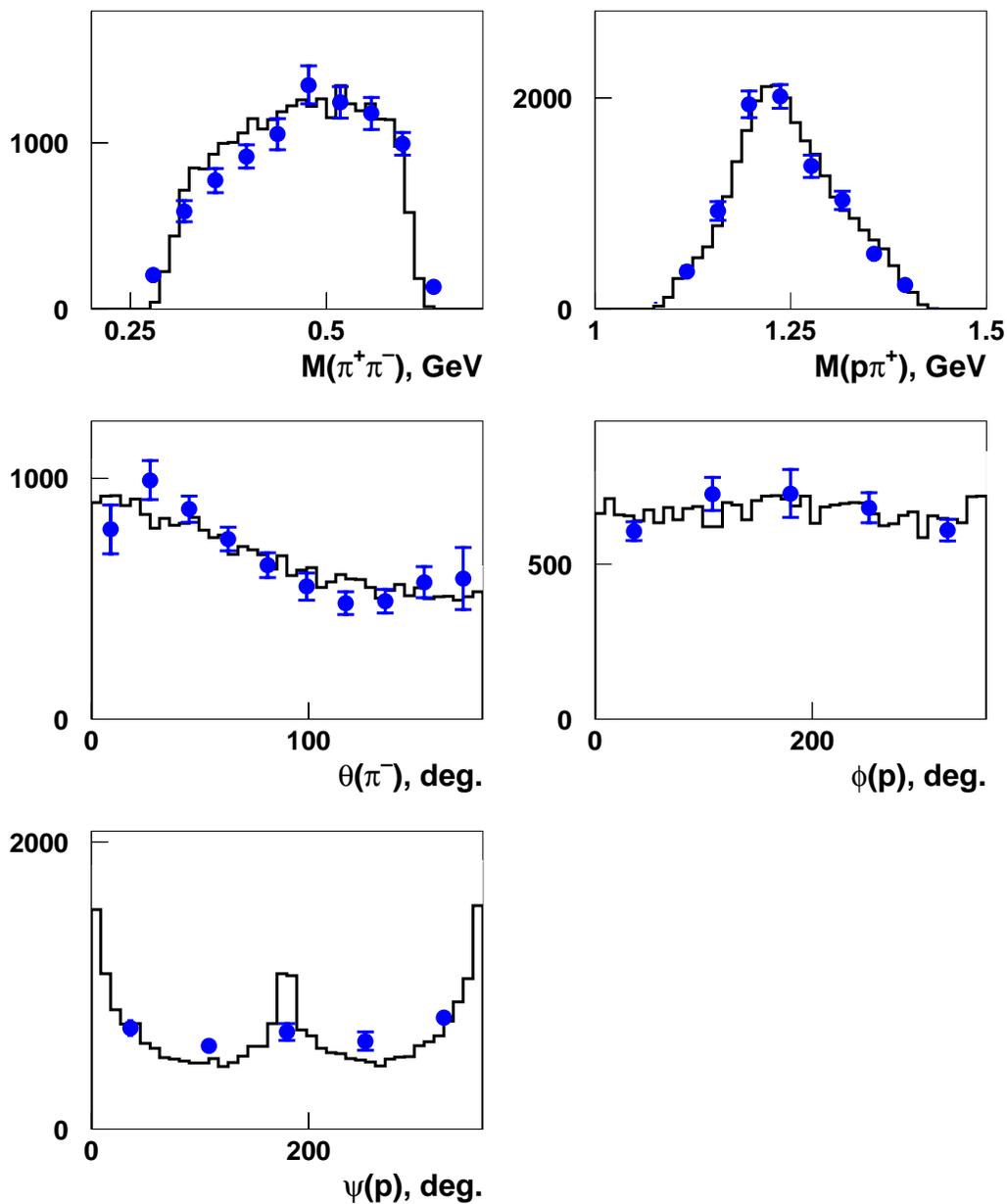


Рис. 5: Сравнение одномерных “сгенерированных” распределений с экспериментальными данными [4].

Козловская Ксения Александровна
Головач Евгений Николаевич
Исупов Евгений Леонидович
Федотов Глеб Владимирович

**Генератор событий для реакции
электророждения двух пионов на протоне**

Работа поступила в ОНТИ 6.12.2004

ИД 00545 от 06.12.1999

**Издательство
Учебно-научного центра довузовского образования**

117246, Москва, ул. Обручева, 55А
Тел./факс (095) 718-6966, 718-7776, 718-7785
e-mail: izdat@abiturcenter.ru
<http://www.abiturcenter.ru>

Заказное. Подписано к печати 6.12.2004 г. Формат 60×90/16
Бумага офсетная. Усл.печ.л. 0,75
Тираж 25 экз. Заказ 724
Отпечатано в Мини-типографии УНЦ ДО
в полном соответствии с качеством
предоставленного оригинал-макета