

УДК 539.12

Й. Туровці

Ужгородський національний університет, 88000, Ужгород, вул. Волошина, 54
e-mail: turoczi.jolika@citromail.hu

МУЛЬТИПОМЕРОН У ПРУЖНОМУ РОЗСІЯННІ ПРИ АСИМПТОТИЧНИХ ЕНЕРГІЯХ

Розглянута модель померона як сума радже-мультиполіосів, кожен з яких відповідає графу глюонної драбини зі скінченим числом сходинок. Показано, що для pp - та $\bar{p}p$ - розсіяння при високих енергіях внесок триполя є суттєвим для опису диференціального і повного перерізу. Розраховано локальний нахил дифракційного конуса в моделі мультиполіосного померона. Поведінка цього нахилу, як функції s і t , порівнюється з даними локальних нахилів, що одержані безпосередньо з експерименту.

Ключові слова: розсіяння гадронів, померон, локальний нахил диференціального перерізу.

Вступ

Експерименти на Великому гадронному коллайдері (ЛНС), виконані в ЦЕРН (Женева), відродили інтерес до аналітичних моделей опису розсіяння гадронів при високих енергіях [1-6]. Завдяки появі даних з розсіювання протонів й антипротонів на протонах при асимптотично високих енергіях (тераелектронвольт) в достатньо широкій області переданого імпульсу (декілька гігаелектронвольт) можна наблизитись до вирішення давньої дискусії про роль С-непарного партнера померона – оддерона. Відомо [7], що померон можна представити як нескінченну глюонну драбину з реджезованими глюонами вздовж вертикальної лінії. Ця модель призводить до так званої суперкритичної поведінки амплітуди розсіювання, коли перетин траєкторії померона, $\alpha_P(0) > 1$. Однак, померон можна розглядати і як скінченну суму глюонних драбин, що відповідають скінченній сумі радже-мультиполіосів зі зростаючою мультиплетністю. Перший член ряду по $\ln s$ дає внесок у повний переріз розсіювання у вигляді постійного доданку, і його можна ототожнити з простим полюсом. Другий член (подвійний полюс або диполь) веде себе як $\ln s$, а третій доданок (триполь) – як $\ln^2 s$, і т.д. Ця модель інтерпретується так, що в ній поступово зі зростанням енергії враховуються додаткові члени суми

при відкриванні нових порогів.

Метою цієї роботи є оцінка внеску померона й оддерона в умовах доступної кінематики ЛНС [2] та Суперпротонного синхротрона (SPS) 0.5 – 7 TeV, коли внеском реджеонів можна знехтувати.

1. Вибір моделі

Для аналізу диференціального перерізу та нахилу пружного розсіяння протонів або антипротонів на протонах при високих енергіях використана модель мультиполіосного померона, що дозволяє контролювати різні внески та їх відносну величину в амплітуду розсіювання у залежності від енергії s та переданого імпульсу t . Ми вибрали померонну траєкторію, що явно включає внесок двоіонного кореневого порогу з коефіцієнтом α_{2P} , а вищі пороги представлені лінійним внеском з коефіцієнтом α_{1P} :

$$\alpha_P \equiv \alpha_P(t) = 1 + \alpha_{1P}t - \alpha_{2P} \left(\sqrt{4m_\pi^2 - t} - 2m_\pi \right), \quad (1)$$

m_π - маса піона.

Амплітуда розсіювання в моделі визначається так:

$$A_{pp}^{\bar{}}(s, t) = A_P(s, t) \pm A_O(s, t). \quad (2)$$

Внесок вибраного нами померона в амплітуду розсіювання є

$$A_p(s,t) = is \left(-i \frac{s}{s_0}\right)^{\alpha_p-1} \sum_{j=0}^2 g_j \ln^j \left(-i \frac{s}{s_0}\right) e^{\varphi_{pj}(t)}, \quad (3)$$

де функція лишку

$$\varphi_{pj}(t) = b_{pj}t + \gamma_{pj} \sqrt{4m_\pi^2 - t - 2m_\pi}, \quad (4)$$

$$s_0 = 1 \text{ GeV}^2.$$

Для описання різної поведінки протон-протонного та антипротон-протонного диференціального перерізу потрібно врахувати внесок оддерона, який вибрано за тією ж схемою:

$$A_o(s,t) = s \left(-i \frac{s}{s_0}\right)^{\alpha_o-1} \sum_{j=0}^2 g_{oj} \ln^j \left(-i \frac{s}{s_0}\right) e^{\varphi_{oj}(t)}, \quad (5)$$

$$\varphi_{oj}(t) = b_{oj}t + \gamma_{oj} \sqrt{4m_\pi^2 - t - 2m_\pi} \quad (6)$$

Диференціальний та повний перерізи визначаються як

$$\frac{d\sigma}{dt} = \frac{\pi}{s^2} |A(s,t)|^2, \quad \sigma_{tot} = \frac{4\pi}{s} \text{Im}A(s,t), \quad (7)$$

а нахил

$$B(s,t) = \frac{\partial}{\partial t} \left(\ln \frac{d\sigma(s,t)}{dt} \right). \quad (8)$$

2. Порівняння з експериментом

Для того, щоб уникнути нефізичних рішень при підгонці виразів (1)-(7) до експериментальних значень, разом з даними диференціальних перерізів ми включили також дані повних перерізів. Експериментальні значення для антипротон-протонного розсіяння при енергіях 546, 630, 1800 і 1960 GeV взяті з компіляції [7]. Загальне число експериментальних точок, використаних для підгонки, дорівнює 320.

Результат підгонки наведено на рис. 1, а параметри підгонки - в табл. 1. Як видно з рисунку, вибрана нами модель мультиполусного померона та оддерона

добре описує експериментальні дані диференціального перерізу.

Таблиця 1

Значення параметрів підгонки

Параметри	Значення	Похибка
g_{P0}	4.07	0.23
g_{P1}	$-0.112 \cdot 10^{-2}$	$0.58 \cdot 10^{-3}$
g_{P2}	0.0524	$0.8 \cdot 10^{-3}$
b_{P0}	15.0	фікс.
α_{P0}	0.3	фікс.
α_{P1}	0.0523	$8 \cdot 10^{-3}$
γ_{P0}	-12.3	0.3
γ_{P1}	-8.51	0.54
γ_{P2}	-0.279	0.187
g_{O0}	1.50	0.51
g_{O1}	-0.030	$0.3 \cdot 10^{-2}$
b_{O0}	-6.82	0.66
α_{O0}	0.879	0.031
α_{O1}	1.46	0.04
γ_{O0}	17.4	0.7
γ_{O1}	8.14	0.21

Для ілюстрації тонкої структури диференціального перерізу в області малих переданих імпульсів скористаємось відомою процедурою «перекриваючих бінів», за якою будемо «експериментальні» локальні нахили b_i , що визначаються на окремо вибраних інтервалах переданого імпульсу (бінах).

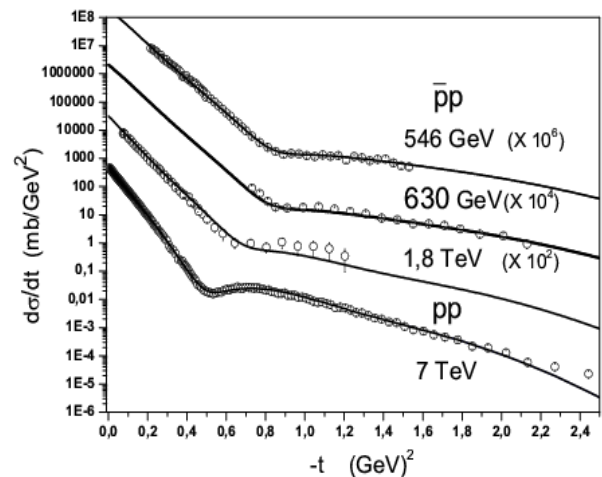


Рис. 1. Порівняння моделі (суцільна крива, параметри з табл. 1) з експериментальними даними для диференціального перерізу pp- та $\bar{p}p$ -розсіяння (криві та експериментальні точки відрізняються між собою на множник 10^2).

Кожний бін має містити достатню кількість експериментальних точок для надійного визначення локального нахилу.

Окремі біни зсунуті один відносно одного на один або декілька каналів так, що вони перекриваються.

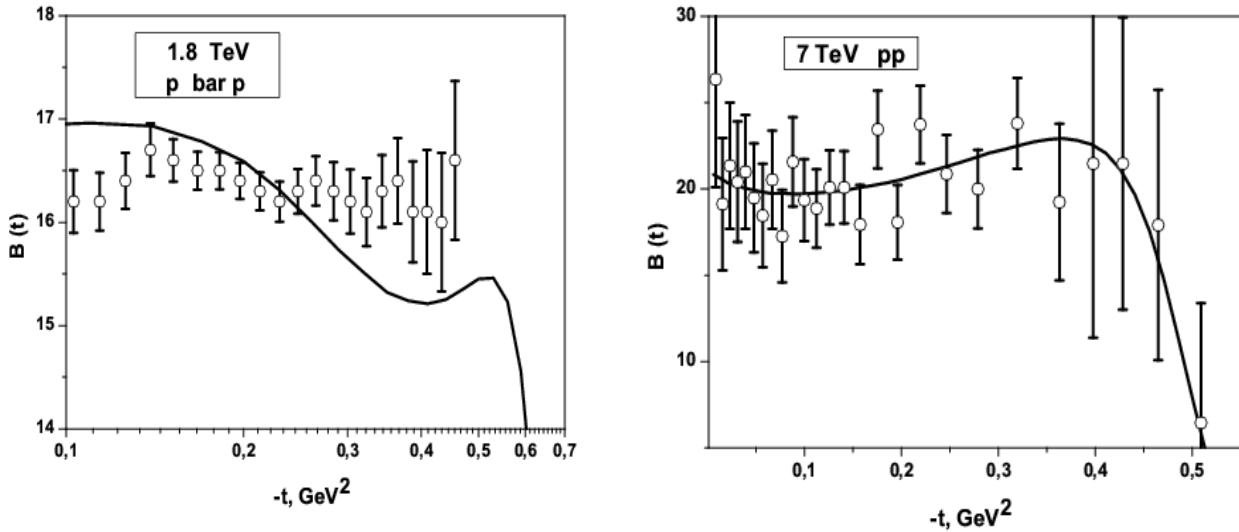


Рис. 2. Локальні нахили, одержані з експериментальних диференціальних перерізів $p\bar{p}$ - і pp -розсіяння методом перекриваючих бінів (9). Суцільна лінія обчислена за формулою (10).

В кожному біні справедливим є наближення:

$$\left(\frac{d\sigma}{dt}\right)_i = a_i e^{b_i t}, \quad (9)$$

де a_i та b_i - вільні параметри. В результаті (в цьому полягає інтерес) ми отримуємо число «експериментальних» значень $b_i \pm \Delta b_i$, близьке до початкового числа дійсних експериментальних значень диференціального перерізу. Величина Δb_i є похибкою наближення при обчисленні за формулою (9).

Нахил $B(s,t)$ розраховано за наближеною формулою:

$$B(s,t) = \frac{1}{2\Delta t} \left(\frac{d\sigma/dt(s,t+\Delta t) - d\sigma/dt(s,t-\Delta t)}{d\sigma/dt(s,t)} \right). \quad (10)$$

Розрахунки нахилу наведено на рис. 2. Видно, що графік $B(s,t)$ якісно узгоджується з «експериментальними» локальними нахилами.

Висновки

В результаті підгонки за (1)-(7) до експериментальних значень диференціального перерізу та обчислення нахилу $B(s,t)$ ми отримали результат, наведений на рисунках 2. Світлими кружечками позначені локальні «експериментальні» нахили b_i , суцільна крива розрахована за (10) з параметрами підгонки. З рисунка видно, що існує ненульова експериментальна кривизна диференціального перерізу, що добре відтворюється нашим обчисленням. Модель може бути розширена і вдосконалена при тому, що її основні риси залишаються незмінними.

Автор щиро вдячна Л.Л. Єнковському, О.І. Лендєлу, З.З. Торичу та О.О. Шпенику за цінні дискусії та допомогу. Ця робота підтримана фондом Genius.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Дремин И.М. Упругое рассеяние адронов // Успехи физических наук – 2013. – т. 183 (1). – С. 3.
2. Godizov A.A. Models of elastic diffractive scattering to falsity at the LHC // arXiv:1203.6013v1 [hep-ph] – 27 mar 2012.

3. Alkin A., Kovalenko O., Martynov E. Can the "standard" unitarized Regge models describe the TOTEM data // arXiv:1304.0850 [hep-ph] – 3 Apr 2013.
4. Lengyel A.I., Tarics Z.Z. Indirect evidence of the Odderon from the LHC data on elastic proton-proton scattering // arXiv:1206.5837 [hep-ph] – 25 Jun 2012.
5. Himics Diana, Lengyel A.I., Tarics Z., Turóci Jolán. Proton elastic scattering at the large hadron collider // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Фізика. – 2012. – т. 32. – С. 51-55.
6. Fiore R., Jenkovszky L., Kuraev E., Lengyel A., Paccanoni F. and Papa A. Finite sum of gluon ladders and high energy cross section // Phys. Rev. Letters – 2001. – Vol. 63. – 056010.
7. Anchev G. Measurement of proton-proton elastic scattering and total cross-section at $\sqrt{s} = 7$ TeV // CERN Document Server-PH-EP – 2012 – P. 239.

Стаття надійшла до редакції 27.04.2013

J. Turóci

Uzhhorod National University, Voloshin Str., 54, 88000, Uzhhorod

MULTIPOMERON IN ELASTIC SCATTERING AT ASYMPTOTICAL ENERGIES

The Pomeron is a sum of Regge multipoles, each corresponding to a finite number of rungs gluon ladder. From a fit to the proton-proton and antiproton-proton scattering data at high energies the three-pole pomeron term is significant for description of differential and total cross section. The local slope of diffraction cone was calculated for multipole pomeron model. This slope parameter is compared with its values derived from the experiment.

Keywords: hadron scattering, pomeron, local slope of differential cross-section.

Й. Туровци

Ужгородский национальный университет, ул. Волошина, 54, 88000, Ужгород

МУЛЬТИПОМЕРОН В УПРУГОМ РАССЕЯНИИ ПРИ АСИМПТОТИЧЕСКИХ ЭНЕРГИЯХ

Рассмотрена модель померона как сумма редже-мультиполюсов, каждый из которых соответствует глюонной лестнице с конечным числом ступенек. Показано, что для pp - и $p\bar{p}$ -рассеяния при высоких энергиях вклад триполюса существенный при описании дифференциального и полного сечений. Рассчитан локальный наклон дифракционного конуса в модели мультиполюсного померона. Поведение наклона, как функции s и t , сравнивается с данными локальных наклонов, полученных непосредственно из эксперимента.

Ключевые слова: рассеяние адронов, померон, локальный наклон дифференциального сечения.