

ФИЗИКА НАШИХ ДНЕЙ

Наблюдение аномальных событий с очень большими величинами Q^2 в ер-столкновениях на ускорителе ГЕРА

А.В. Семенов

На протон-электронном коллайдере ГЕРА, работающем в DESY, обнаружены аномальные события с очень большими значениями переданных импульсов. Стандартная модель элементарных частиц не может объяснить эти события.

PACS numbers: 12.60.-i, 13.90.+i, 29.90.+r

Две коллаборации, H1 и ZEUS, работающие на ускорителе ГЕРА (ГЕРА — HERA, Hadron-Electron Ring Accelerator facility — протон-электронный (позитронный) коллайдер в DESY; DESY — Deutschland Elektronen Synchrotron — Германский электронный синхротрон (см. ниже)), обнаружили избыток событий над теоретическими ожиданиями в области больших значений кинематических переменных x (или массы $M = \sqrt{xs}$), y и Q^2 . Здесь x — доля импульса протона, переносимая рассеянным партоном (кварком или глюоном); s — энергия электрон-протонного столкновения в системе центра масс протона и электрона, Q^2 — квадрат переданного в соударении импульса, $y = Q^2/M^2$, M — масса электрон-партонной системы.

Обе международные группы, H1 и ZEUS, независимо анализировали данные по событиям глубоко-неупругого рассеяния (ГНР), набранные с 1994 г. на ускорителе ГЕРА. Три года ускоритель работал с пучком позитронов с энергией 27,5 ГэВ, сталкивающихся с протонами с энергией 820 ГэВ. Зарегистрированные события выглядят как типичные представители ГНР: налетающий позитрон взаимодействует с партоном (вероятнее всего — с кварком) внутри протона и рассеивается на большой угол, а вылетающий партон порождает целую струю адронов. Именно поэтому для представления результатов и выбраны такие кинематические переменные, как x и y , характеризующие взаимодействие налетающего позитрона с партоном (кварком) внутри протона.

Обе группы сравнивали результаты своих измерений с расчетами по методу Монте-Карло, основанными на стандартной модели для ГНР с нейтральным током (нейтральный ток (НТ) — обмен промежуточным Z-бозоном или фотоном). Для значений переданного импульса $Q^2 < 15000$ ГэВ² измеренные распределения пре-

красно совпадают с результатами расчетов, однако для больших Q^2 превышает расчетные величины. Вероятность того, что это статистическая флуктуация, меньше процента, так что зарегистрированные события почти наверняка не могут быть объяснены в рамках стандартной модели. При этом предсказания достаточно надежны и нет возможности существенно варьировать их.

Аналогичный избыток обнаружен при представлении распределения событий по инвариантной массе для значений массы больше 175 ГэВ². События с большими переданными импульсами и такими массами особенно интересны тем, что находятся в неисследованном до сих пор кинематическом районе ГНР. На установке H1 количество событий при больших значениях переданного импульса (см. таблицы) равно 12 при пяти ожидаемых. В эксперименте ZEUS зарегистрировано два события с $Q^2 > 35000$ ГэВ² при ожидании 0,145 событий. Избыток есть и в событиях с заряженными токами, но там число событий еще меньше, и статистики явно недостаточно для более или менее определенных выводов. В таблице 1 приведено полное число зарегистрированных и ожидаемых событий для установок H1 и ZEUS для $Q^2 > 10000$ ГэВ². Суммарный результат получался простым суммированием, а ошибки складывались в квадратуре. Различные числа ожидаемых событий для H1 и ZEUS отражают различные интегральные светимости, разные методы кинематической реконструкции событий, разрешение установок по переданному импульсу Q^2 и эффективность регистрации при выбранных ограничениях. Например, е-метод у H1 означает, что кинематические характеристики события восстанавливались лишь по зарегистрированному позитрону, а в 2 α -методе ZEUS использует информацию об углах как позитрона, так и адронной струи. В последней колонке приведена вероятность того, что зарегистрированные события возникли, как флуктуация из расчетного количества глубоко-неупругих событий. В таблице 2 представлена выборка тех же событий, что и в табл. 1, в области $y > 0,25$, рассортированных по кинематическим переменным M и x . Таблица 3 построена аналогично табл. 2 для $y > 0,4$. Обе группы возлагают большие надежды на

А.В. Семенов. Институт теоретической и экспериментальной физики, 117259 Москва, ул. Б. Черемушкинская 25, Россия
Тел. (095) 125-92-90

Статья поступила 24 марта 1997 г.

Таблица 1

Q^2 , ГэВ ²	Н1		ЗЕВС		Н1+ЗЕВС		
	е-метод $y < 0,9$ $\theta_e > 10^\circ$		2 α -метод $E_e > 20$ ГэВ ($P_{T,e} > 30$ ГэВ для $\theta_e < 17^\circ$)				
	Данные	Расчет	Данные	Расчет	Данные	Расчет	$P(N \geq N_{obs})$
> 10000	20	18,3±2,4	33	32,2±2,0	53	50,5±3,1	0,37
> 15000	12	4,71±0,76	12	8,66±0,66	24	13,4±1,0	0,0074
> 20000	5	1,32±0,27	5	2,76±0,24	10	4,08±0,36	0,010
> 25000	3	0,51±0,16	3	1,01±0,09	6	1,52±0,18	0,0053
> 30000	2	0,23±0,05	2	0,37±0,04	4	0,60±0,06	0,0035
> 35000	0	0,08±0,04	2	0,15±0,01	2	0,23±0,04	0,023

Таблица 2

M , ГэВ	x	Н1		ЗЕВС		Н1+ЗЕВС		
		е-метод $0,25 < y < 0,9$ $\theta_e > 10^\circ$		2 α -метод $E_e > 20$ ГэВ ($P_{T,e} > 30$ ГэВ для $\theta_e < 17^\circ$)				
		Данные	Расчет	Данные	Расчет	Данные	Расчет	$P(N \geq N_{obs})$
> 175	> 0,339	11	6,3±1,6	15	11,9±0,70	26	18,2±1,7	0,062
> 190,1	> 0,4	7	3,09±0,86	10	6,03±0,39	17	9,12±0,94	0,016
> 200	> 0,443	4	1,42±0,63	6	3,55±0,24	10	4,97±0,67	0,037
> 212,6	> 0,5	0	0,81±0,26	4	1,75±0,13	4	2,56±0,29	0,026
> 222,9	> 0,55	0	0,47±0,17	4	0,91±0,08	4	1,38±0,19	0,054

Таблица 3

M , ГэВ	x	Н1		ЗЕВС		Н1+ЗЕВС		
		е-метод $0,4 < y < 0,9$ $\theta_e > 10^\circ$		2 α -метод $E_e > 20$ ГэВ ($P_{T,e} > 30$ ГэВ для $\theta_e < 17^\circ$)				
		Данные	Расчет	Данные	Расчет	Данные	Расчет	$P(N \geq N_{obs})$
> 175	> 0,339	7	2,35±0,38	5	4,15±0,30	12	6,50±0,48	0,036
> 190,1	> 0,4	6	1,06±0,24	4	2,09±0,17	10	3,15±0,29	0,0018
> 200	> 0,443	3	0,63±0,15	3	1,22±0,10	6	1,85±0,18	0,012
> 212,6	> 0,5	0	0,32±0,11	2	0,61±0,06	2	0,93±0,13	0,24
> 222,9	> 0,55	0	0,22±0,09	2	0,31±0,03	2	0,53±0,09	0,11

1997 г., в котором сеанс набора информации продлится с марта по октябрь. К осени можно ждать увеличения статистики и надеяться на прояснение ситуации.

То, что при $Q^2 < 15000$ ГэВ² экспериментальные данные хорошо совпадают с расчетами по стандартной модели, говорит о понимании всех эффективностей и источников фона. События в области высоких Q^2 нельзя объяснить при помощи стандартной модели. А вот за пределами стандартной модели есть несколько возможных объяснений для зарегистрированных событий. Они могут возникать как резонанс в позитрон-кварковой системе. На роль этих новых частиц претендуют лепто-кварки, лептоглоуоны и так называемые скварки, существование которых предсказывают суперсимметричные теории. Лептокварки — это гипотетические частицы, обладающие квантовыми числами как лептонов, так и кварков. Массы зарегистрированных событий имеют тенденцию группироваться вокруг массы 200 ГэВ, что еще более привлекает внимание к гипотезе лептокварка, который распадаясь, как раз дает энергичную струю адронов и позитрон.

19 февраля 1997 г. обе коллаборации представили свои результаты на семинаре физического центра DESY. Они опубликованы в препринтах DESY 97-024 и

97-025 (на которых и основана данная заметка) и отосланы в журнал "Zeitschrift für Physics".

Воспользуемся случаем, чтобы познакомить читателей с местом действия: DESY — центр физических фундаментальных исследований в области элементарных частиц и экспериментов, проводимых с использованием синхротронного излучения. Это государственный институт с бюджетом около 275 миллионов немецких марок (90 % поступает от федерального министерства науки и 10 % от города Гамбурга). Здесь трудятся три тысячи ученых из 280 университетов и исследовательских институтов 35 стран всего мира. 1300 исследуют микромир, а 1700 работают с синхротронным излучением.

ГЕРА — единственный во всем мире коллайдер, где пучки электронов или позитронов сталкиваются с протонами. В таких взаимодействиях можно изучать внутреннее устройство протона с точностью до масштаба в одну тысячную его размера. Встречные пучки в ускорителе ГЕРА циркулируют в разных направлениях и сводятся для взаимодействия в двух точках.

В сотрудничестве Н1 входит около 400 физиков из 12 стран: Бельгии, Чехии, Франции, Германии, Италии, Польши, России, Словакии, Швеции, Швейцарии, Великобритании и США. В группе ЗЕВС 430 участников из 12

стран: Канады, Германии, Израиля, Италии, Японии, Кореи, Нидерландов, Польши, России, Испании, Великобритании и США. Экспериментальные программы H1 и ZEUS начались в 1992 г., а в последние годы активно развивается программа экспериментов на неподвижной мишени: ГЕРМЕС работает с 1995 г. и использует поляризованный пучок протонов, чтобы исследовать спиновую структуру протона; эксперимент ГЕРА-Б должен начаться в 1998 г., и в его задачу входят поиски нарушения CP-инвариантности в распадах В-мезонов.

Длина ускорителя ГЕРА 6 километров 336 метров, его строили с 1984-го по 1990 гг. Первое взаимодействие встречных пучков было зарегистрировано в октябре 1991 г. В 1992 г. было набрано 50 обратных нанобарн

интегральной светимости (светимость — характеристика частоты столкновения частиц из пучков в ускорителе, произведение светимости на сечение процесса дает количество событий данного типа), в 1993 г. это число выросло до одного обратного пикобарна, в 1994 г. их было уже 6, в 1995 г. — 12,3, а в прошлом 1996 г. — 17,2, планы на 1997 г. — не менее 20 обратных пикобарн.

Новые экспериментальные данные должны прояснить ситуацию и убедить экспериментаторов в том, что они нащупали новые физические явления, а могут и разочаровать их или же принести новые сюрпризы. Поживем — увидим.

Observation of very-large- Q^2 anomalous events in ep collisions on the HERA collider

A.V. Semenov

*Institute of Theoretical and Experimental Physics,
ul. B. Cherenushkinskaya 25, 117259 Moscow, Russia
Tel. (7-095) 125-92 90*

Anomalous events with very high momentum transfer values are observed on the proton-electron collider HERA at DESY, which is not accounted for within the standard model of elementary particles.

PACS numbers: 12.60.-i, 13.90.+i, 29.90.+r

Received 24 March 1997