

# Кентавр события

Серафим Серюбин

November 2022

## 1 Введение

Многолетние измерения процессов, происходящих с космическими частицами в атмосфере Земли, выполненные различными экспериментальными методиками, привели к обнаружению ряда экзотических явлений, не укладывающихся в современное представление о взаимодействиях при высоких и сверхвысоких энергиях. Одним из первых экзотических явлений, наблюдаемым в 80-х годах прошлого века, было событие, зарегистрированное установкой калориметрического типа. Событие, которое было зарегистрировано японскими физиками имело множество труднообъяснимых явлений. Это событие было названо «Кентавром».

«Кентавр» - это особый тип ядерного взаимодействия, при котором, как предполагается, образуется около ста барионов (и, возможно, включая антибарионы) без какого-либо значительного излучения мезонов. Кроме этого существует аналогичный тип событий с большой множественностью барионов (10-20), который называется «Мини-Кентавр».

in progress...

## 2 Экспериментальные установки

### 2.1 Идентификация широких атмосферных ливней

В широком атмосферном ливне присутствуют электромагнитная, мюонная и адронная компоненты. Электромагнитная компонента ливня является наибольшей по числу частиц и превышает все остальные примерно на два порядка. Следовательно, обычные гейгеровские, сцинтилляционные или водные черенковские детекторы, расположенные на поверхности, регистрируют в основном эту компоненту. Большая часть установок, созданных для изучения ШАЛ, измеряет прежде всего электромагнитную компоненту.

Многие из перечисленных установок также регистрируют мюонную компоненту. Для отбора мюонных событий используются детекторы, защищенные достаточной для поглощения электронов и гамма-квантов толщиной вещества. В основном это либо подземные детекторы, либо детекторы под толстым слоем поглотителя (например, железа), либо водные черенковские детекторы большого объема.

Значительно хуже дело обстоит с адронной компонентой. Для её изучения применялись рентгеновские пленки и ядерные эмульсии в экспериментах на Чакалтайе и Памире, ионизационные калориметры, нейтронные мониторы. Основной проблемой при изучении адронной компоненты является сложность и дороговизна используемых детекторов, и как следствие их малочисленность по сравнению с обычными ливневыми детекторами. Большая часть установок, регистрирующих ШАЛ, вообще не имеет адронных детекторов. А в тех установках, где такие детекторы есть, их площадь несопоставима с размерами изучаемых ливней и площадью детекторов электромагнитной компоненты (не больше нескольких сотен квадратных метров).

in progress...

## 2.2 Обсерватория Чакалтайя

Конструкция экспериментальной установки представляет собою гетерогенный калориметр из пластин ядерной фотоэмульсии и свинцовых поглотителей. Гамма-излучение или электрон, либо попадающий в калориметр снаружи, либо генерируемый внутри самой камеры, создает электрон-фотон-позитронный ливень. Наложённые друг на друга фотоэмульсионные пластины записывают треки электромагнитного каскада.

Структура всего детектора в Чакалтайе состояла из четырех частей:

- верхний детектор;
- слой поглотителя;
- воздушный зазор;
- нижний детектор

Детектор, который сообщил об экзотическом сигнале, не был сконструирован для охоты на Кентавра. Первоначально детектор был разработан для изучения множественного образования пионов, образующихся при взаимодействии адронов космических лучей с углеродом. Это определило конкретный тип детектора.

Целью было исследовать ядерные взаимодействия, возникающие в слое поглотителя, толщина которого соответствует  $1/3$  средней длины свободного пробега для ядерных взаимодействий. Адронная струя в эксперименте обозначалась как «C-jet» (C-струя), поскольку основной состав материала поглотителя в экспериментах подобного типа был углерод.

Идея создания этой двухуровневой камеры исходит из следующих трех соображений. Во-первых, верхний детектор работает здесь как экран от атмосферных гамма-лучей и электронов, попадающих в поглотитель и нижний детектор. Во-вторых, целевой слой изготовлен из материала с низким  $Z$ , так что он почти прозрачен для гамма-лучей, испускаемых C-струей. И, в-третьих, воздушный зазор обеспечивает достаточное разделение гамма-лучей от C-струей.

## 3 События типа «Кентавр»

### 3.1 Феноменология события

Кентавр - это особый тип ядерного взаимодействия, при котором образуется около ста барионов без какого-либо значительного излучения мезонов.

Событие было обнаружено первым во время сканирования рентгеновской пленки для нижней камеры для исследования C-струй. На рентгеновской пленке была видна группа из нескольких десятков пятен ливня, сгруппированных в узкой области диаметром 1 см, с общей видимой энергией значительно более  $\sim 100$  ТэВ.

in progress...

### 3.2 Кинематика Кентавр события

События Кентавра наблюдались в экспериментах с космическими лучами в области малых быстрот и предположительно, распределение продольного импульса файерболла подчиняется тому же закону масштабной инвариантности, описываемому эмпирической формулой, установленной при более низких энергиях для больших  $x_F$ :

$$\frac{dN}{dx_F} \sim (1 - x_F)^n$$

Распределение по поперечному импульсу в области фрагментации может быть представлено эмпирической зависимостью:

$$\frac{dN}{dp_T^2} \sim \exp(-p_T^2/p_{T0}^2)$$

in progress...

## 4 Физические модели Кентавр события

### 4.1 Кварк-глюонная плазма

Экспериментально наблюдаемые характеристики, такие как множественность, поперечные импульсы, энергетические спектры и распределения по псевдобыстроте вторичных частиц, вдохновили модель файерболла, посредством которой были получены оценки термодинамических параметров.

На первом этапе эволюции, после столкновения - кварк-глюонная плазма, называемая первичным файерболлом содержит  $u$ - и  $d$ -кварки и глюоны. Высокий бариохимический потенциал препятствует фрагментации глюонов на пары  $u\bar{u}$  и  $d\bar{d}$ . Поэтому глюоны фрагментируются на пары  $s\bar{s}$  и достигается состояние частичного химического равновесия.

В течение этого времени  $s$ -кварки соединяются с  $u$ - и  $d$ -кварками, и некоторое количество  $K^+$  и  $K^0$  испускается из первичного огненного шара, уменьшая температуру и энтропию. В конце этой стадии файерболл превратится в шар кварк-глюонной плазмы с большой странностью и большим временем жизни  $\tau \sim 10^{-9}$  сек). В случае космических лучей этого достаточно, для того чтобы преодолеть атмосферу и достичь вершин гор. В то же время механизм образования странных частиц может привести к тому, что содержание странных кварков в шаровой молнии будет накапливаться и наконец, распадется на нестранные барионы и легкие частицы странной кварковой материи - стрейнджлеты.

in progress...

### 4.2 Теоретические модели образования КГП в событии

### 4.3 Монте-Карло моделирование Кентавр события

## 5 Заключение

## Список используемой литературы

- [1] A.D. Panagiotou et al., Z. Phys. A333 (1989), 355.
- [2] A.D. Panagiotou et al., Phys. Rev. D45 (1992) 3134.
- [3] M.N. Asprouli, A.D. Panagiotou and E. G ladysz-Dziadu ´s, Astropart. Phys. 2 (1994) 167.
- [4] C.M.G. Lattes, Y. Fujimoto and S. Hasegawa, Phys. Rep. 65 (1980) 151
- [5] Chacaltaya and Pamir Collaboration, Contributions to 23rd ICRC (Calgary, 19–30 July, 1993), ICRR-Report-295-93-7 (1993)
- [6] ALICE Technical Proposal, CERN/LHCC/95-71
- [7] Physical Review. D, Particles Fields; ISSN 0556-2821; Worldcat; v. 23(3); p. 771-776
- [8] O.P. Theodoratou and A.D. Panagiotou, Astropart. Phys. 13 (2000) 173
- [9] M. Martinis, Phys.Rev.D51:2482-2485,1995
- [10] Kopenkin, V.; Fujimoto, Y. (2006). "Exotic models are no longer required to explain the Centauro events". Phys. Rev. D. 73 (8): 082001.