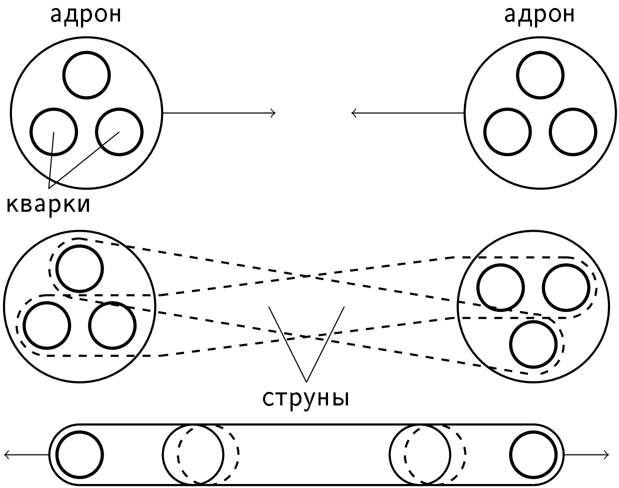
Фрагментация цветной струны и ближние быстротные корреляции во взаимодействиях адронов высоких энергий

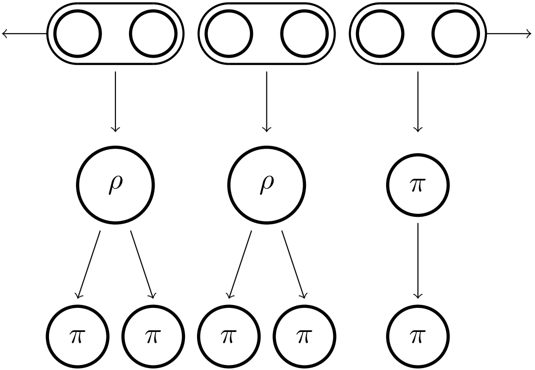
Автор: Кравцов Павел Сергеевич
Научный руководитель: д.ф.-м.н., профессор Вечернин Владимир Викторович
Рецензент: к. ф.-м. н., доцент Мацкевич Елена Евгеньевна

Санкт-Петербургский государственный университет
Кафедра физики высоких энергий и элементарных частиц

Феноменология адронных струн



Фрагментация струны



доля ρ $\approx 70\%$

доля π $\approx 90\%$

Импульс мезона

При исследовании взаимодействий адронов при сверхвысоких энергиях используются специальные координаты $(p_\perp, \varphi, y)$:

$$\begin{array}{lcl} p_x & & p_\perp = \sqrt{p_x^2 + p_y^2} \\ & \rightarrow & \\ p_y & & \varphi : \quad cos\varphi = p_x/p_\perp, \; sin\varphi = p_y/p_\perp \\ p_z & \rightarrow & \left[\begin{array}{l} y = \frac{1}{2} ln\frac{E+p_z}{E-p_z} \\ \eta = ln\left(tg\frac{\theta}{2}\right) \end{array}\right. \end{array}$$

Одночастичные распределения и корреляции

Одночастичные распределения:

- $\rho_\varphi(\varphi)$ - равномерное
- $\rho_y(y)$, $\rho_\eta(\eta)$ - приблизительно равномерные
- $\rho_{p_\perp}(p_\perp)$ - затухающее экспоненциальное

Двухчастичные распределения:

- $\rho(\varphi_1, \varphi_2, y_1, y_2)$
- $\rho(\Delta\varphi, \Delta y), \rho(\Delta\varphi, \Delta\eta)$

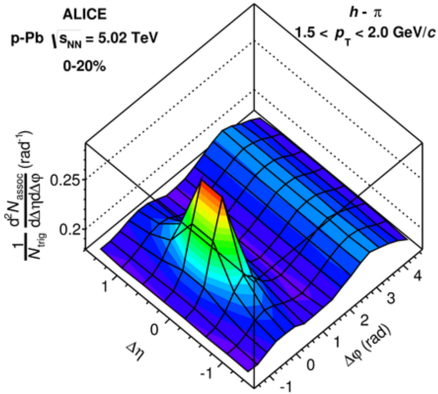


Рис.: Экспериментальное распределение числа частиц по $(\Delta\eta, \Delta\varphi)$

Цели

Глобальная цель: Построить простую модель на основе струнной феноменологии для объяснения поведения $(\Delta\varphi, \Delta y)$ - корреляций. Найти аналитический вид зависимости $\rho(\Delta\varphi, \Delta y)$.

Цель данной работы: Построить модель объясняющую передний пик в распределении $\rho(\Delta\varphi, \Delta y)$ и найти формулу для него.

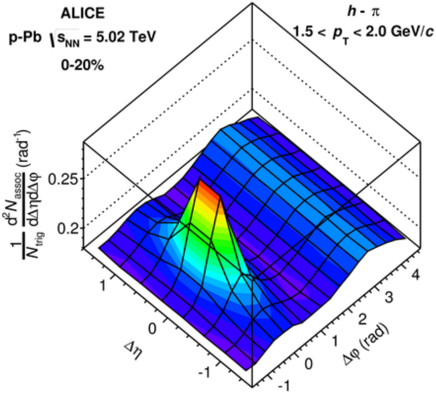


Рис.: Экспериментальное распределение числа частиц по $(\Delta\eta, \Delta\varphi)$

Формализация задачи

$\vec{R}, M$ - импульс и масса ρ-мезона,
$\vec{p}_1, \vec{p}_2$ - импульсы π-мезонов,
m - масса π-мезонов

$$\vec{R} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

$$\vec{p}_1, \vec{p}_2 \to \vec{k}, -\vec{k}$$

$$\begin{cases} tg\ \varphi_1 = \frac{p_{1y}}{p_{1x}} = \frac{k_y}{R/2 + k_x\sqrt{1+R^2/M^2}} \\ tg\ \varphi_2 = \frac{p_{2y}}{p_{2x}} = -\frac{k_y}{R/2 - k_x\sqrt{1+R^2/M^2}} \\ y_1 = \frac{1}{2} ln\frac{E_1+p_{1z}}{E_1-p_{1z}} = \frac{1}{2} ln\frac{E_1+k_z}{E_1-k_z} \\ y_2 = \frac{1}{2} ln\frac{E_2+p_{2z}}{E_2-p_{2z}} = \frac{1}{2} ln\frac{E_2-k_z}{E_2+k_z} \end{cases}$$

$$tg\Delta\varphi = \frac{\pm R\sqrt{k^2 - k_x^2 - k_z^2}}{R^2/4 - k^2 - k_x^2 R^2/M^2 + k_z^2}$$

$$\Delta y = \frac{1}{2} ln\frac{(R^2+M^2)/4 - k_x^2 R^2/M^2 + k_z^2 + k_z\sqrt{R^2+M^2}}{(R^2+M^2)/4 - k_x^2 R^2/M^2 + k_z^2 - k_z\sqrt{R^2+M^2}}$$

Распределение $\rho(\Delta\varphi, \Delta y)$

$$\rho(\Delta\varphi, \Delta y) = \frac{D\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)}{D\left(k_x, k_z\right)}\rho(k_x, k_z) \propto \frac{D\left(k_x, k_z\right)}{D\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)}\frac{1}{\sqrt{k_x^2 + k_z^2}}$$

$$k_x, k_z \to x, k_z \to x, Y \to \Phi, Y \to \Delta\varphi, \Delta y$$

$$x = k_x^2 R^2/M^2 + k^2 - k_z^2 - R^2/4$$

$$Y = \frac{k^2 + M^2/4 - x + k_z\sqrt{R^2 + M^2}}{k^2 + M^2/4 - x - k_z\sqrt{R^2 + M^2}}$$

$$\Phi = \frac{1}{x}\sqrt{(R^2 + M^2)k^2 - u^2(k^2 + M^2/4 - x)^2 - M^2 x - M^2 R^2/4}$$

$$\Delta\varphi = arctg\Phi, \Delta y = \frac{1}{2}lnY$$

Распределение $\rho(\Delta\varphi, \Delta y)$

$$\rho(\Delta\varphi, \Delta y) = \frac{D\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)}{D\left(k_x, k_z\right)}\rho(k_x, k_z) \propto \frac{D\left(k_x, k_z\right)}{D\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)} \frac{1}{\sqrt{k_x^2 + k_z^2}}$$

$$k_x, k_z \to x, k_z \to x, Y \to \Phi, Y \to \Delta\varphi, \Delta y$$

$$\frac{D\left(k_x, k_z\right)}{D\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)} = \frac{D\left(k_x, k_z\right)}{D\left(x, k_z\right)} \frac{D\left(x, k_z\right)}{D\left(x, Y\right)} \frac{D\left(x, Y\right)}{D\left(\Phi, Y\right)} \frac{D\left(\Phi, Y\right)}{D\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)}$$
$$= \frac{\partial k_x\left(x, k_z\right)}{\partial x} \cdot \frac{\partial k_z\left(x, Y\right)}{\partial Y} \cdot \frac{\partial x\left(\Phi, Y\right)}{\partial \Phi} \cdot \frac{\partial \Phi\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)}{\partial \Delta\varphi} \cdot \frac{\partial Y\left(\Delta\varphi, \Delta y\right)}{\partial \Delta y}$$

Результат вычислений

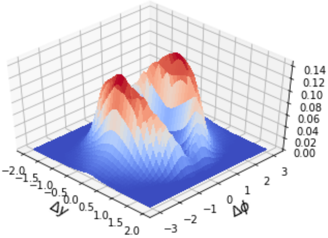


Рис.: Распределение числа частиц $\rho(\Delta y, \Delta\varphi)$ для $R = 1 GeV$

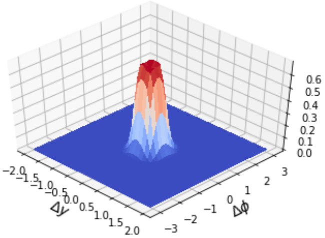
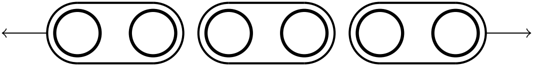


Рис.: Распределение числа частиц $\rho(\Delta y, \Delta\varphi)$ для $R = 5 GeV$

Задний ридж



Разность быстрот между соседними фрагментами:

$$\Delta y \approx \pm 1$$

Распределение по $\Delta\varphi$:

$$\rho_{\Delta\varphi}(\Delta\varphi) =$$

$$= \frac{3}{8\pi} \frac{\sqrt{1-\gamma^2} - \gamma \, arccos\gamma}{(1-\gamma^2)^{3/2}},$$

где $\gamma = \frac{cos\Delta\varphi}{2}$.

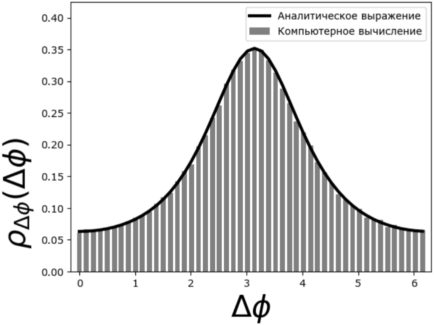
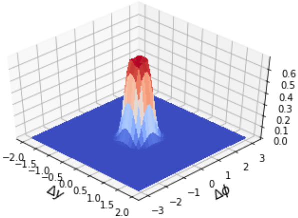
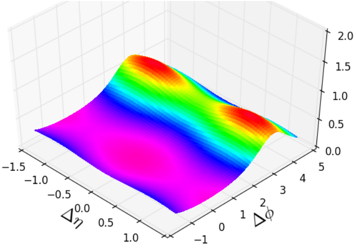


Рис.: Распределение числа частиц $\rho_{\Delta\varphi}(\Delta\varphi)$ для сечения $\Delta y = \pm 1$

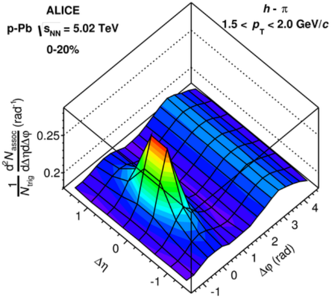
Схема объединения распределений



+



≈



Результаты

- Была построена модель объясняющая образование переднего пика посредством влияния распада ρ-резонансов. Модель может использоваться как составная часть более сложных моделей.
- Для $\rho(\Delta y, \Delta\varphi)$ удалось найти аналитическую формулу. Она может быть использованна для аппроксимации экспериментальных данных, нахождения параметров столкновения и их погрешностей.