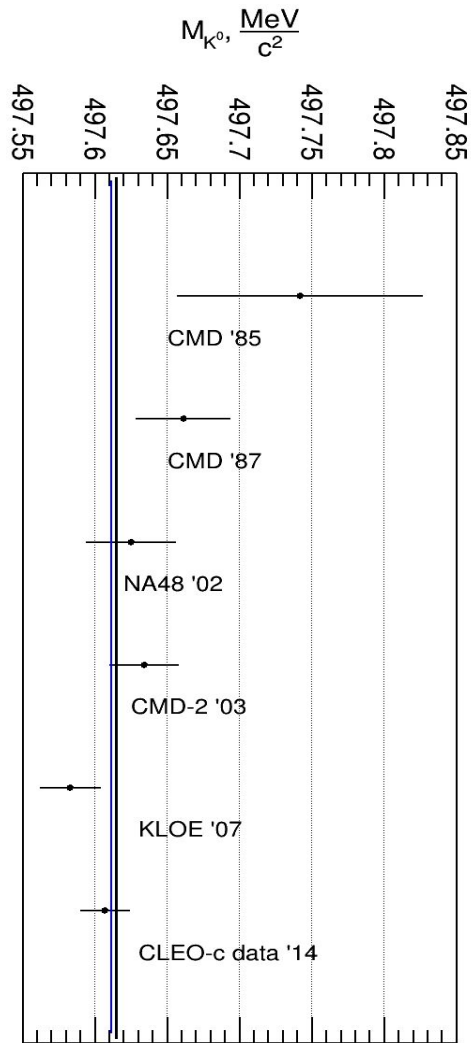


Измерение массы нейтрального каона

Даниил Иванов для семинара КМД-3 _09.22
Научный руководитель: Евгений Петрович Солодов

План презентации

1. Мотивировка
2. Методы измерения массы нейтрального каона
3. Критерии отбора событий
4. Систематические эффекты и их учёт
5. Чего добились?
6. Что дальше?

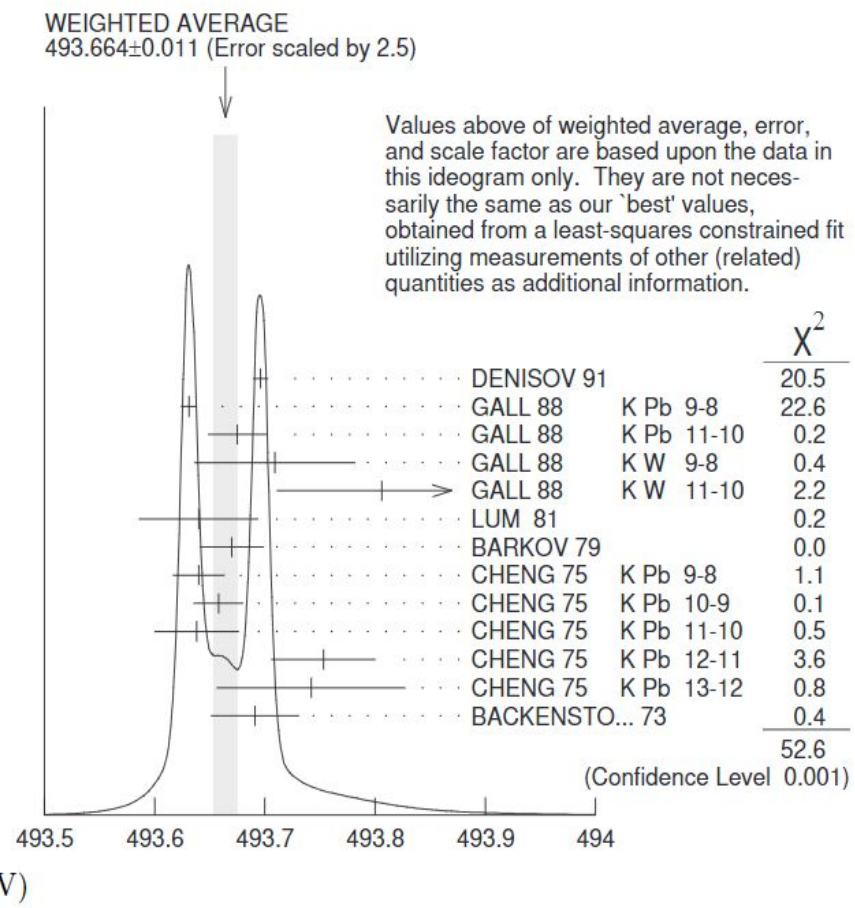


Мотивировка

Предыдущие результаты измерения массы K^0

Value (MeV)	Events	Document ID	Experiment
497.607 ±0.007±0.015	261k	Tomoradze	KLOE
497.583 ±0.005±0.020	35k	Ambrosino	KLOE
497.625 ±0.001±0.031	655k	Lai	NA48
497.661±0.033	3713	Barkov	CMD
497.742±0.085	780	Barkov	CMD
497.611±0.013	PDG Fit (Error includes scale factor of 1.2)		
497.634±0.024	49k	Зайцев	CMD-2
497.615±0.010	NewFit (scale factor = 1.22)		

Предыдущие результаты измерения массы K^\pm



Общая проблема: большой scale factor

$$S = \sqrt{\frac{\chi^2}{ndf}}.$$

Для нейтрального каона $S = 1.2$, для заряженного – $S = 2.8$

В качестве источника каонов использовался процесс:

$$e^+e^- \rightarrow \phi(1020) \rightarrow K_S^0 K_L^0, K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-$$

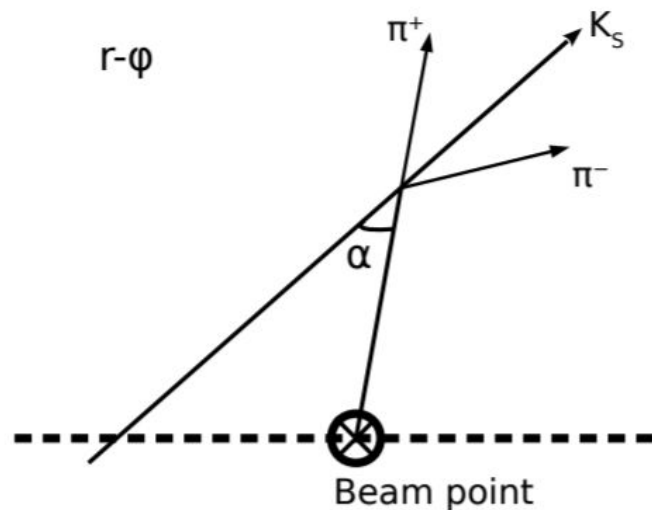
В сезоне PHI/OMEGA 2018 вблизи пика ϕ -мезонного резонанса набрано ~ 10 пб $^{-1}$. По сравнению с прошлым анализом, проведённым в стенах ИЯФ (КМД-2), улучшилось:

- в ~ 3 раза угловое разрешение,
- Появилась система непрерывного контроля энергии,
- ~ 25 раз больше статистики (10 пб $^{-1}$ против 355 нб $^{-1}$)

Методы измерения массы нейтрального каона

Метод предельного угла:

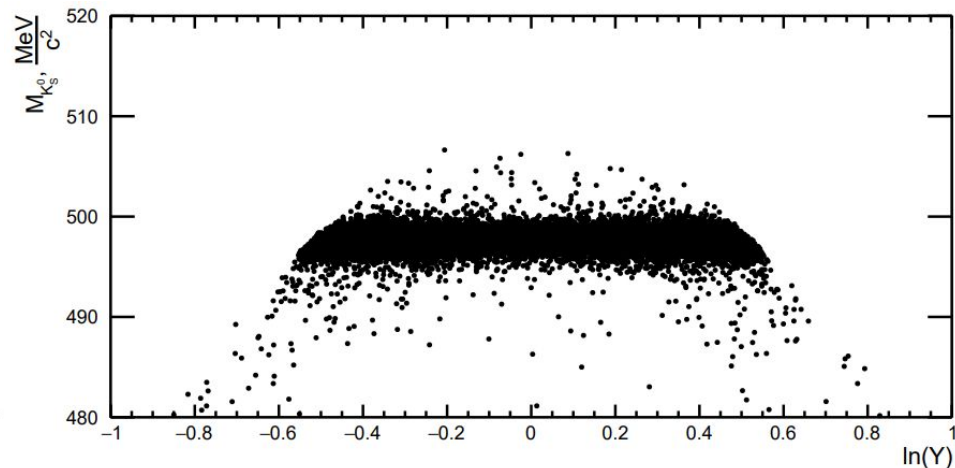
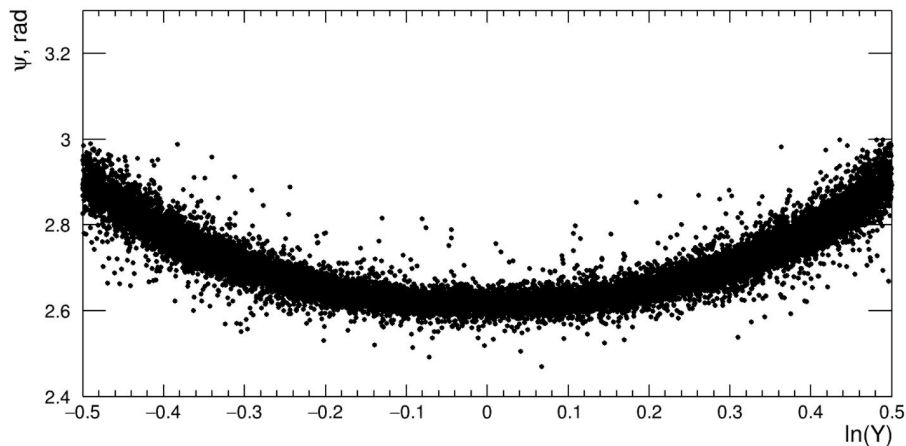
$$M_{K_S^0} = E_{K_S^0} \sqrt{1 - \beta_m^2 \cos\left(\frac{\psi_c}{2}\right)} \quad \beta_m^2 = 1 - \frac{M_\pi^2}{E_{K_S^0}^2}.$$



Метод полной реконструкции:

$$M_{K_S^0} = E_{K_S^0} \sqrt{1 - \frac{1}{\eta^2} (1 + \sqrt{1 - \eta^2 \cos(\psi)}) (1 - \sqrt{1 - \eta^2 \beta_m^2})}$$

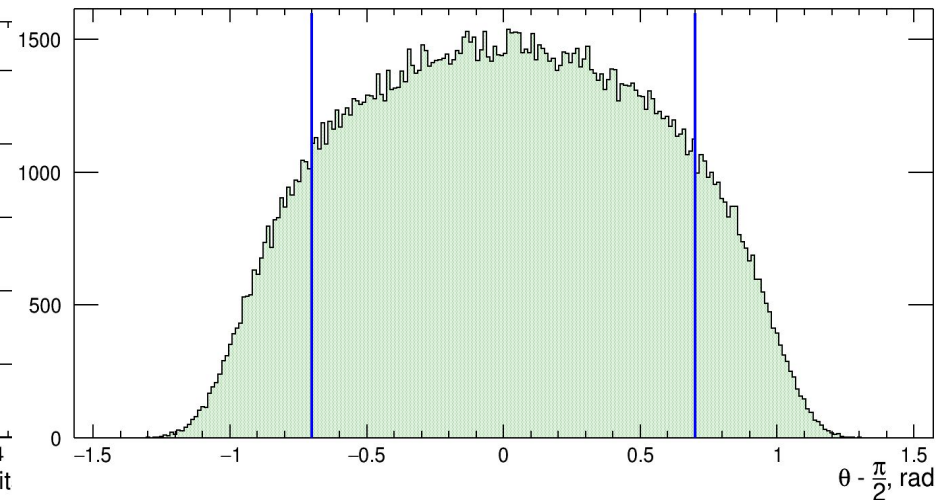
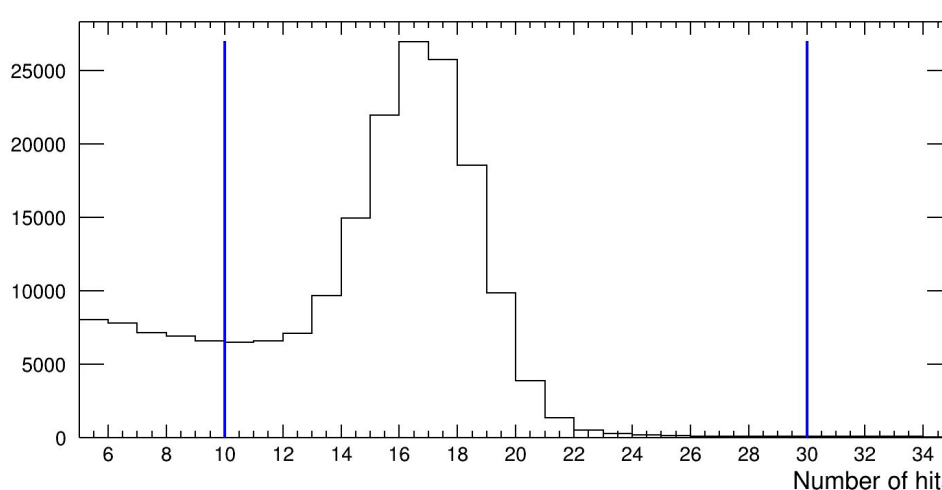
$$\eta^2 = \frac{1-Y^2}{1+Y^2}, Y = \frac{|\vec{p}_{\pi^+}|}{|\vec{p}_{\pi^-}|}$$



Критерии отбора событий

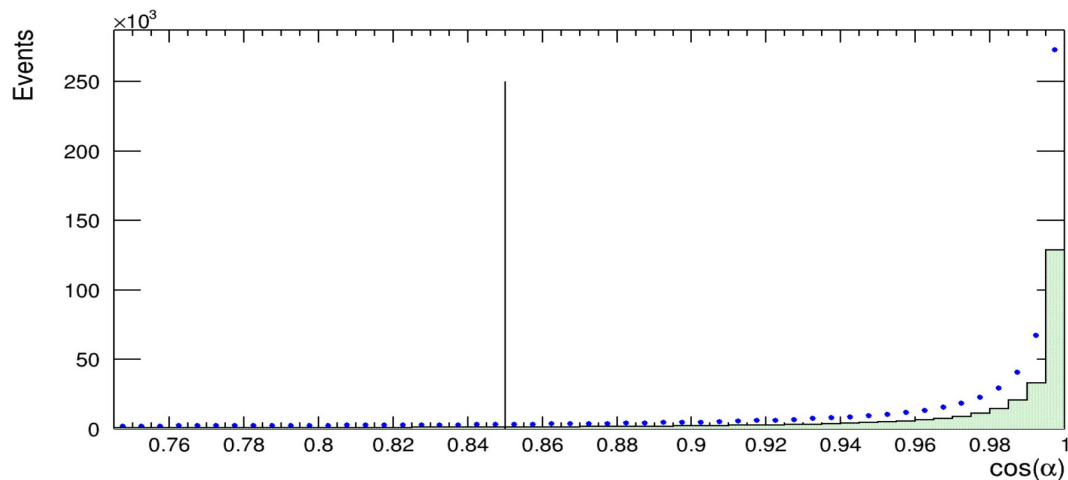
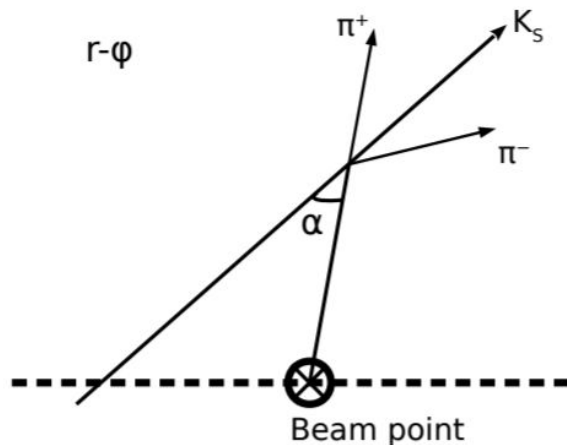
Отбор “хороших” треков:

1. Координата вдоль пучка: $|z| < 12$ см,
2. Качество реконструкции трека по r-φ и по z: $\chi^2_{r-\phi} < 15$, $\chi^2_z < 10$
3. Количество сработанных проволочек: $10 < n_{\text{hit}} < 30$
4. Полярный угол трека $|\theta - \frac{\pi}{2}| < 0.7$

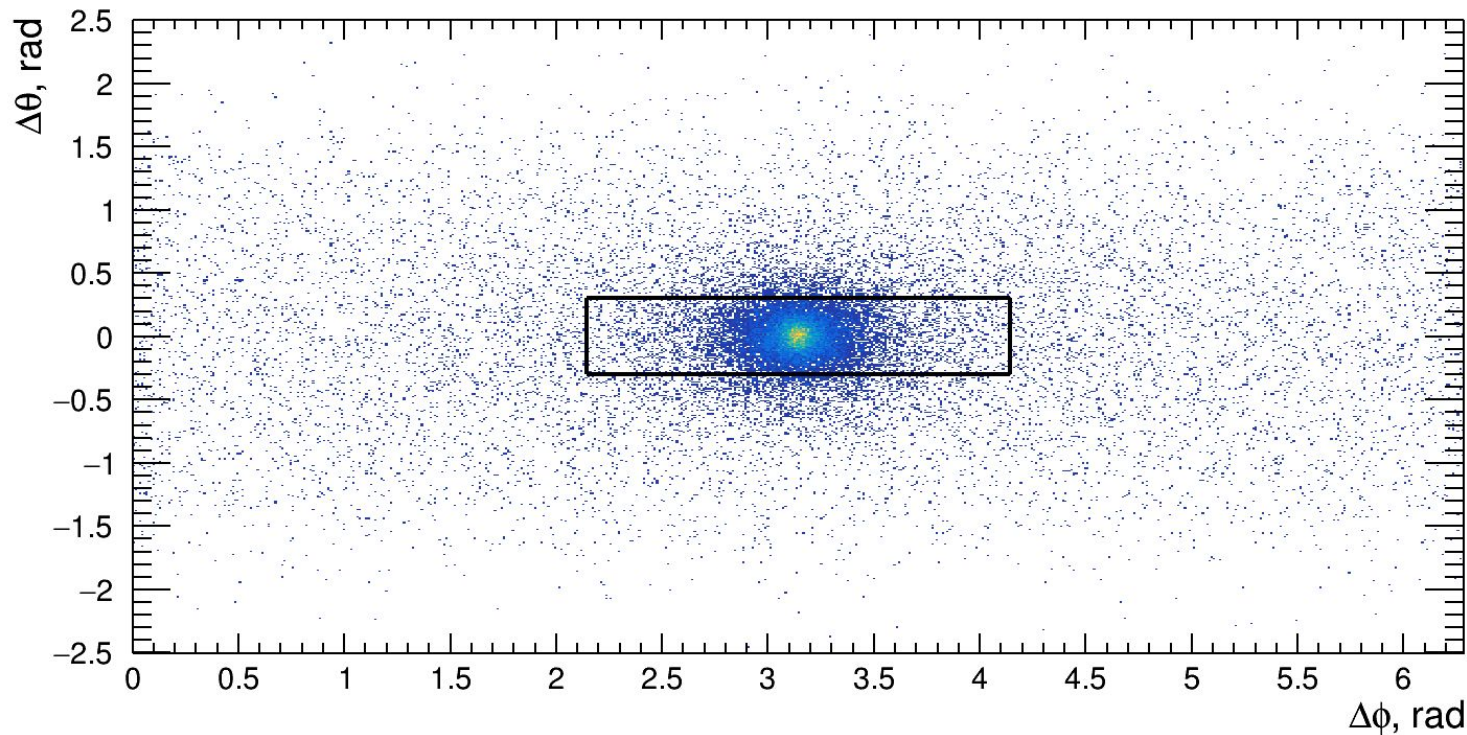


Если в событии нашлось два “хороших” трека, то к этим трекам применялись следующие отборы, которые определяли кандидаты в K_S^0

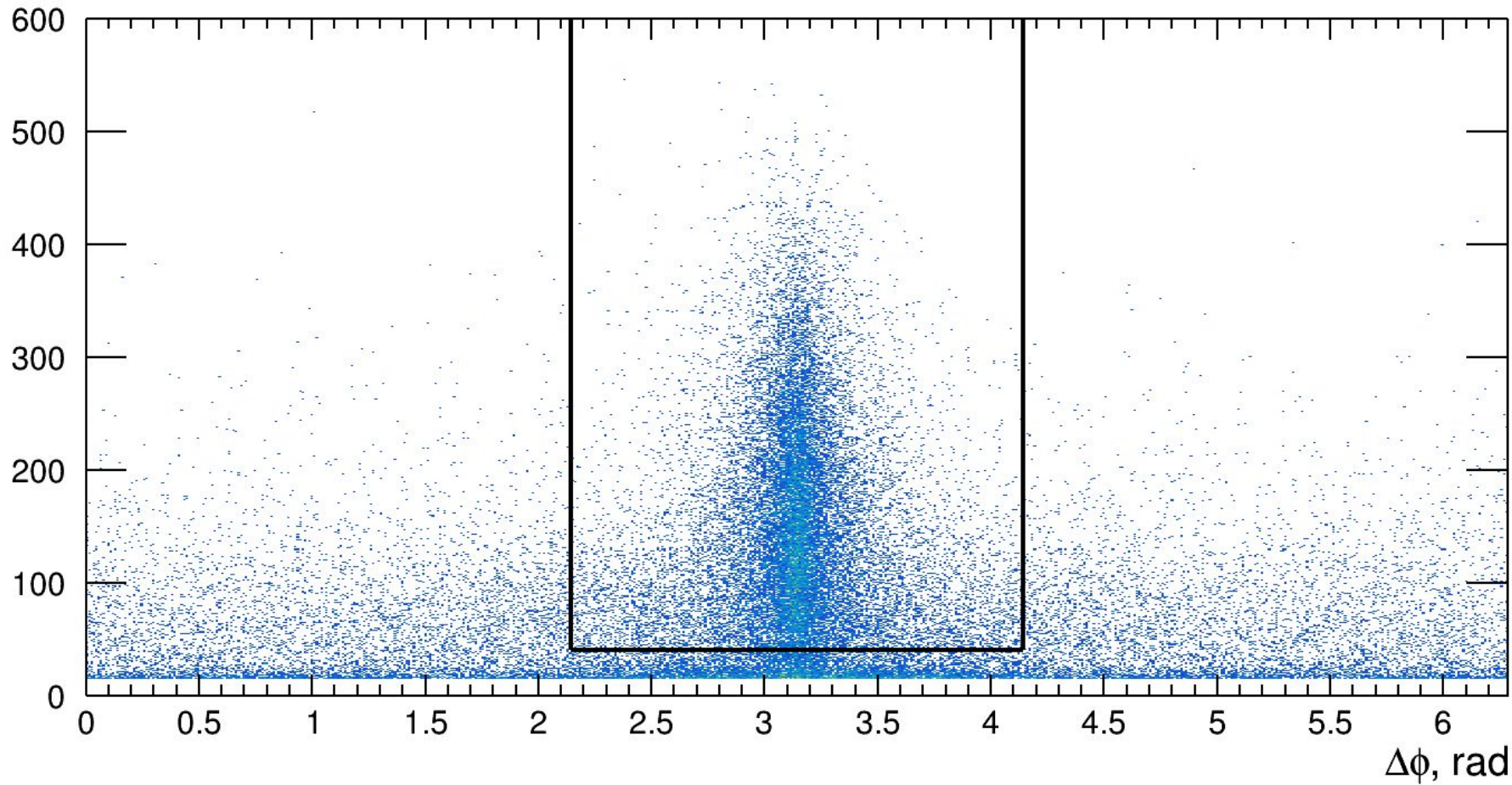
1. Неколлинеарность треков,
2. Противоположные заряды,
3. Косинус угла между радиус-вектором, соединяющим место встречи пучков с вершиной распада K_S^0 в r-φ плоскости: $\cos(\alpha) > 0.85$
4. Средние потери двух треков на ионизацию в DC $\frac{dE_{avg}}{dx} < 5000$

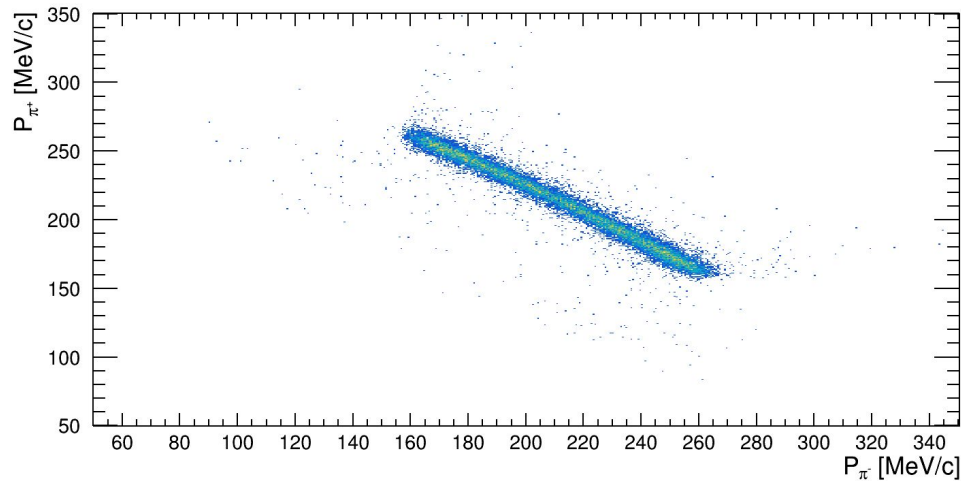


Сигнальными событиями считаются те, в которых был найден кандидат в K_S^0 и есть непривязанный кластер с энерговывделением > 40 MeV такой, что углы между импульсом кандидата в K_S^0 и направлением на кластер из точки рождения:
 $|\Delta\phi - \pi| < 1, |\Delta\theta| < 0.3$.



Cluster Energy, MeV

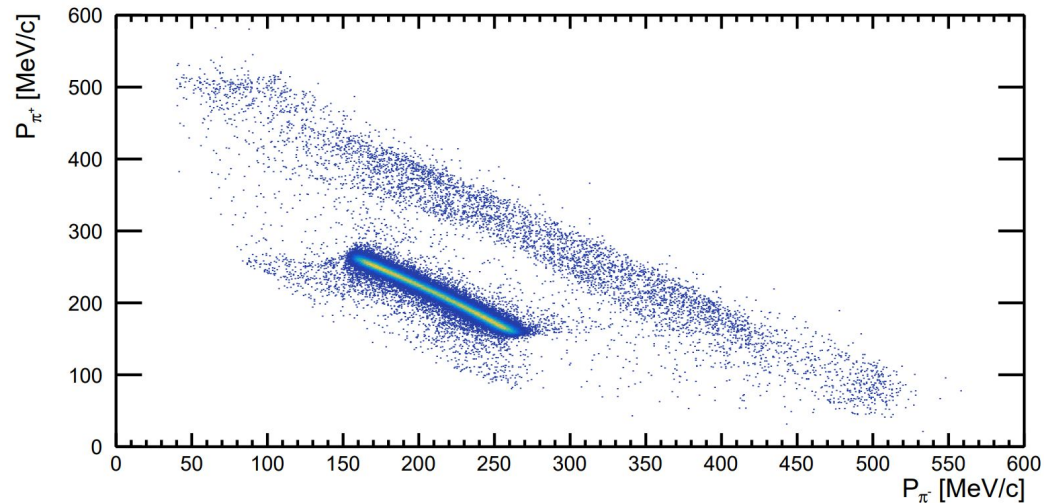




Моделирование $E_{\text{beam}} = 509$ MeV

$$\epsilon_{MC} \cong 13\%$$

Эксперимент $E_{\text{beam}} = 509.5$ MeV
Отобрано $\sim 200\text{k}$ событий



Систематические эффекты и их учёт

Угловое разрешение

Так как $\langle M(\psi) \rangle \neq M(\langle \psi \rangle)$ при усреднении нужно учитывать сдвиг среднего, который можно вычислить следующим образом:

$$\Delta_{NC}M = -M(\langle \psi \rangle) + \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\psi^2}} \int d\psi M(\psi) \exp\left[-\frac{(\psi - \langle \psi \rangle)^2}{2\sigma_\psi^2}\right]$$

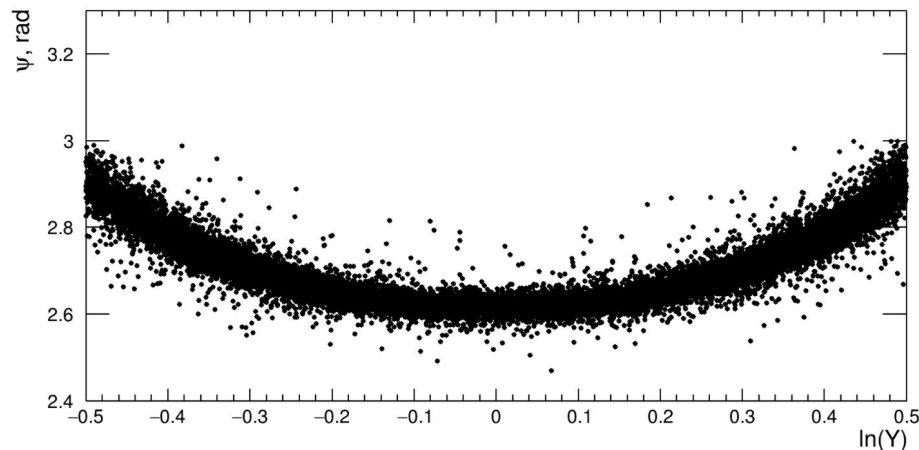
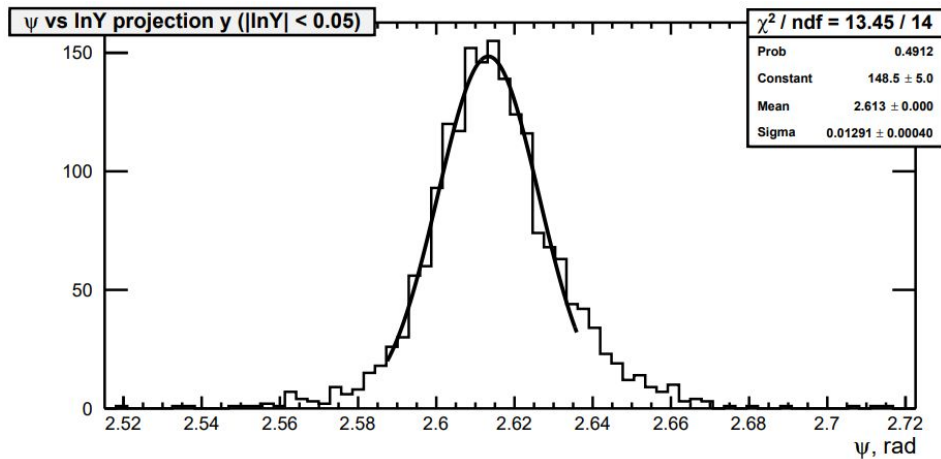
$$\Delta_{NC}M = \langle M_{K_S^0} \rangle - M_{K_S^0} \approx \frac{\sigma_\psi^2}{2} \frac{\partial^2 M}{\partial \psi^2} M_{K_S^0} + \mathcal{O}(\sigma_\psi^3)$$

$$\sigma_{\Delta M}^{NC} = \sigma_\psi^{(err)} \sigma_\psi \left| \frac{\partial^2}{\partial \psi^2} M_{K_S^0} \right|$$

Так как по краям распределение расширяется, решено использовать переменное разрешение $\sigma_\psi = \sigma_\psi(\ln Y)$

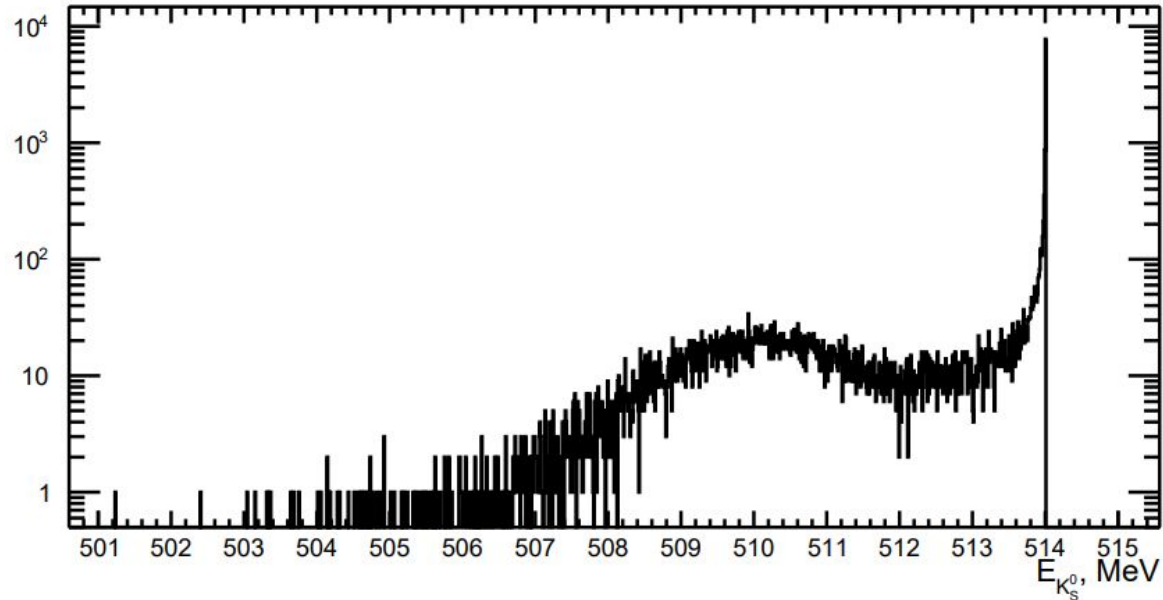
Разрешение меняется от 13 мрад ($|\ln Y| < 0.05$) до 31 мрад ($0.35 < |\ln Y| < 0.4$).
Для КМД-2 от 40 мрад до 60 мрад соответственно.

$$\Delta_{NC} M = 7.06 \pm 0.26 \div 37.62 \pm 0.54 \frac{keV}{c^2}$$



ISR

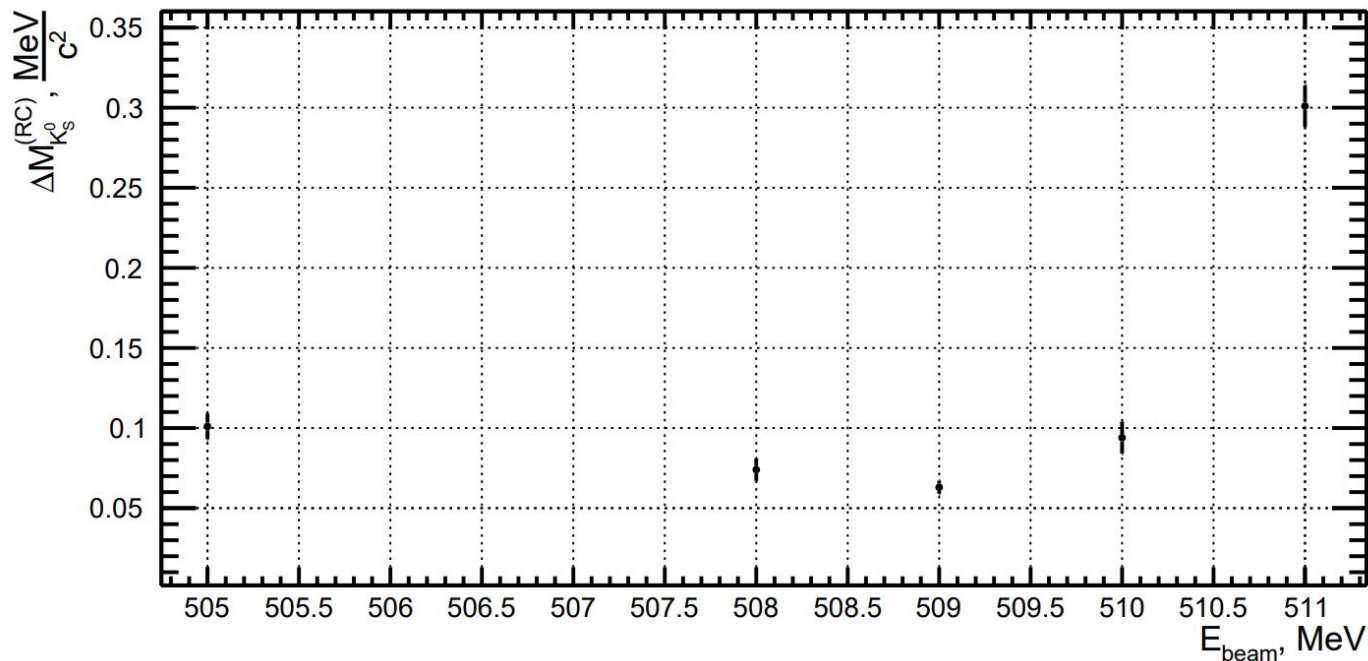
Чтобы учесть отличие истинной энергии каона от энергии пучка, связанное с ISR, в качестве энергии каона бралось среднее по спектру каона с учётом ISR (построен по генераторным данным о фотонах).



Энергетический спектр
каона для точки $E = 514$
MeV (моделирование)

Для каждой используемой точки по энергии посчитана радпоправка, которая будет применена при обработке экспериментальных данных.

$$\Delta_{RC} M = -(0.063 \pm 0.004 \div 1.462 \pm 0.017) \frac{\text{MeV}}{c^2}$$



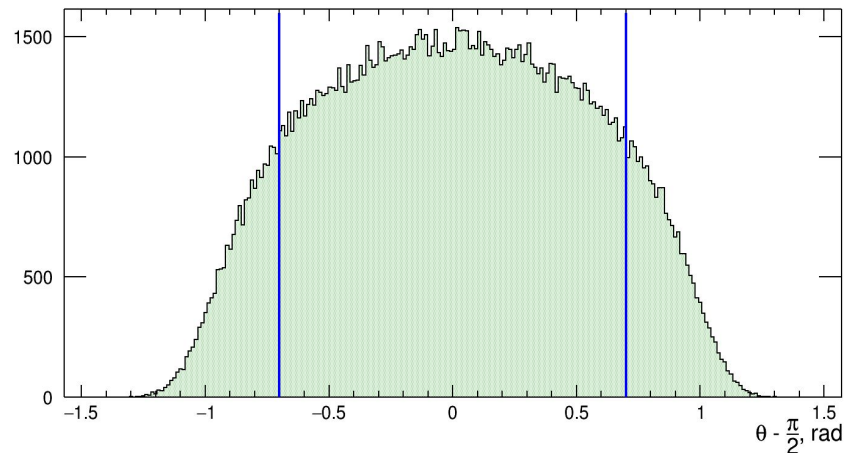
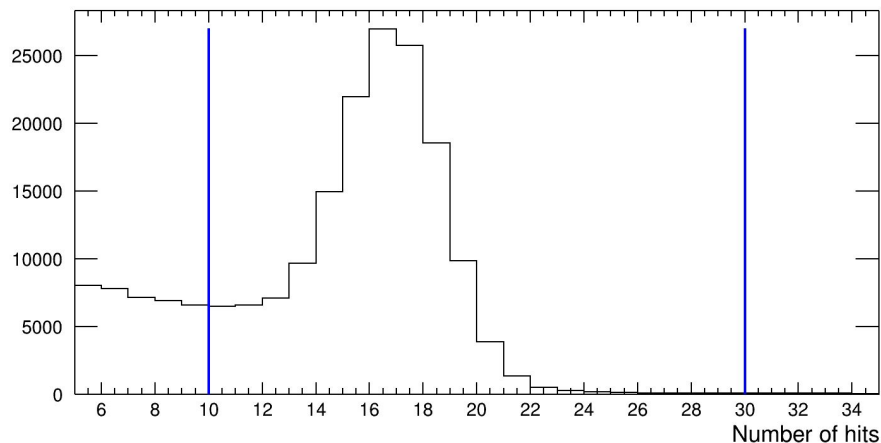
Влияние отборов

Основной вклад в ошибку дают каты на количество хитов и отбор по углу треков.

Разрешение по этим отборам $\sigma_{nhit} = 2$, $\sigma_{\theta_{tr}} = 0.021 \text{ rad}$

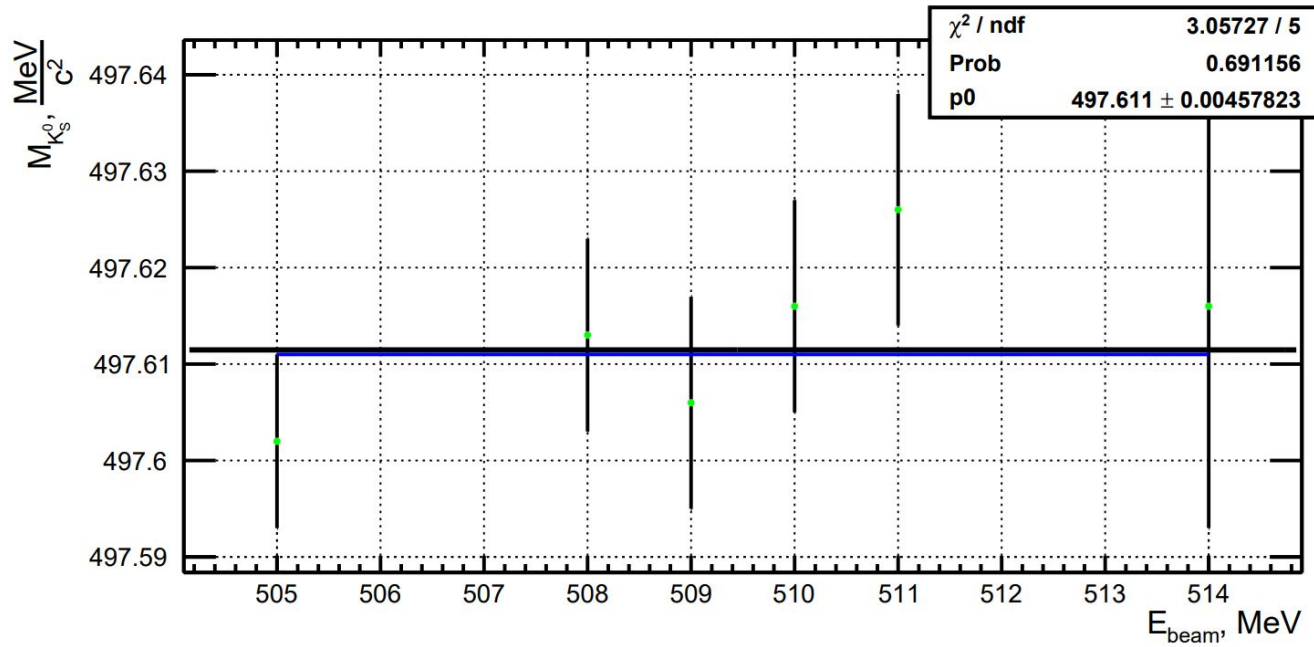
$$\sigma_{M_{K_S^0}}^{nhit} = 0.003 \text{ MeV}, \quad \sigma_{M_{K_S^0}}^{\theta_{tr}} = 0.007 \text{ MeV}.$$

Остальные отборы дают вклад менее 0.5 keV



Чего добились?

1. Отработана методика измерения $M_{K_S^0}$
2. Посчитана радпоправка связанная с ISR
3. Отработана методика учёта основных поправок
4. Исследованы систематические ошибки связанные с катами



Было получено по МС (чёрная линия).

$$M_{K_S^0} = 497.611 \pm 0.005 \pm 0.008 \frac{\text{MeV}}{c^2}$$

$$M_{K_S^0}^{(MC)} = 497.611 \frac{\text{MeV}}{c^2} \quad \text{Заложено в моделировании (синия линия).}$$

Что дальше?

1. Учёт фоновых процессов
2. Учёт разброса энергии в пучке
3. Исследование влияния полей на реконструкцию углов и импульсов треков
4. Обработка экспериментальных данных за сезон PHI/OMEGA 2018

backup

