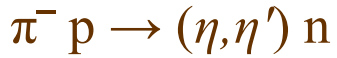


# Некогерентные вклады в реакциях перезарядки и $\eta$ - $\eta'$ смешивание

*М. Л. Некрасов*

Семинар ОТФ, ИФВЭ  
6 декабря 2016

- ★ Введение (экспериментальная ситуация,  
анализ в партонной модели)
- ★ Построение модели, сечения
- ★ Фит данных ЦЕРН (1977-81) и ГАМС-4 $\pi$  (2013)
- ★ Сравнение результатов при разных энергиях,  
решение при промежуточных энергиях
- ★ Выводы



ИФВЭ (NICE, GAMS-4 $\pi$ ), Argonne, FERMILAB, CERN ...

как часть программы исследований нейтральных мезонов,  
поиск экзотики, исследование сильных взаимодействий ...



BNL, CERN, ИФВЭ (GAMS-4 $\pi$ )

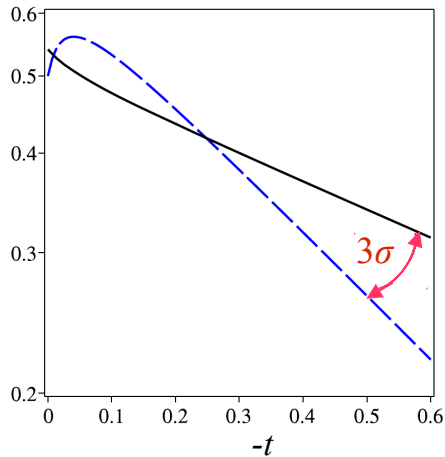
Реджевская феноменология

$$A_{ab}(s, t) \sim \sum_i \beta_{aib}^\pm(t) \frac{1 \pm e^{-i\pi\alpha_i^\pm(t)}}{\sin(\pi\alpha_i^\pm(t))} (s/s_0)^{\alpha_i^\pm(t)}$$

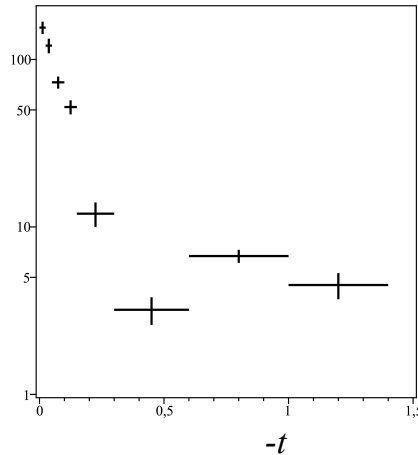
Проблемы:

1.  $\pi^- p: R_\pi^{\eta'/\eta}(t)$

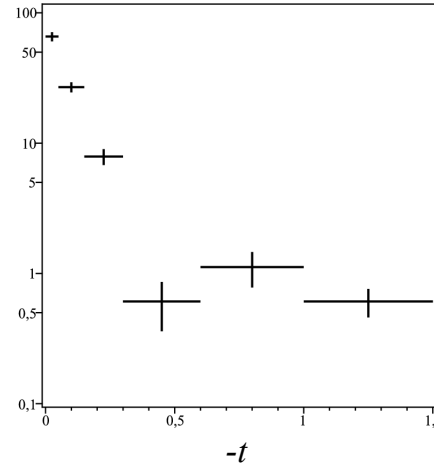
2.  $K^- p \rightarrow \eta\Lambda: d\sigma/dt [\mu\text{b}/(\text{GeV}/c)^2]$



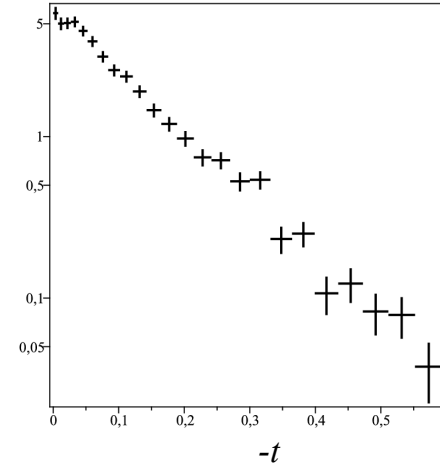
Argonne (1980) 8.45 GeV  
ИФВЭ (2013) 32.5 GeV



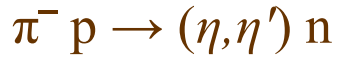
CERN (1977) 4.2 GeV



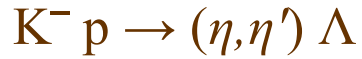
CERN (1981) 8.25 GeV



ИФВЭ (2013) 32.5 GeV



ИФВЭ (NICE, GAMS-4 $\pi$ ), Argonne, FERMILAB, CERN ...  
 как часть программы исследований нейтральных мезонов,  
 поиск экзотики, исследование сильных взаимодействий ...



BNL, CERN, ИФВЭ (GAMS-4 $\pi$ )

Реджевская феноменология

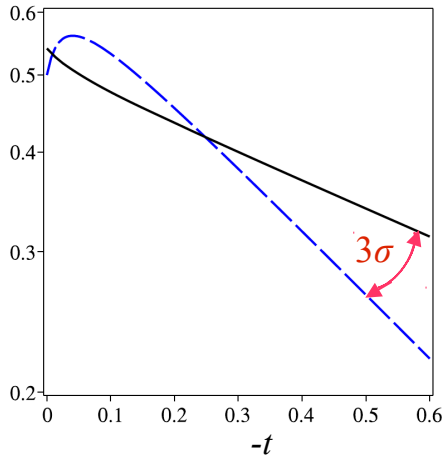
$$A_{ab}(s, t) \sim \sum_i \beta_{aib}^\pm(t) \frac{1 \pm e^{-i\pi\alpha_i^\pm(t)}}{\sin(\pi\alpha_i^\pm(t))} (s/s_0)^{\alpha_i^\pm(t)}$$

*A.Martin, C.Michel 1971*

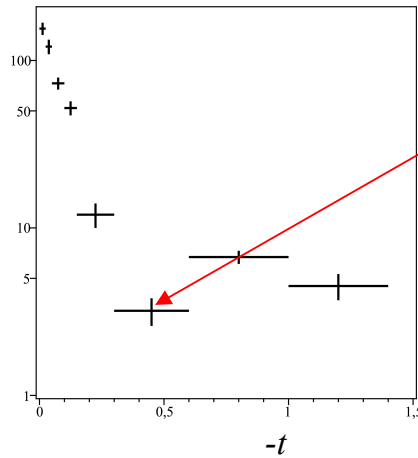
Проблемы:

1.  $\pi^- p: R_\pi^{\eta'/\eta}(t)$

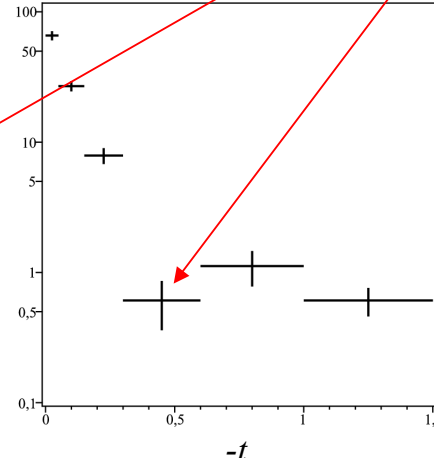
2.  $K^- p \rightarrow \eta\Lambda: d\sigma/dt [\mu b / (\text{GeV}/e)^2]$



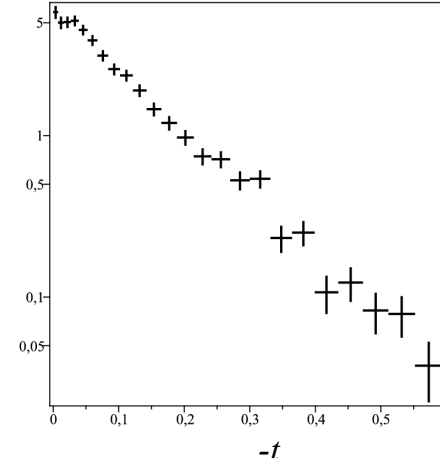
Argonne (1980) 8.45 GeV  
 ИФВЭ (2013) 32.5 GeV



CERN (1977) 4.2 GeV



CERN (1981) 8.25 GeV

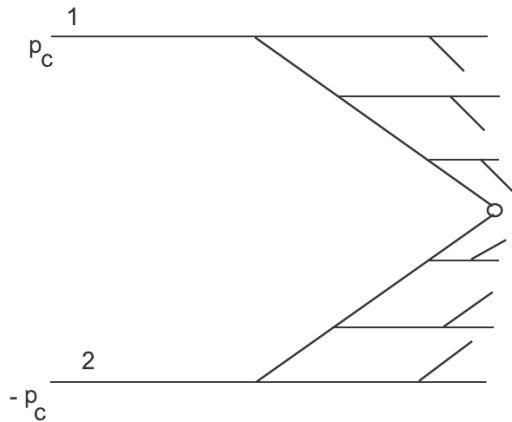


ИФВЭ (2013) 32.5 GeV

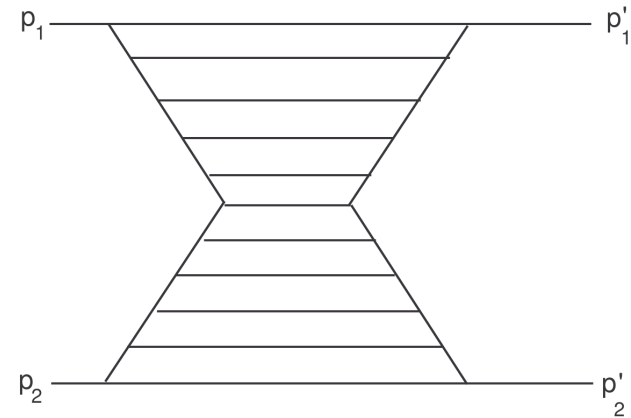
# Взгляд с точки зрения партонной модели

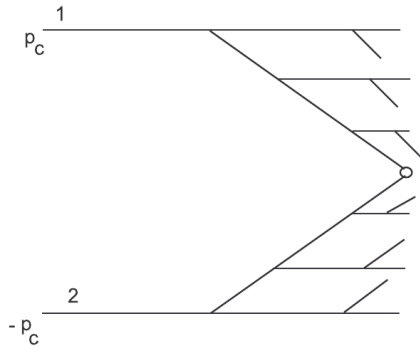
- Взаимодействия адронов происходят через элементарные акты рассеяния партонов.
  - Основной вклад в сечение дают медленные партоны, образующиеся вследствие квантовых флуктуаций – расщеплений быстрых партонов, с последующим сборанием снова в быстрые партоны.
  - Медленные партоны возникают в конце флуктуаций, и их рассеяние (кроме упругого на малые углы) приводит к прерыванию породивших флуктуаций
- ⇒ множественное образованию адронов

инклюзивный процесс

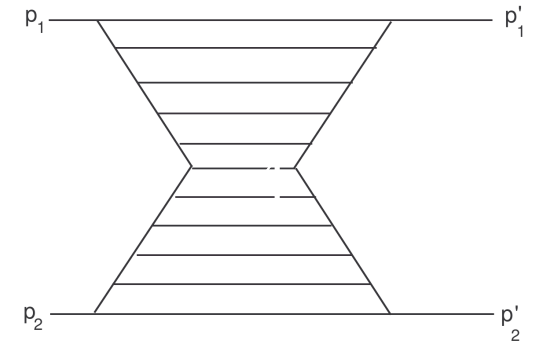


эксклюзивный процесс  
(упругое рассеяние на малые углы)





## Реакции перезарядки — неупругие и эксклюзивные



- Подразумевают рассеяние с перезарядкой партонов, т.е. с *изменением их типа* в составе сталкивающихся частиц.
- В случае медленных партонов такое рассеяние (даже на малые углы) приводит к прерыванию флуктуаций  $\Rightarrow$  множественное рождение адронов.
- Реакции перезарядки идут через рассеяние быстрых заряженных партонов, стоящих в начале флуктуаций
- Образовавшееся "облако" быстрых нескоррелированных партонов может быть "подхвачено" разлетающимися когерентными кластерами.

*Разрушается ли вследствие этого когерентность промежуточных вкладов?*

- ★ Разрушают тем больше, чем больше "подхвачено" нескоррелированных партонов
- ★ Количество "подхваченных" партонов  $\sim$  время взаимодействия адронов

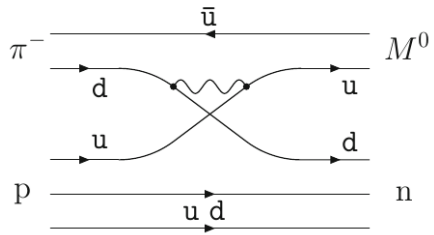
*Время взаимодействия  $\sim$  энергия столкновения адронов (Грибов, 1973)*

- ★ Разрушение когерентности промежуточных вкладов возрастает с ростом энергий.

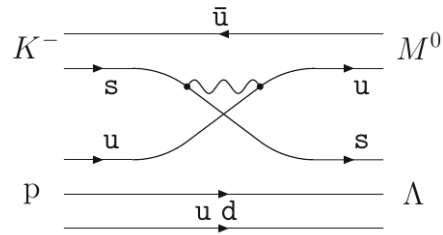
# Рассеяние быстрых партонов (жёсткие подпроцессы)



(a)



(b)

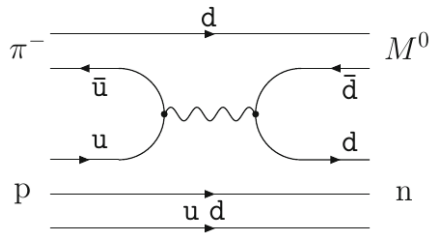


$$M^0 = \pi^0, \eta, \eta'$$

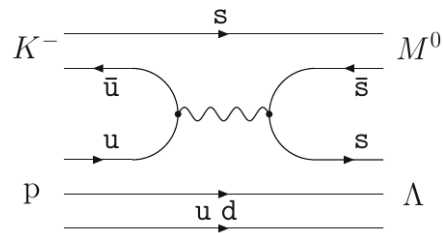
$$M_E = N \times \hat{s} / \hat{u}$$

При небольших передачах амплитуды равны и не зависят от ароматов и энергий кварков

(c)



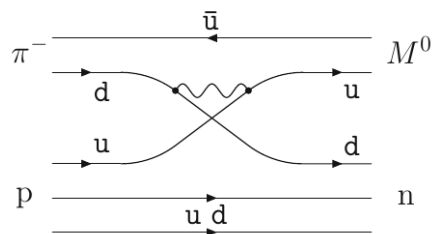
(d)



$$M_A = N \times \hat{u} / \hat{s}$$

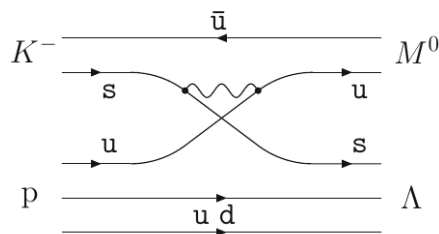
$$\pi^- p \rightarrow M^0 n$$

(a)



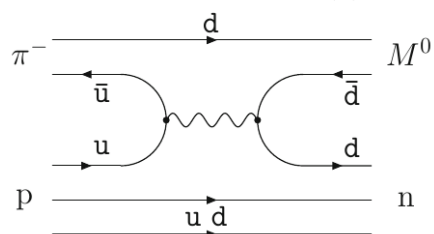
$$K^- p \rightarrow M^0 \Lambda$$

(b)

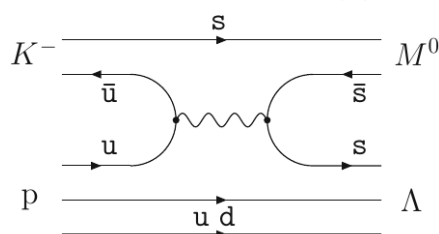


$$M^0 = \pi^0, \eta, \eta'$$

(c)



(d)



$$M_E = N \times \hat{s} / \hat{u}$$

При небольших передачах амплитуды равны и не зависят от ароматов и энергий кварков

$$M_A = N \times \hat{u} / \hat{s}$$

Относительная величина жёстких вкладов не зависит от функций распределения партоннов

### Вклады мягких процессов

«надстраиваем» с использованием реджевской феноменологии

- жёсткие подпроцессы дают равные вклады в амплитуду
- мягкие вклады не чувствительны к ароматам кварков в жестких подпроцессах

“факторизация” жёстких вкладов ... режим суммирования ...

Реджевскую феноменологию применяем независимо для каждой пары валентных кварков в конечном состоянии

Групповые коэффициенты в Реджевском подходе:

	$V$	$SU(3)$	$T$	$SU(3)$
$\pi^- p \rightarrow \pi^0 n$	$\rho$	1	—	—
$\pi^- p \rightarrow \eta^8 n$	—	—	$a_2$	$1/\sqrt{3}$
$\pi^- p \rightarrow \eta^0 n$	—	—	$a_2$	$\xi\sqrt{2/3}$
$K^- p \rightarrow \bar{K}^0 n$	$\rho$	$-1/\sqrt{2}$	$a_2$	$1/\sqrt{2}$
$K^- p \rightarrow \pi^0 \Lambda$	$K^*$	1/2	$K_2^*$	1/2
$K^- p \rightarrow \eta^8 \Lambda$	$K^*$	$\sqrt{3}/2$	$K_2^*$	$-1/(2\sqrt{3})$
$K^- p \rightarrow \eta^0 \Lambda$	—	—	$K_2^*$	$\xi\sqrt{2/3}$
$\pi^- p \rightarrow K^0 \Lambda$	$K^*$	$-1/\sqrt{2}$	$K_2^*$	$1/\sqrt{2}$

$\xi$  – параметр нарушения кварковой U(3) симметрии

$$A_{ab}(s, t) \sim \sum_i \beta_{aib}^\pm(t) \frac{1 \pm e^{-i\pi\alpha_i^\pm(t)}}{\sin(\pi\alpha_i^\pm(t))} (s/s_0)^{\alpha_i^\pm(t)}$$

Когерентное сложение:

**симметричн.** — в тензорном канале;  
**антисиметр.** — в векторном канале.

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u} - d\bar{d})_V = \pi^0$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u} - s\bar{s})_V = \frac{1}{2} \pi^0 + \frac{\sqrt{3}}{2} \eta^8$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u} + d\bar{d})_T = \sqrt{\frac{2}{3}} \eta^0 + \sqrt{\frac{1}{3}} \eta^8$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u} + s\bar{s})_T = \frac{1}{2} \pi^0 + \sqrt{\frac{2}{3}} \eta^0 - \frac{1}{2\sqrt{3}} \eta^8$$

Некогерентное сложение:

**вклады ( $u\bar{u}$ ), ( $d\bar{d}$ ) и ( $s\bar{s}$ ) независимо появляются в сечении**

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(u\bar{u}) = \frac{1}{\sqrt{6}} \eta^0 + \frac{1}{\sqrt{12}} \eta^8 + \frac{1}{2} \pi^0$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(d\bar{d}) = \frac{1}{\sqrt{6}} \eta^0 + \frac{1}{\sqrt{12}} \eta^8 - \frac{1}{2} \pi^0$$

$$\frac{1}{\sqrt{2}}(s\bar{s}) = \frac{1}{\sqrt{6}} \eta^0 - \frac{1}{\sqrt{3}} \eta^8$$

$$A_{ab}(s, t) \sim \sum_i \beta_{aib}^{\pm}(t) \frac{1 \pm e^{-i\pi\alpha_i^{\pm}(t)}}{\sin(\pi\alpha_i^{\pm}(t))} (s/s_0)^{\alpha_i^{\pm}(t)}$$

$$\alpha_i(t) = \underbrace{\alpha_i(0) + \alpha'_i(0)t}_{\text{определяем из спектроскопии}}$$

$$A_{ab}(s, t) \sim \sum_i \beta_{aib}^{\pm}(t) \Gamma(1 - \alpha_i^{\pm}(t)) \left[ 1 \pm e^{-i\pi\alpha_i^{\pm}(t)} \right] (s/s_0)^{\alpha_i^{\pm}(t)}$$

Параметризация “Венециано”

Вершинные факторы (при небольших  $t$ ):

$$\beta_{aib}(t) = \beta_{aib}(0) \exp(c_i t)$$

$$\xi = \xi_0 \exp(\xi_i t)$$

$c_i$  определяются траекториями ( $i$ ), и не зависят от конечных состояний  
 $\xi$  – фактор, описывающий нарушение ароматовой U(3) симметрии

Простейшая модель смешивания :

$$|\eta\rangle = \cos\theta |\eta^8\rangle - \sin\theta |\eta^0\rangle$$

$$|\eta'\rangle = \sin\theta |\eta^8\rangle + \cos\theta |\eta^0\rangle$$

Формулы для процессов в  $\pi^-$  и  $K^-$  пучках содержат по 7 и(или) 9 параметров  
 $\theta$  – универсальный параметр

Область "физических" решений:

$$-35^\circ < \theta < -5^\circ$$

$$0.5 < \xi_0 < 1.5, \quad c_i \sim c_i + \xi_i$$

$$0 < c_i, \quad 0 < c_i + \xi_i$$

Простейшая модель смешивания :

$$|\eta\rangle = \cos\theta |\eta^8\rangle - \sin\theta |\eta^0\rangle$$

$$|\eta'\rangle = \sin\theta |\eta^8\rangle + \cos\theta |\eta^0\rangle$$

параметры модели:  
 $g_{0a_2}, r', r, c_{a_2}, \xi_{0a_2}, \xi'_{a_2}, \theta$

$$\frac{d\sigma}{dt}(\pi^- p \rightarrow \eta n) = g_{a_2}^2(t) (1 - rt) \cos^2 \frac{\pi\alpha_{a_2}(t)}{2} (\cos\theta - \xi\sqrt{2}\sin\theta)^2$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(\pi^- p \rightarrow \eta' n) = g_{a_2}^2(t) (1 - r't) \cos^2 \frac{\pi\alpha_{a_2}(t)}{2} (\sin\theta + \xi\sqrt{2}\cos\theta)^2$$

$$g_{a_2}(t) = g_{a_2 0} \Gamma(1 - \alpha_{a_2}(t)) \exp(c_{a_2} t)$$

$$\xi = \xi_0 \exp(\xi_i t)$$

$$R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = \tan^2(\theta + \theta_{id} - \delta_0)$$

$$\delta_0 = \arctan \frac{\sqrt{2}(1 - \xi_0)}{1 + 2\xi_0}$$

$$\theta_{id} = \arctan\sqrt{2} \quad (\theta_{id} \approx 54.7^\circ)$$

Argonne 8.45 GeV:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.500 \pm 0.092$

NICE 15-40 GeV:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.55 \pm 0.06$

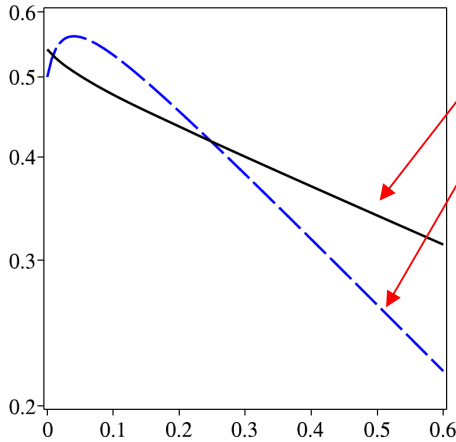
GAMS-4 $\pi$  32.5 GeV:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.54 \pm 0.04$

Данный фит:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.53 \pm 0.02$

$\chi^2/\text{d.o.f.} \approx 30/35$

$$\theta - \delta_0 = (-18.5 \pm 0.6)^\circ$$

$\theta = ?$



Argonne (1980) 8.45 GeV

GAMS-4 $\pi$  (2013) 32.5 GeV

Простейшая модель смешивания :

$$|\eta\rangle = \cos\theta |\eta^8\rangle - \sin\theta |\eta^0\rangle$$

$$|\eta'\rangle = \sin\theta |\eta^8\rangle + \cos\theta |\eta^0\rangle$$

параметры модели:  
 $g_{0a_2}, r', r, c_{a_2}, \xi_{0a_2}, \xi'_{a_2}, \theta$

$$\frac{d\sigma}{dt}(\pi^- p \rightarrow \eta n) = g_{a_2}^2(t) (1 - rt) \cos^2 \frac{\pi\alpha_{a_2}(t)}{2} (\cos\theta - \xi\sqrt{2}\sin\theta)^2$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(\pi^- p \rightarrow \eta' n) = g_{a_2}^2(t) (1 - r't) \cos^2 \frac{\pi\alpha_{a_2}(t)}{2} (\sin\theta + \xi\sqrt{2}\cos\theta)^2$$

$$g_{a_2}(t) = g_{a_2 0} \Gamma(1 - \alpha_{a_2}(t)) \exp(c_{a_2} t)$$

$$\xi = \xi_0 \exp(\xi_i t)$$

$$R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = \tan^2(\theta + \theta_{id} - \delta_0)$$

$$\delta_0 = \arctan \frac{\sqrt{2}(1 - \xi_0)}{1 + 2\xi_0}$$

$$\theta_{id} = \arctan\sqrt{2} \quad (\theta_{id} \approx 54.7^\circ)$$

Argonne 8.45 GeV:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.500 \pm 0.092$

NICE 15-40 GeV:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.55 \pm 0.06$

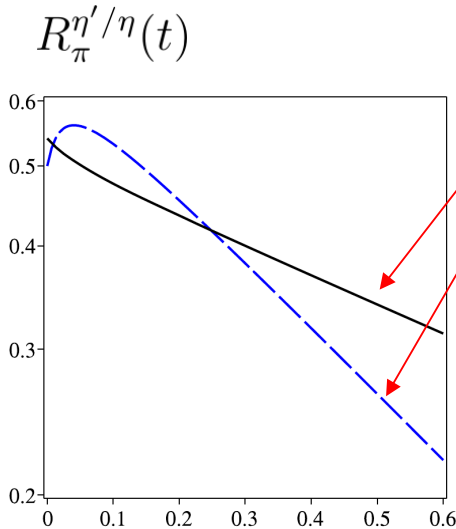
GAMS-4π 32.5 GeV:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.54 \pm 0.04$

Данный фит:  $R_{\pi}^{\eta'/\eta}(0) = 0.53 \pm 0.02$

$\chi^2/\text{d.o.f.} \approx 30/35$

$$\theta - \delta_0 = (-18.5 \pm 0.6)^\circ$$

$\theta = ?$



Argonne (1980) 8.45 GeV

GAMS-4π (2013) 32.5 GeV

Если убрать Гамма-функцию в вершинных факторах, то  $\chi^2/\text{d.o.f.} \approx 126/35$

$$K^- p \rightarrow (\eta, \eta', \pi^0) \Lambda$$

$$\alpha_{K^*}(t) = 0.33 + 0.84 t,$$

$$\alpha_{K^*_2}(t) = 0.11 + 0.93 t$$

Когерентное сложение :

A.Martin, C.Michel, 1971:

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{dt}(K^- p \rightarrow \eta \Lambda) &= 3 g_V^2(t) \sin^2 \frac{\pi \alpha_V}{2} \cos^2 \theta + \frac{1}{3} g_T^2(t) \cos^2 \frac{\pi \alpha_T}{2} \left( \cos \theta + 2\sqrt{2} \xi \sin \theta \right)^2 \\ &\quad - 2 g_V(t) g_T(t) \cos \frac{\pi \alpha_T}{2} \sin \frac{\pi \alpha_V}{2} \sin \frac{\pi(\alpha_V - \alpha_T)}{2} \cos \theta \left( \cos \theta + 2\sqrt{2} \xi \sin \theta \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{dt}(K^- p \rightarrow \eta' \Lambda) &= 3 g_V^2(t) \sin^2 \frac{\pi \alpha_V}{2} \sin^2 \theta + \frac{1}{3} g_T^2(t) \cos^2 \frac{\pi \alpha_T}{2} \left( \sin \theta - 2\sqrt{2} \xi \cos \theta \right)^2 \\ &\quad - 2 g_V(t) g_T(t) \cos \frac{\pi \alpha_T}{2} \sin \frac{\pi \alpha_V}{2} \sin \frac{\pi(\alpha_V - \alpha_T)}{2} \sin \theta \left( \sin \theta - 2\sqrt{2} \xi \cos \theta \right) \end{aligned}$$

$\alpha_{K^*} \approx 0$   
при  $t \approx -0.4 \text{ GeV}^2$   
 $\cos \theta + 2\sqrt{2} \xi \sin \theta \approx 0$   
при  $\theta \approx -19^\circ$

параметры модели:  
 $g_V, c_V, g_T, c_T, \xi_{0T}, \xi'_T, \theta$

НЕкогерентное сложение :

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{dt}(K^- p \rightarrow \eta \Lambda) &= \frac{5}{3} g_V^2(t) \sin^2 \frac{\pi \alpha_V}{2} \cos^2 \theta + \frac{1}{3} g_T^2(t) \cos^2 \frac{\pi \alpha_T}{2} \left[ \left( \cos \theta - \sqrt{2} \xi \sin \theta \right)^2 + \left( 2 \cos \theta + \sqrt{2} \xi \sin \theta \right)^2 \right] \\ &\quad + \frac{2}{3} g_V(t) g_T(t) \sin \frac{\pi(\alpha_V - \alpha_T)}{2} \cos \theta \left( 5 \cos \theta + \sqrt{2} \xi \sin \theta \right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{d\sigma}{dt}(K^- p \rightarrow \eta' \Lambda) &= \frac{5}{3} g_V^2(t) \sin^2 \frac{\pi \alpha_V}{2} \sin^2 \theta + \frac{1}{3} g_T^2(t) \cos^2 \frac{\pi \alpha_T}{2} \left[ \left( \sin \theta + \sqrt{2} \xi \cos \theta \right)^2 + \left( 2 \sin \theta - \sqrt{2} \xi \cos \theta \right)^2 \right] \\ &\quad + \frac{2}{3} g_V(t) g_T(t) \sin \frac{\pi(\alpha_V - \alpha_T)}{2} \sin \theta \left( 5 \sin \theta - \sqrt{2} \xi \cos \theta \right) \end{aligned}$$

В случае выходов  $\pi^0$  сечение не зависит от режима суммирования :

$$\frac{d\sigma}{dt}(K^- p \rightarrow \pi^0 \Lambda) = \zeta^2 \left\{ g_V^2(t) \sin^2 \frac{\pi \alpha_V}{2} + g_T^2(t) \cos^2 \frac{\pi \alpha_T}{2} + 2 g_V(t) g_T(t) \sin \frac{\pi \alpha_V}{2} \cos \frac{\pi \alpha_T}{2} \sin \frac{\pi(\alpha_V - \alpha_T)}{2} \right\}$$

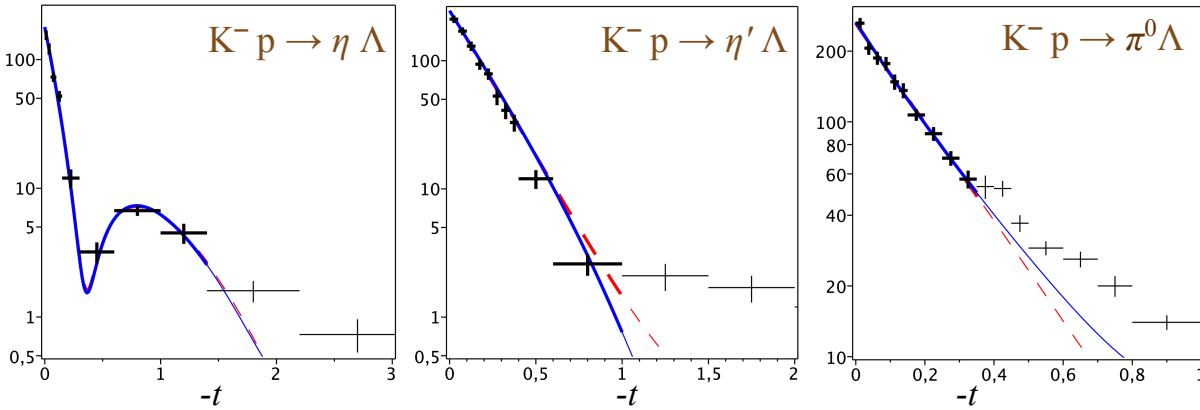
$$\zeta = \zeta_0 \exp(\zeta' t)$$

$$K^- p \rightarrow (\eta, \eta', \pi^0) \Lambda$$

$$\alpha_{K^*}(t) = 0.33 + 0.84 t,$$

$$\alpha_{K^*_2}(t) = 0.11 + 0.93 t$$

CERN 4.2 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов



$$\theta - \tilde{\delta}_0 = \text{const}$$

$$\tilde{\delta}_0 = -\arctan \frac{2\sqrt{2}(1 - \xi_0)}{1 + 8\xi_0}$$

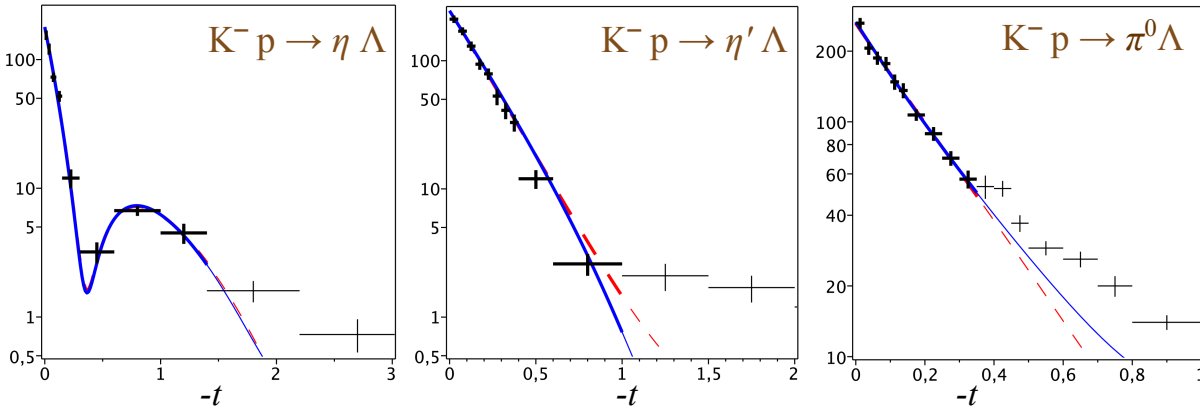
	Fit1	Fit2
$\chi^2/\text{d.o.f.}$	11.4/19	12.1/20
$\theta$ [°]	$-12 \pm 12$	$-20.8$ [input]
$g_T$	$8.1 \pm 5.3$	$12.2 \pm 4.4$
$c_T$	$1.2 \pm 0.8$	$1.5 \pm 0.8$
$g_V$	$12.2 \pm 0.6$	$12.8 \pm 0.6$
$c_V$	$1.7 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$
$\xi_0$	$1.13 \pm 0.77$	$0.72 \pm 0.31$
$\xi'$	$1.0 \pm 0.8$	$0.8 \pm 0.9$
$\zeta_0$	$1.19 \pm 0.07$	$0.91 \pm 0.24$
$\zeta'$	$-0.6 \pm 0.5$	$-0.5 \pm 0.4$

$$K^- p \rightarrow (\eta, \eta', \pi^0) \Lambda$$

$$\alpha_{K^*}(t) = 0.33 + 0.84 t,$$

$$\alpha_{K^*_2}(t) = 0.11 + 0.93 t$$

CERN 4.2 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов

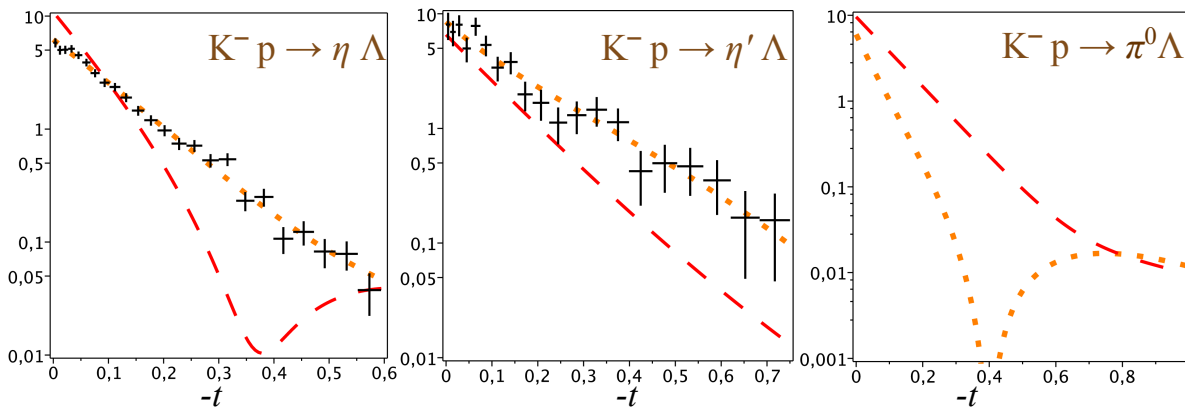


$$\theta - \tilde{\delta}_0 = \text{const}$$

$$\tilde{\delta}_0 = -\arctan \frac{2\sqrt{2}(1 - \xi_0)}{1 + 8\xi_0}$$

	Fit1	Fit2	Fit3
$\chi^2/\text{d.o.f.}$	11.4/19	12.1/20	36.4/37
$\theta$ [°]	$-12 \pm 12$	$-20.8$ [input]	$-25.9 \pm 2.32$
$g_T$	$8.1 \pm 5.3$	$12.2 \pm 4.4$	$1.7 \pm 1.3$
$c_T$	$1.2 \pm 0.8$	$1.5 \pm 0.8$	$12.1 \pm 6.4$
$g_V$	$12.2 \pm 0.6$	$12.8 \pm 0.6$	$2.2 \pm 0.4$
$c_V$	$1.7 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$	$3.0 \pm 0.9$
$\xi_0$	$1.13 \pm 0.77$	$0.72 \pm 0.31$	$1.02 \pm 0.86$
$\xi'$	$1.0 \pm 0.8$	$0.8 \pm 0.9$	$-10.0 \pm 6.5$
$\zeta_0$	$1.19 \pm 0.07$	$0.91 \pm 0.24$	—
$\zeta'$	$-0.6 \pm 0.5$	$-0.5 \pm 0.4$	—

GAMS-4 $\pi$  32.5 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов



$$\xi \approx 55 \text{ при } t = -0.4 \text{ (GeV/c)}^2$$

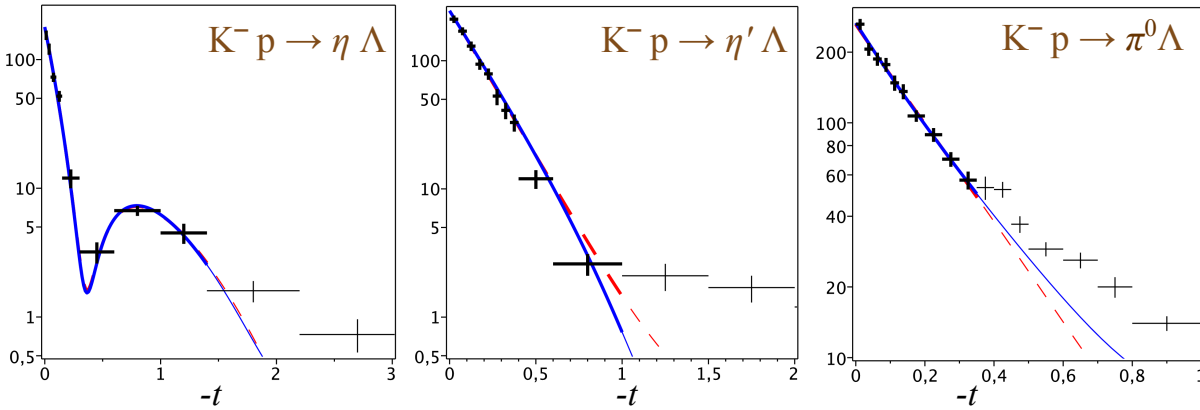
$$c_T + \xi' = 2.1 \pm 0.3$$

$$K^- p \rightarrow (\eta, \eta', \pi^0) \Lambda$$

$$\alpha_{K^*}(t) = 0.33 + 0.84 t,$$

$$\alpha_{K^*_2}(t) = 0.11 + 0.93 t$$

CERN 4.2 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов

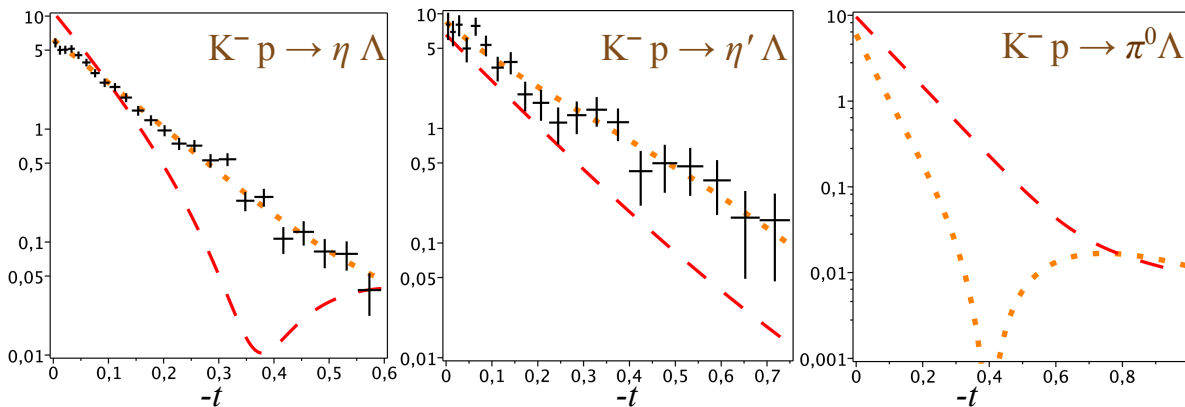


$$\theta - \tilde{\delta}_0 = \text{const}$$

$$\tilde{\delta}_0 = -\arctan \frac{2\sqrt{2}(1 - \xi_0)}{1 + 8\xi_0}$$

	Fit1	Fit2	Fit3
$\chi^2/\text{d.o.f.}$	11.4/19	12.1/20	36.4/37
$\theta$ [°]	$-12 \pm 12$	$-20.8$ [input]	$-25.9 \pm 2.32$
$g_T$	$8.1 \pm 5.3$	$12.2 \pm 4.4$	$1.7 \pm 1.3$
$c_T$	$1.2 \pm 0.8$	$1.5 \pm 0.8$	$12.1 \pm 6.4$
$g_V$	$12.2 \pm 0.6$	$12.8 \pm 0.6$	$2.2 \pm 0.4$
$c_V$	$1.7 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$	$3.0 \pm 0.9$
$\xi_0$	$1.13 \pm 0.77$	$0.72 \pm 0.31$	$1.02 \pm 0.86$
$\xi'$	$1.0 \pm 0.8$	$0.8 \pm 0.9$	$-10.0 \pm 6.5$
$\zeta_0$	$1.19 \pm 0.07$	$0.91 \pm 0.24$	—
$\zeta'$	$-0.6 \pm 0.5$	$-0.5 \pm 0.4$	—

GAMS-4 $\pi$  32.5 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов



$$\xi \approx 55 \text{ при } t = -0.4 \text{ (GeV/c)}^2$$

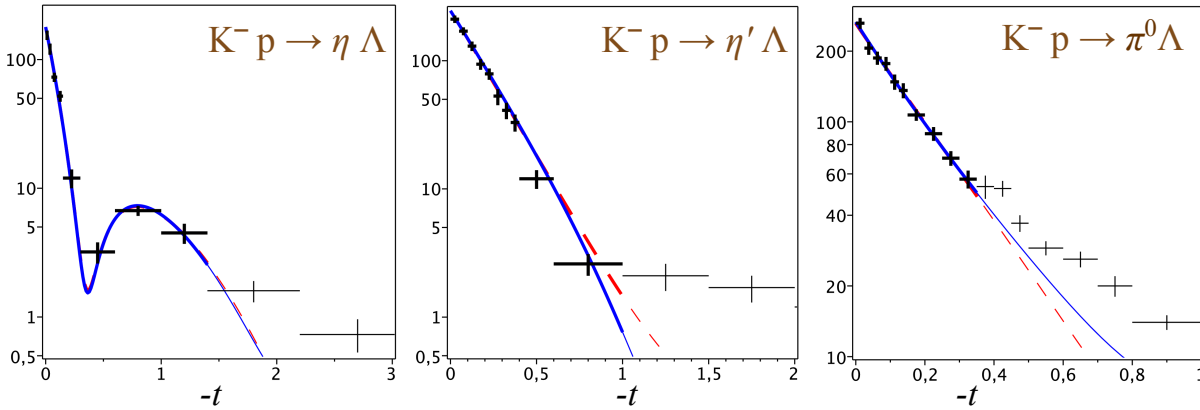
$$c_T + \xi' = 2.1 \pm 0.3$$

$$K^- p \rightarrow (\eta, \eta', \pi^0) \Lambda$$

$$\alpha_{K^*}(t) = 0.33 + 0.84 t,$$

$$\alpha_{K^*_2}(t) = 0.11 + 0.93 t$$

CERN 4.2 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов

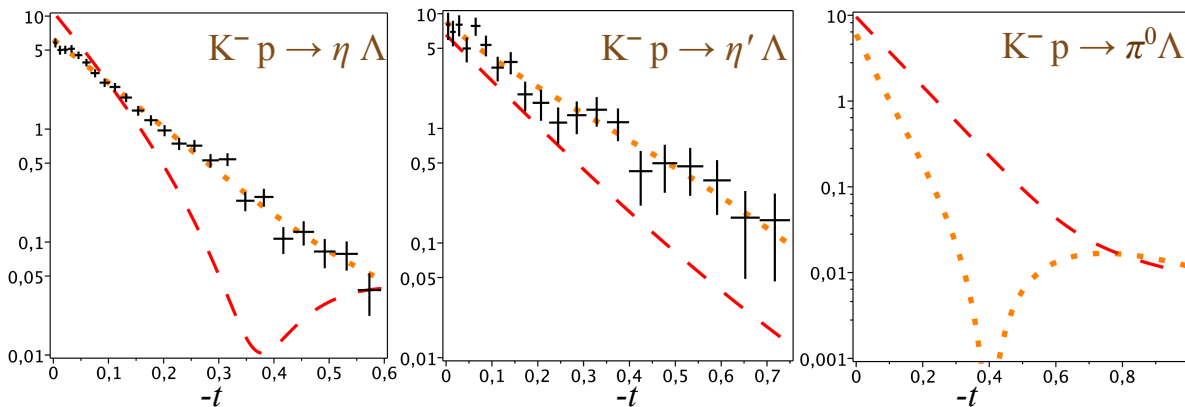


$$\theta - \tilde{\delta}_0 = \text{const}$$

$$\tilde{\delta}_0 = -\arctan \frac{2\sqrt{2}(1 - \xi_0)}{1 + 8\xi_0}$$

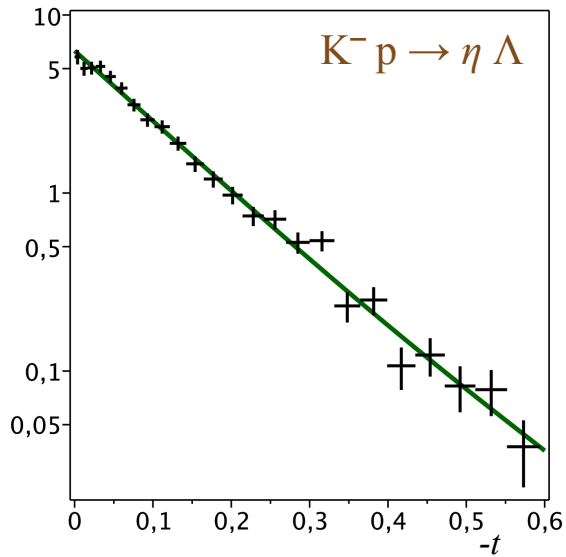
	Fit1	Fit2	Fit3
$\chi^2/\text{d.o.f.}$	11.4/19	12.1/20	36.4/37
$\theta$ [°]	$-12 \pm 12$	$-20.8$ [input]	$-25.9 \pm 2.32$
$g_T$	$8.1 \pm 5.3$	$12.2 \pm 4.4$	$1.7 \pm 1.3$
$c_T$	$1.2 \pm 0.8$	$1.5 \pm 0.8$	$12.1 \pm 6.4$
$g_V$	$12.2 \pm 0.6$	$12.8 \pm 0.6$	$2.2 \pm 0.4$
$c_V$	$1.7 \pm 0.1$	$1.7 \pm 0.1$	$3.0 \pm 0.9$
$\xi_0$	$1.13 \pm 0.77$	$0.72 \pm 0.31$	$1.02 \pm 0.86$
$\xi'$	$1.0 \pm 0.8$	$0.8 \pm 0.9$	$-10.0 \pm 6.5$
$\zeta_0$	$1.19 \pm 0.07$	$0.91 \pm 0.24$	—
$\zeta'$	$-0.6 \pm 0.5$	$-0.5 \pm 0.4$	—

GAMS-4π 32.5 GeV. Когерентное сложение промежуточных вкладов

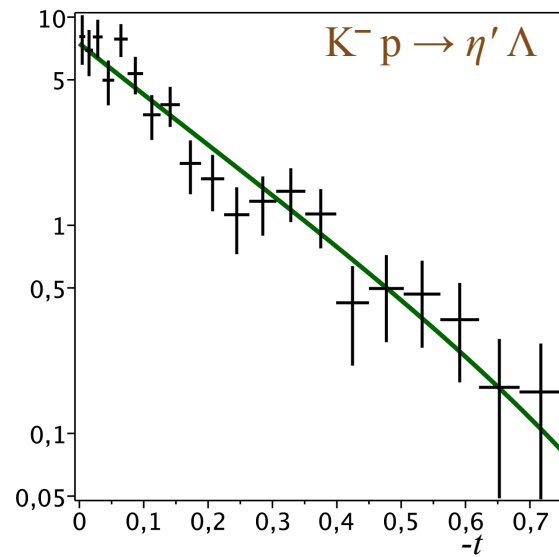


$$\xi \approx 55 \text{ при } t = -0.4 \text{ (GeV/c)}^2$$

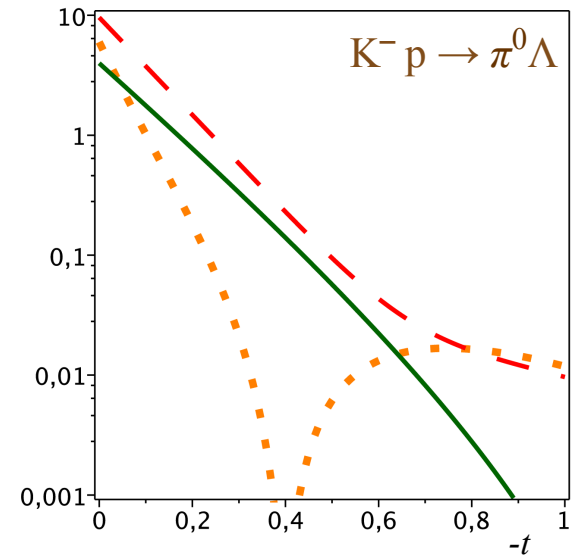
$$c_T + \xi' = 2.1 \pm 0.3$$

GAMS-4 $\pi$  32.5 GeV. Некогерентное сложение жёстких вкладов

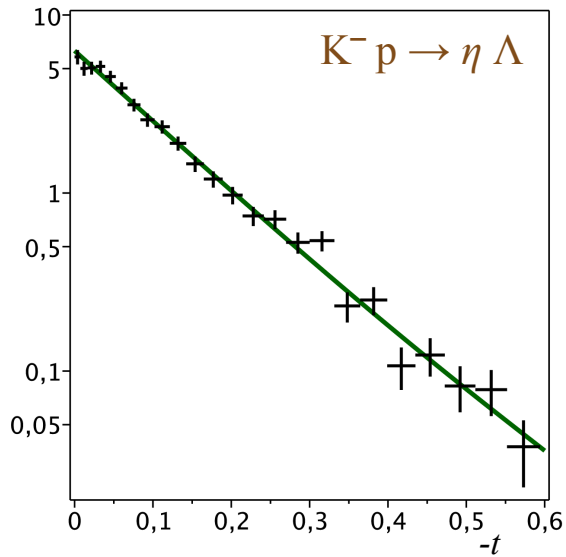
Fit4



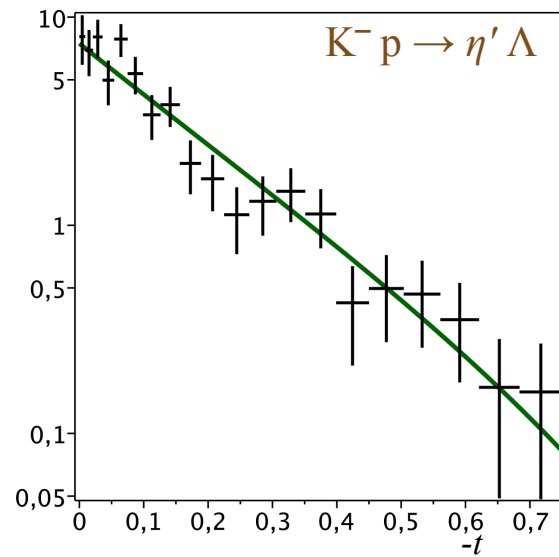
Fit5



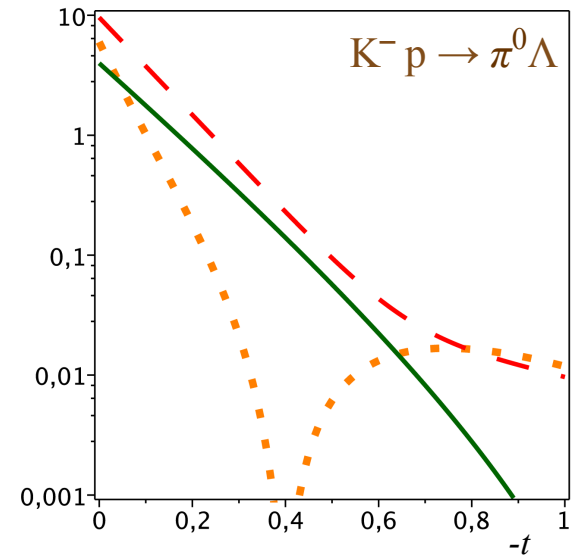
	Fit4	Fit5
$\chi^2/\text{d.o.f.}$	37.4/37	35.0/37
$\theta [^\circ]$	$-21.8 \pm 5.0$	$-22.2 \pm 4.3$
$g_T$	$2.0 \pm 0.4$	$2.1 \pm 0.1$
$c_T$	$4.1 \pm 0.4$	$4.3 \pm 0.3$
$g_V$	$0.2 \pm 1.4$	$-2.2 \pm 1.2$
$c_V$	$0.7 \pm 13.7$	$110 \pm 70$
$\xi_0$	$0.96 \pm 0.18$	$0.91 \pm 0.08$
$\xi'$	$-2.3 \pm 0.6$	$-2.4 \pm 0.4$

GAMS-4 $\pi$  32.5 GeV. Некогерентное сложение жёстких вкладов


Fit4



Fit5



Fit6

	Fit4	Fit5	Fit6
$\chi^2/\text{d.o.f.}$	37.4/37	35.0/37	37.5/39
$\theta$ [°]	$-21.8 \pm 5.0$	$-22.2 \pm 4.3$	$-20.8 \pm 4.9$
$g_T$	$2.0 \pm 0.4$	$2.1 \pm 0.1$	$2.07 \pm 0.09$
$c_T$	$4.1 \pm 0.4$	$4.3 \pm 0.3$	$4.1 \pm 0.2$
$g_V$	$0.2 \pm 1.4$	$-2.2 \pm 1.2$	0 [input]
$c_V$	$0.7 \pm 13.7$	$110 \pm 70$	—
$\xi_0$	$0.96 \pm 0.18$	$0.91 \pm 0.08$	$0.95 \pm 0.08$
$\xi'$	$-2.3 \pm 0.6$	$-2.4 \pm 0.4$	$-2.2 \pm 0.4$

$$\theta = (-20.8 \pm 4.9)^\circ$$

# Примесь глюбола

Решение аксиальных тождеств Уорда + требование ренорм-инвариантности  
картины смешивания:

*M.Nekrasov, Z.Phys.C (1994)*

$$|\eta\rangle = \cos \theta |\eta^8\rangle - \sin \theta |\eta^0\rangle,$$

$$|\eta'\rangle = \cos \theta_G \left( \sin \theta |\eta^8\rangle + \cos \theta |\eta^0\rangle \right) + \sin \theta_G |\eta^9\rangle$$

Область "физических" решений:

$$- 35^\circ < \theta < -5^\circ$$

$$0.5 < \xi_0 < 1.5, \quad c_i \sim c_i + \xi_i$$

$$0 < c_i, \quad 0 < c_i + \xi_i$$

$$0.5 < \cos^2 \theta_G < 1$$

Если считать все параметры свободными, то решений (в  $K^-$  пучках) не возникает.

При фиксированных  $\cos^2 \theta_G$ , с уменьшением его значения параметры плавно эволюционируют, с сохранением всех свойств решений при  $\cos^2 \theta_G = 1$ .

Вывод: данные реакций перезарядки достаточно безразличны к возможной примеси глюбола в  $\eta'$ , и сделать на их основании вывод о наличии или отсутствии такой примеси не представляется возможным.

## Решение при промежуточных энергиях

$$\frac{d\sigma}{dt}(s, t) = w \frac{d\sigma_c}{dt}(s, t) + (1 - w) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s, t)$$

Когерентная мода                      Некогерентная мода

$w$  – вероятность обнаружить систему в когерентной моде

---

Если  $w = w(s)$ , то для определения  $w$  требуется надежное измерение дифференциальных сечений при двух значениях энергии.

Пусть  $w(s_1) = w_1$ ,       $w(s_2) = w_2$

$$\frac{d\sigma}{dt}(s_1, t) = \left[ w_1 \frac{d\sigma_c}{dt}(s_1, t) \right] + \left[ (1 - w_1) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s_1, t) \right]$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(s_2, t) = x \left[ w_1 \frac{d\sigma_c}{dt}(s_2, t) \right] + y \left[ (1 - w_1) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s_2, t) \right]$$

$$x = \frac{w_2}{w_1} \qquad y = \frac{1 - w_2}{1 - w_1}$$

## Решение при промежуточных энергиях

$$\frac{d\sigma}{dt}(s, t) = w \frac{d\sigma_c}{dt}(s, t) + (1 - w) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s, t)$$

Когерентная мода

Некогерентная мода

$w$  – вероятность обнаружить систему в когерентной моде

Если  $w = w(s)$ , то для определение  $w$  требуется надежное измерение дифференциальных сечений при двух значениях энергии.

Пусть  $w(s_1) = w_1$ ,  $w(s_2) = w_2$

$$\frac{d\sigma}{dt}(s_1, t) = \left[ w_1 \frac{d\sigma_c}{dt}(s_1, t) \right] + \left[ (1 - w_1) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s_1, t) \right]$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(s_2, t) = x \left[ w_1 \frac{d\sigma_c}{dt}(s_2, t) \right] + y \left[ (1 - w_1) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s_2, t) \right]$$

$$x = \frac{w_2}{w_1}$$

$$y = \frac{1 - w_2}{1 - w_1}$$



$$w_1 = \frac{y - 1}{y - x},$$

$$w_2 = x \frac{y - 1}{y - x}$$

# Решение при промежуточных энергиях

$$\frac{d\sigma}{dt}(s, t) = w \frac{d\sigma_c}{dt}(s, t) + (1 - w) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s, t)$$

Когерентная мода

Некогерентная мода

Если  $w = w(s)$ , то для определение  $w$  требуется надежное измерение дифференциальных сечений при двух значениях энергии.

Пусть  $w(s_1) = w_1$ ,  $w(s_2) = w_2$

$$\frac{d\sigma}{dt}(s_1, t) = \left[ w_1 \frac{d\sigma_c}{dt}(s_1, t) \right] + \left[ (1 - w_1) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s_1, t) \right]$$

$$\frac{d\sigma}{dt}(s_2, t) = x \left[ w_1 \frac{d\sigma_c}{dt}(s_2, t) \right] + y \left[ (1 - w_1) \frac{d\sigma_{nc}}{dt}(s_2, t) \right]$$

$$x = \frac{w_2}{w_1}$$

$$y = \frac{1 - w_2}{1 - w_1}$$

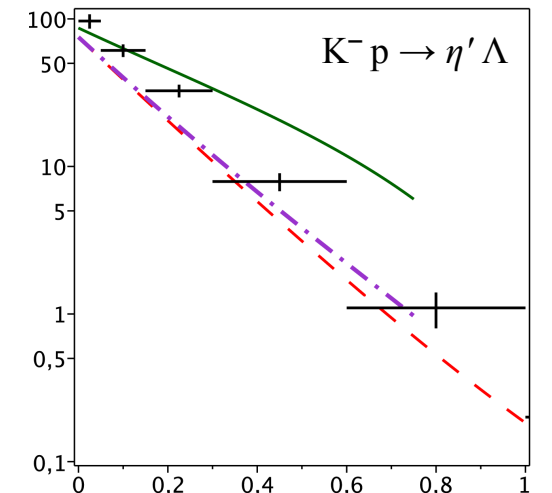
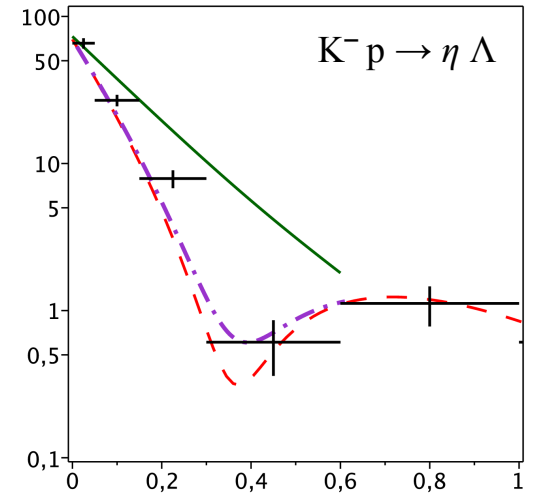


$$w_1 = \frac{y - 1}{y - x}, \quad w_2 = x \frac{y - 1}{y - x}$$

$$w_1(p = 4.2 \text{ GeV}) = 1$$

$$w_2(p = 32.5 \text{ GeV}) = 0$$

$$w(p = 8.25 \text{ GeV}) = 0.95$$



- На основе фита данных дано подтверждение вывода о том, что в реакциях перезарядки с ростом энергии разрушается когерентность промежуточных вкладов вследствие захвата нескоррелированных партонов, образующихся в элементарных жёстких соударениях
- Построена модель, позволяющая на систематической основе проводить изучение этого явления
- Предложен алгоритм экспериментального определения энергетической зависимости относительной величины когерентных и некогерентных вкладов.
- На основе данных реакций перезарядки
  - определён угол  $\eta$ - $\eta'$  смешивания  $\theta = (-20.4 \pm 4.9)^\circ$
  - угол  $\theta$ , определенный на основании данных при низких энергиях, сильно коррелирует с параметром нарушения нонетовой симметрии
  - нет указаний на предпочтительность присутствия глобальной компоненты в составе  $\eta'$ , и её присутствие не влияет на полученные результаты