

Скалярные мезоны σ и a_0 в распадах η' - и η -мезонов

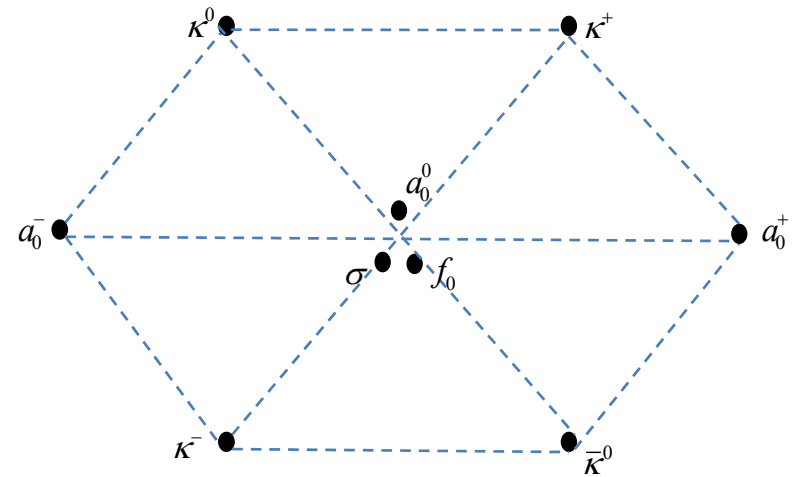
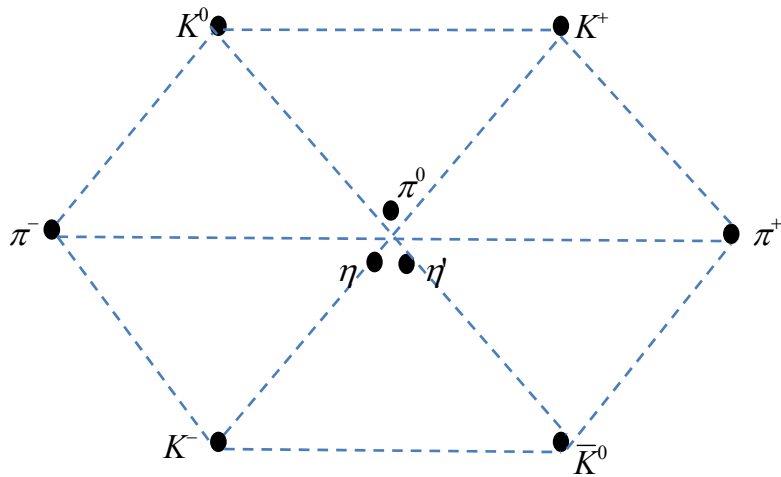
А.В. Лучинский

Институт физики высоких энергий, Протвино, Россия

Содержание

- Скалярные мезоны
- $\eta' \rightarrow \eta \pi^0 \pi^0$
 - Краткая история
 - резонансная модель
 - $\pi^0 \pi^0$ -рассеяние
 - $\pi^0 \eta$ -рассеяние
 - Результаты фита
 - Обсуждение
- $\eta', \eta \rightarrow 3\pi^0$
 - Киральная параметризация
 - резонансная модель
- Заключение

Скалярные мезоны



Скалярные мезоны

$f_0(600)$ [*i*]
 or σ

$$I^G(J^{PC}) = 0^+(0^{++})$$

Mass $m = (400-1200)$ MeV

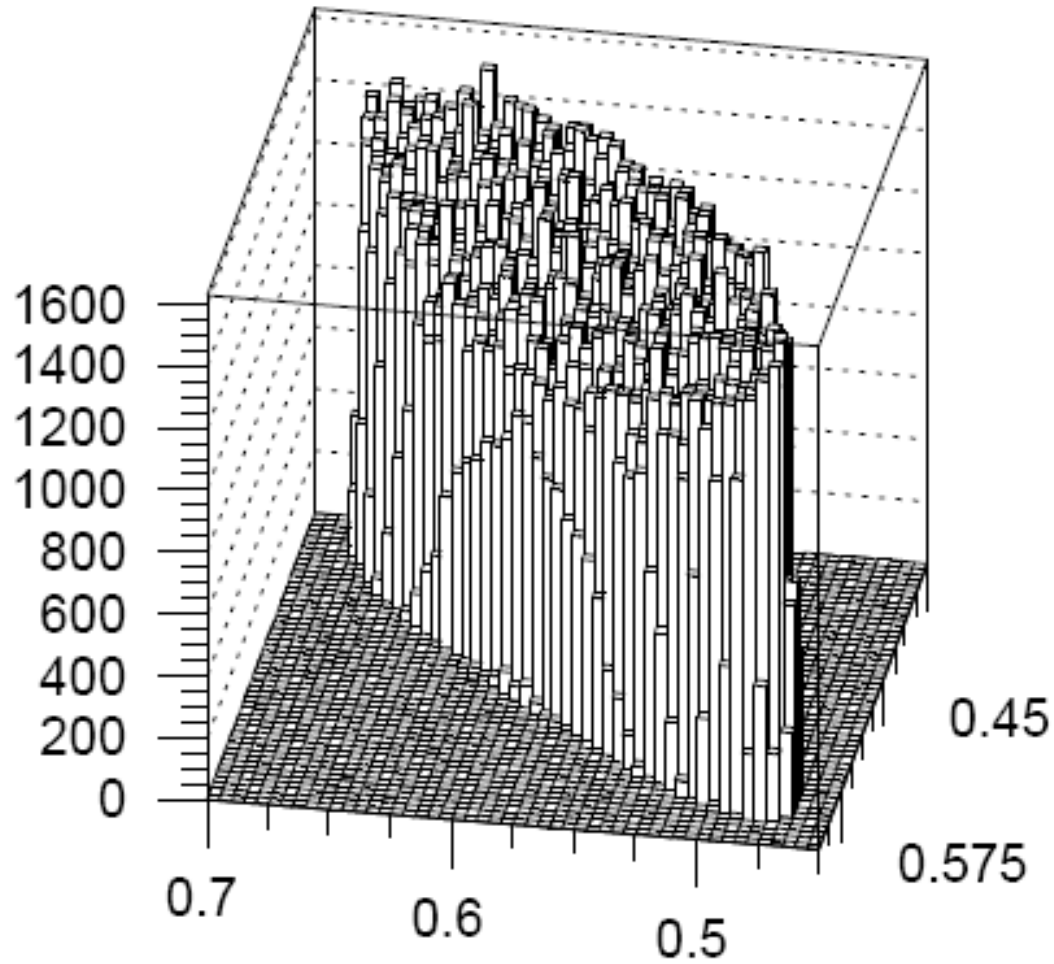
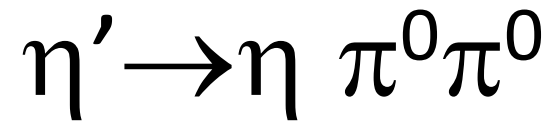
Full width $\Delta = (600-1000)$ MeV

$f_0(600)$ DECAY MODES	Fraction (Γ_i/Γ)	p (MeV/c)
$\pi\pi$	dominant	—
$\gamma\gamma$	seen	—

Не укладывается в обычную кварк-антикварковую схему

- Тетракварк? [arXiv:0810.4640]
- Глюбол? [hep-ph/000713]

Как искать?

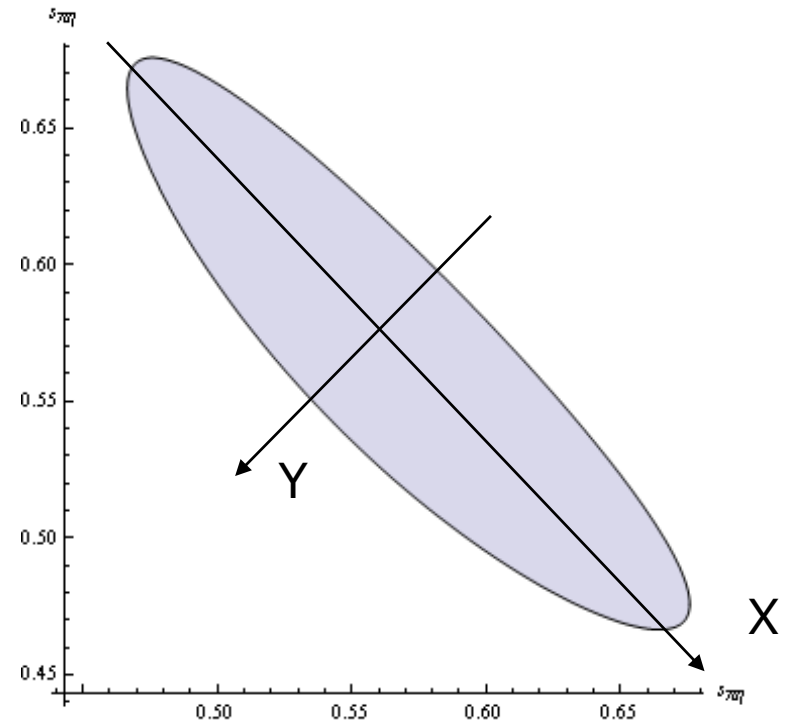


А.М. Блик и др.
ЯФ 72, 2161 (2008)

Киральная параметризация

$$X = \frac{\sqrt{3}}{Q} (T_{\pi_1^0} - T_{\pi_2^0}),$$

$$Y = \left(2 + \frac{m_\eta}{m_{\pi^0}} \right) \frac{T_\eta}{Q} - 1$$



$$|M|^2 \sim 1 + aY + bY^2 + cX + dX^2 + \dots$$

$$|M|^2 \sim 1 + aY + bY^2 + cX + dX^2 + \dots$$

А.М. Блик и др.
ЯФ **88**, 123 (2008)

$$a = -0.106 \pm 0.028,$$

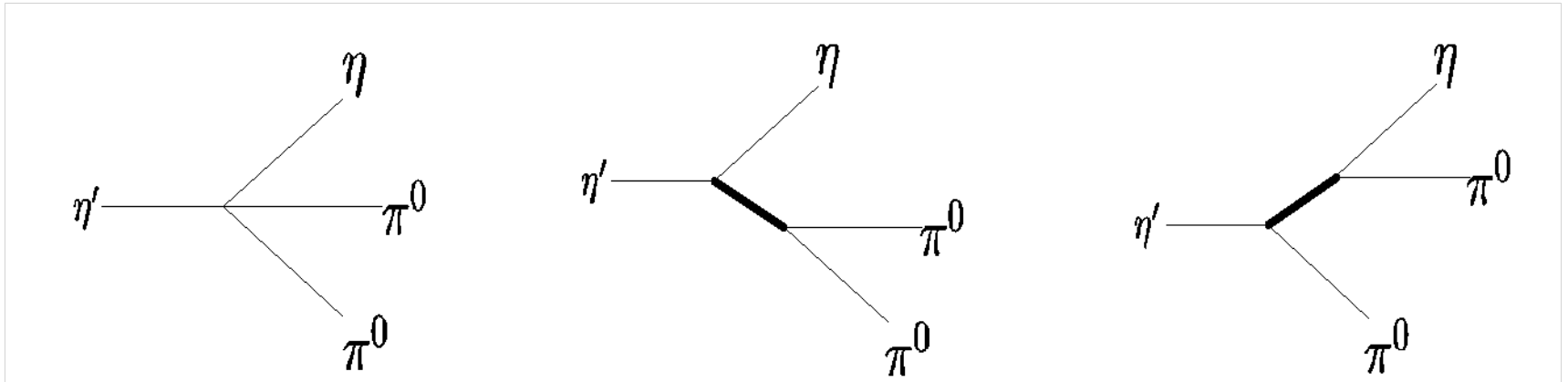
$$b = -0.127 \pm 0.016,$$

$$c = 0.015 \pm 0.011 \pm 0.014,$$

$$d = -0.082 \pm 0.017$$

И что?!

Резонансная модель



$$A = A_{CA} + A_{\pi\pi}(s_3) + A_{\pi\eta}(s_1) + A_{\pi\eta}(s_2)$$

При таком рассмотрении появляются члены любых степеней по переменным X и Y !

$\pi\pi$ -рассеяние

- Амплитуда действительна при $s < (2m_\pi)^2$

- При $(2m_\pi)^2 < s < (2m_K)^2$ мнимая часть

$$\text{Im} \left\{ \frac{1}{A_{\pi\pi}(s)} \right\} \sim \sqrt{1 - \frac{4m_\pi^2}{s}}$$

- Адлеровский ноль при $s = s_A = m_\pi^2/2$

$\pi\pi$ -рассеяние - σ -мезон

$$A_{\pi\pi}(s) = \kappa \left\{ \frac{m_\pi^2}{s - s_A} \left[\frac{2s_A}{m_\pi \sqrt{s}} + B_0 + B_1 w(s) + \dots \right] - i \sqrt{1 - \frac{4m_\pi^2}{s}} \right\}^{-1}$$

$$w(s) = \frac{\sqrt{s} - \sqrt{4m_K^2 - s}}{\sqrt{s} + \sqrt{4m_K^2 - s}}$$

$$s \Rightarrow |w(s)| \leq 1$$

I. Caprini
Phys.Rev. **D77**, 114019 (2008)

$$K^+ \rightarrow e^+ \nu_e \pi\pi$$

$$B_0 = 7.4$$

$$B_1 = -15.1$$

$$\sqrt{s} = (459 - 259i) \text{ МэВ}$$

$\pi\eta$ -рассеяние

- a_0 -мезон

$$M_a = 980 \text{ МэВ},$$

$$\Gamma_a = 50 \div 100 \text{ МэВ}$$

- Точечная связь

$$A_{\pi\eta}(s) = g_{\pi\eta} \frac{1}{s - M_a^2 + iM_a\Gamma(s)} g_{\pi\eta}$$

$$2 \text{ ГэВ} < g_{\pi\eta} < 3 \text{ ГэВ}$$

- Киральная связь

$$A_{\pi\eta}(s) = \gamma_{\pi\eta} \frac{(p_\eta p_{\pi_1})(p_{\eta'} p_{\pi_2})}{s - M_a^2 + iM_a\Gamma(s)} \gamma_{\pi\eta}$$

$$6 \text{ ГэВ}^{-1} < \gamma_{\pi\eta} < 8 \text{ ГэВ}^{-1}$$

$$SU(3) \Rightarrow \frac{\eta'}{\eta} = \tan \Phi \approx 0.8$$

Результаты фита

$$A = A_{\pi\pi}(s_{12}) + A_{\pi\eta}(s_{13}) + A_{\pi\eta}(s_{23})$$

Параметры модели:

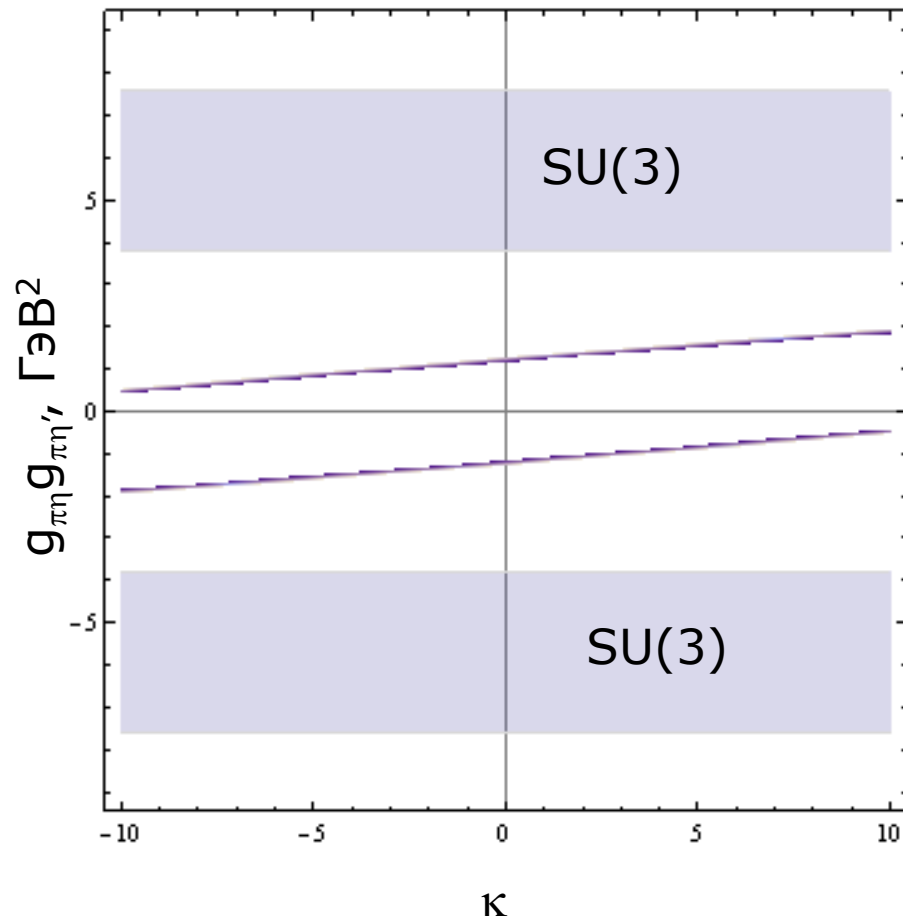
σ – мезон : K

a_0 – мезон : $g_{\pi\eta}, g_{\pi\eta'}$ ИЛИ $\gamma_{\pi\eta}, \gamma_{\pi\eta'}$

Если собственно-энергетическими поправками пренебрегать, то они входят только произведениями $g_{\pi\eta'}, g_{\pi\eta}$ или $\gamma_{\pi\eta'}, \gamma_{\pi\eta}$

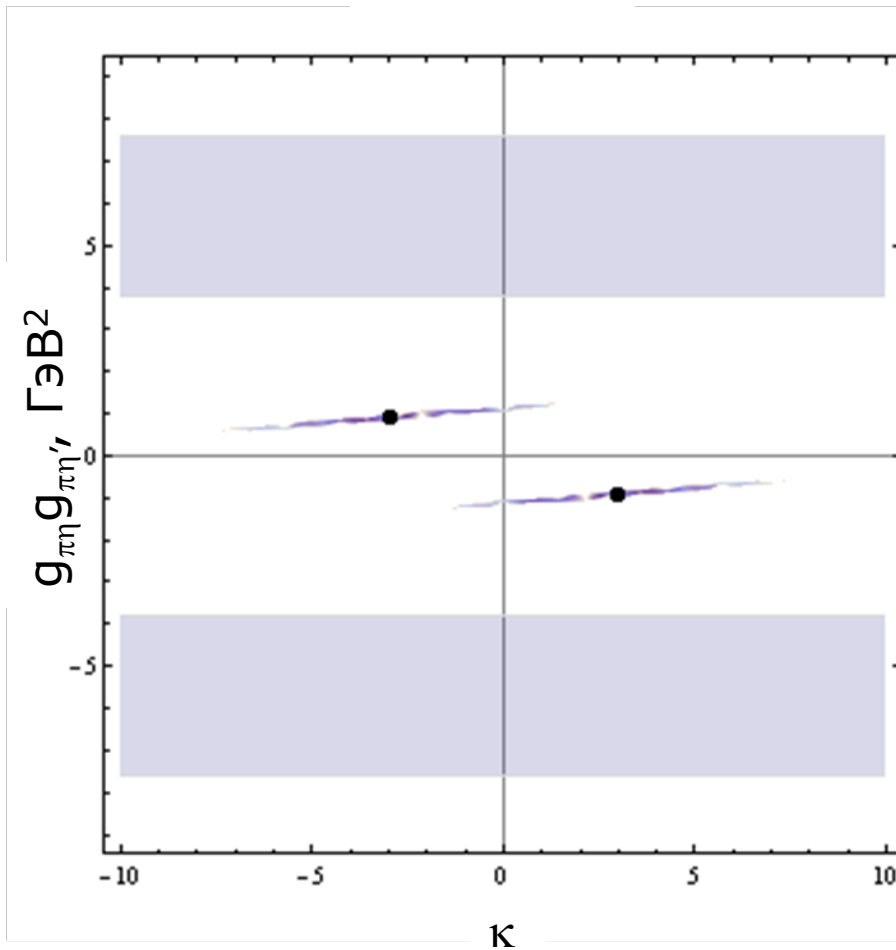
Результаты фита – точечная связь

Br



Результаты фита – точечная связь

Далитц-плот



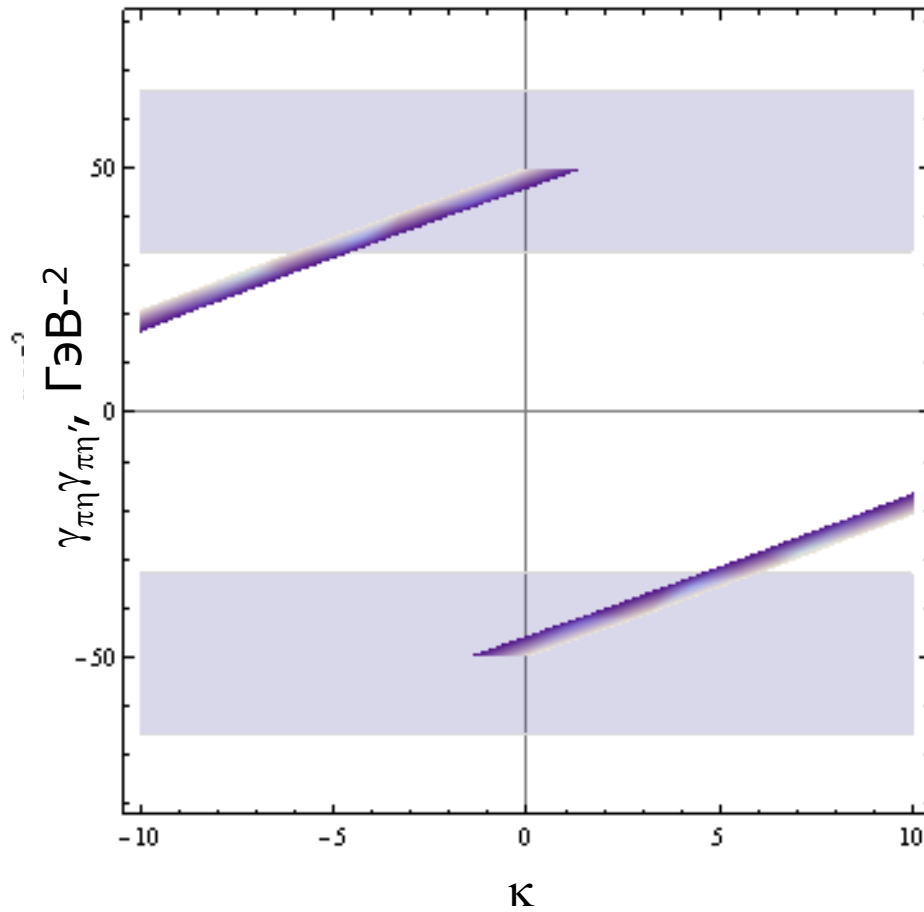
$$CL = 0.52$$

$$\kappa = -4.0 \pm 0.3$$

$$g_{\pi\eta} g_{\pi\eta'} = (0.93 \pm 0.3) \text{ ГэВ}^2$$

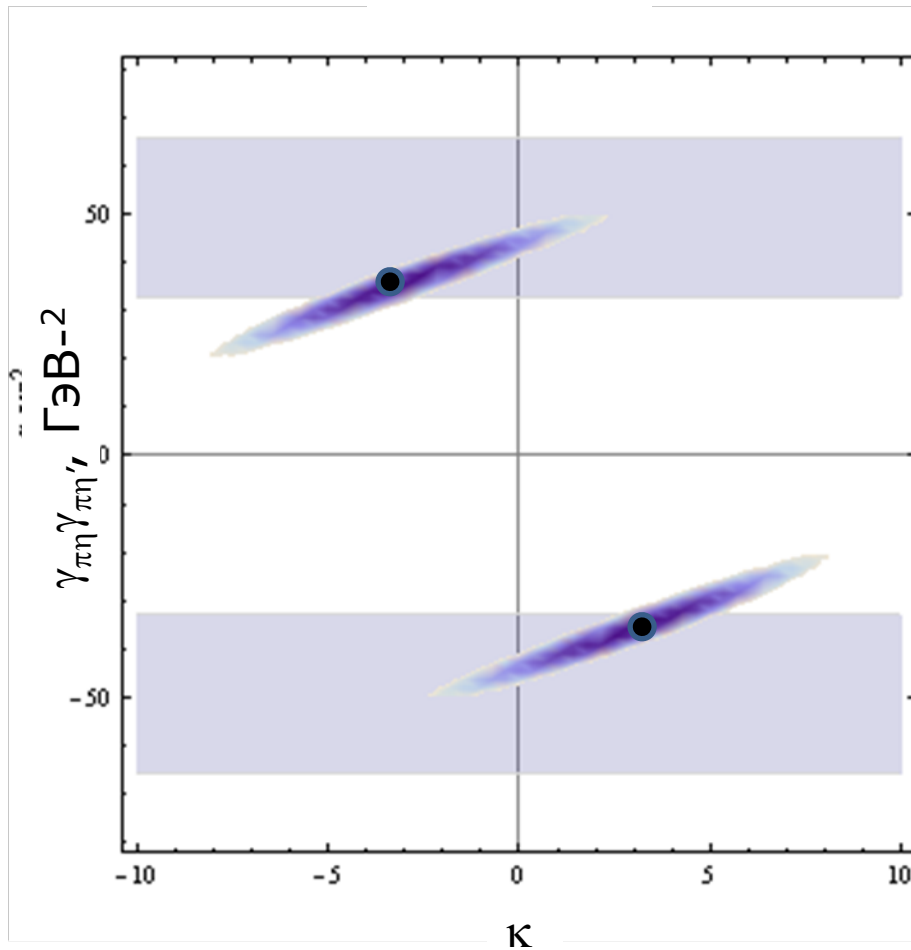
Результаты фита – киральная связь

Br



Результаты фита – киральная связь

Далитц-плот



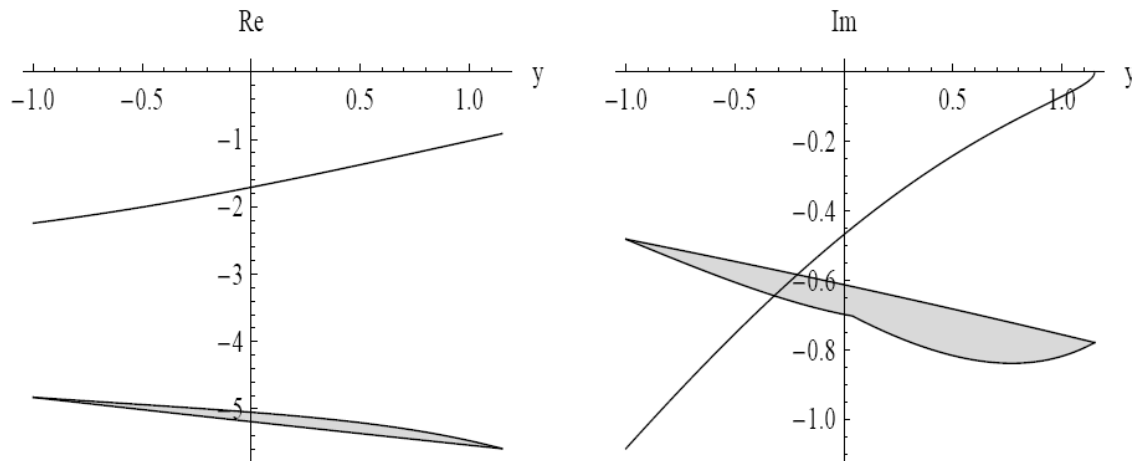
$$CL = 0.92$$

$$\kappa = -4.0 \pm 0.3$$

$$\gamma_{\pi\eta}\gamma_{\pi\eta'} = (35 \pm 4) \text{ ГэВ}^{-2}$$

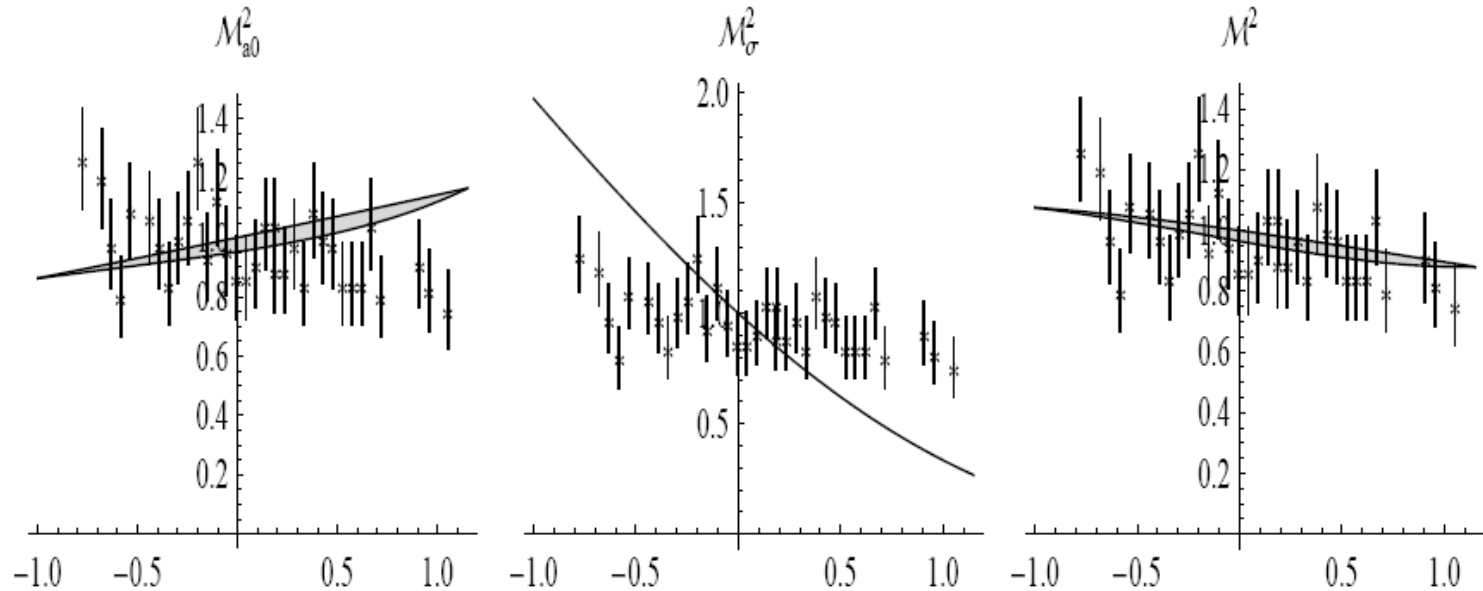
Обсуждение результатов

Каков вклад в реальную и мнимую часть амплитуды от различных резонансов?



- a_0 -мезон дает основной вклад в действительную часть амплитуды.
- Основной вклад в мнимую часть – от σ
- Для описания $B\pi$ можно обойтись и без σ -мезона

Обсуждение результатов

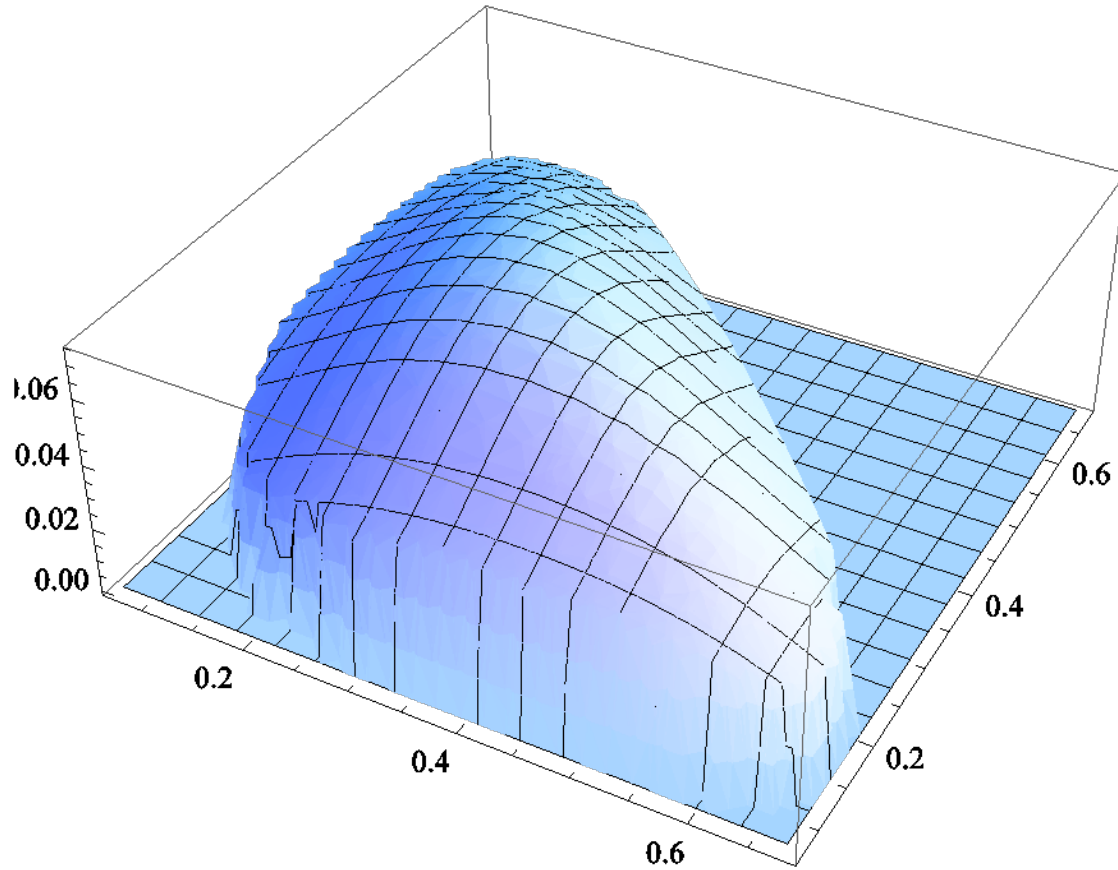


- Оставляем только a_0 - неправильный наклон диаграммы Далитца по переменной Y .
- Учет σ -резонанса и интерференции исправляет ситуацию

Выводы

- Диаграмма Далитца хорошо описывается в резонансном приближении с участием a_0 - и σ -мезонов
- Для описания $B\gamma$ достаточно включения только a_0 -мезона, но не получается наклон
- Для правильного описания Далитц-плота **необходим** учет σ -мезона и интерференции с a_0
- Распад $\eta' \rightarrow \eta \pi^0 \pi^0$ позволяет увидеть σ -мезон в равной мере как он виден в K_{e4}

$$\eta' \rightarrow 3\pi^0$$



В этом распаде нарушается изоспин

Связь с предыдущим распадом:

D.J. Gross et al,
Phys.Rev. **D19**, 2188
(1979)

$$\Gamma(\eta' \rightarrow 3\pi^0) = (16.8) \sin^2 \lambda \Gamma(\eta' \rightarrow \eta\pi^0\pi^0)$$

где $\sin \lambda = \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{m_d - m_u}{m_s} \approx 0.02$ - смешивание π^0 - η

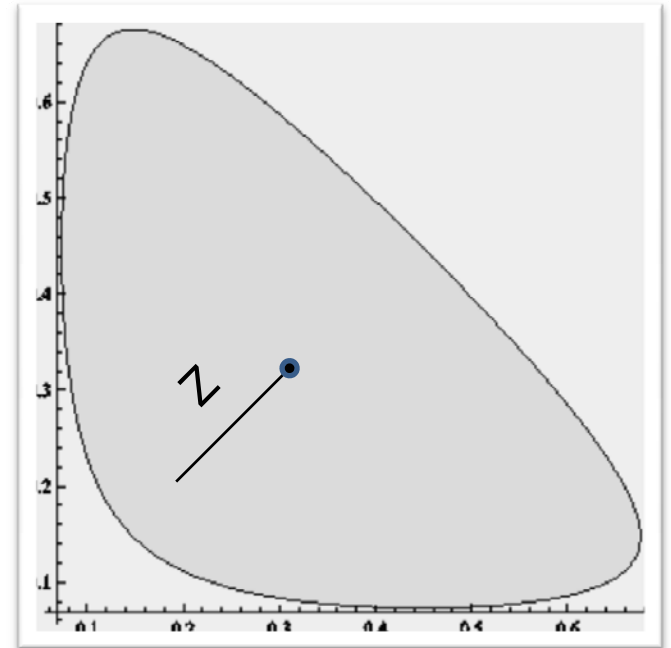
Предполагалось, что распределения Далитца плоские

Но это не так!!!

Киральная параметризация

$$Z = \frac{1}{M_{\eta'} - 3m_\pi} \sum_i \left(T_i - \frac{M_{\eta'}}{3} \right)^2$$

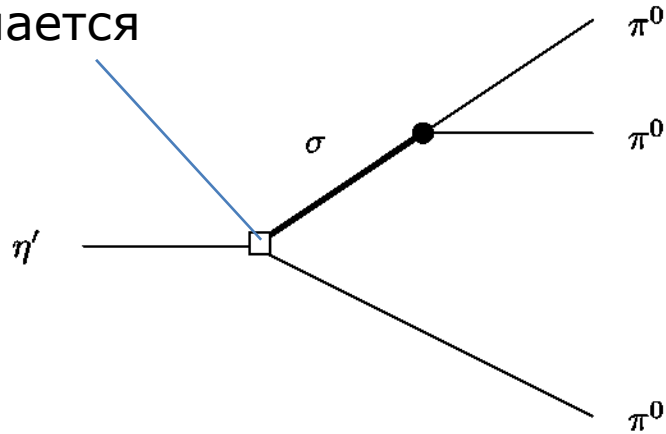
$$|M|^2 = N(1 + \beta Z + \dots)$$



$$\beta = -0.59 \pm 0.18$$

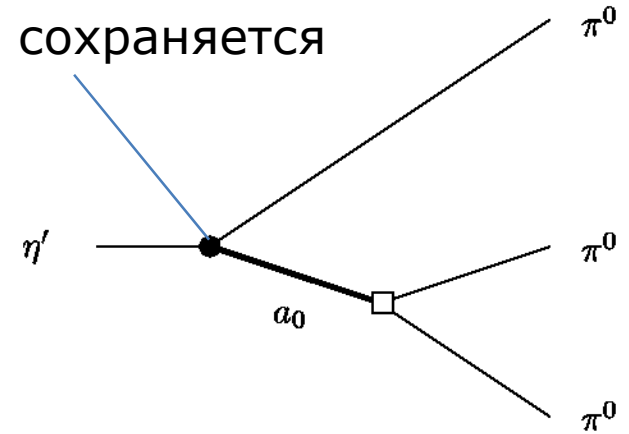
резонансная параметризация

Изоспин
нарушается



(a)

Изоспин
сохраняется

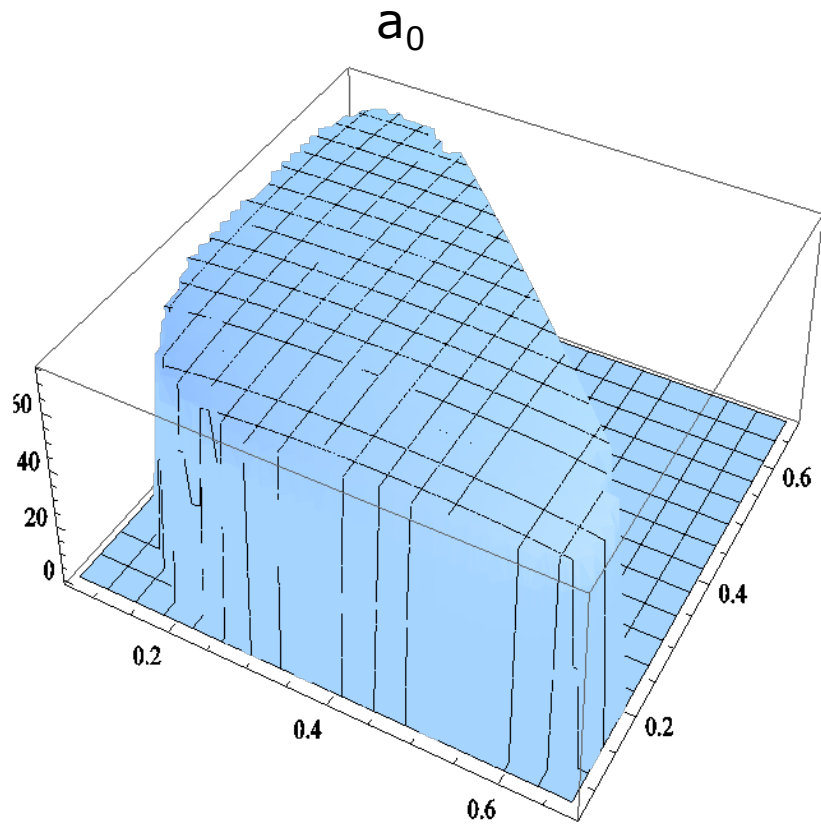


(b)

$$A = \varepsilon_{\sigma} A_{\sigma} (s_{12}, s_{13}, s_{23}) + \varepsilon_a A (s_{12}, s_{13}, s_{23})$$

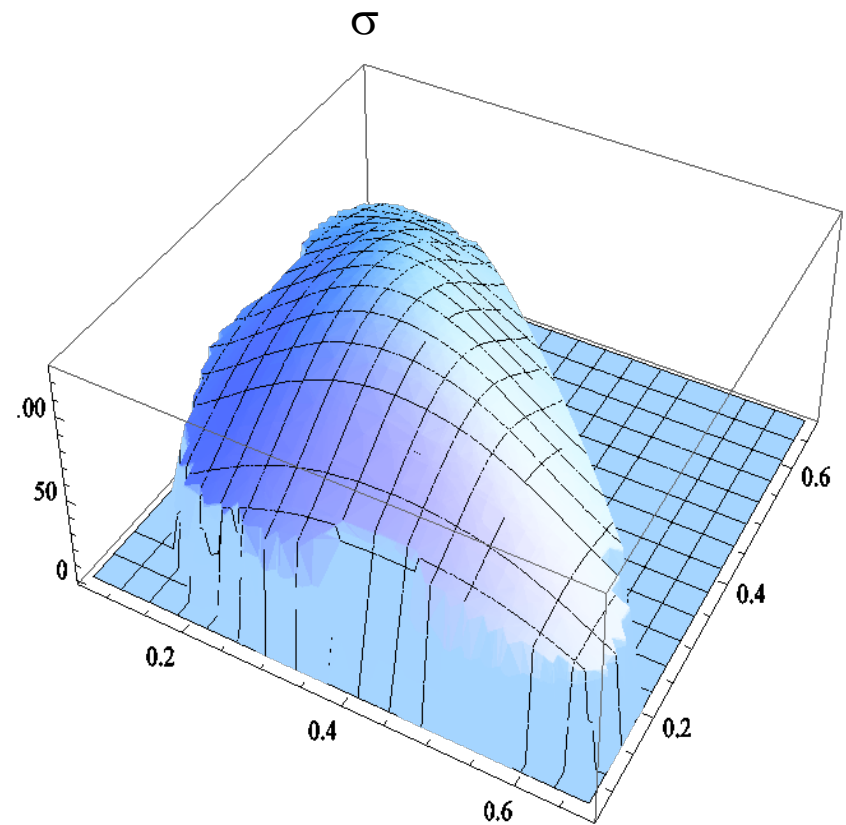
$A_{\sigma, a}$ – симметризованные амплитуды из предыдущего распада

$\varepsilon_{\sigma, a}$ – параметры нарушения изоспина



$$N = 74.3$$

$$\beta = -0.067$$

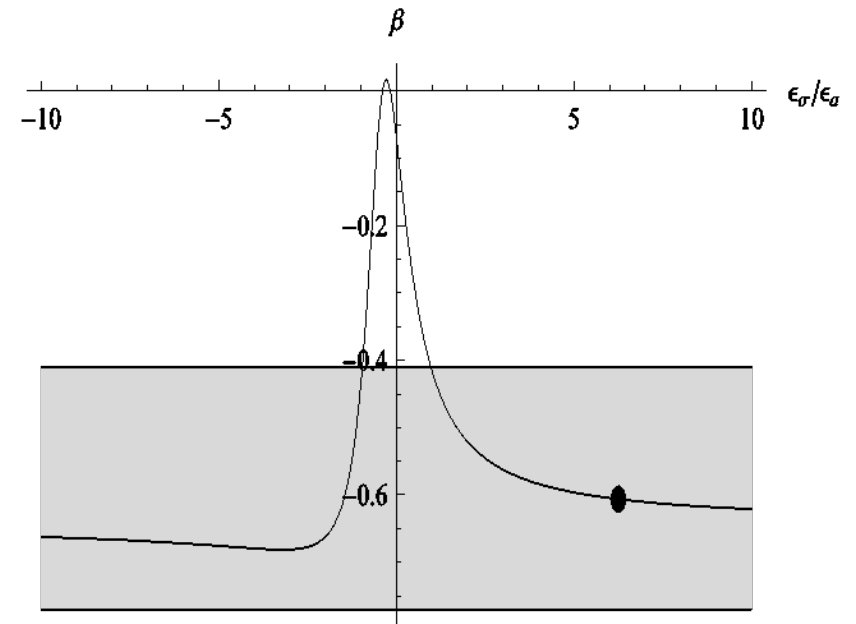
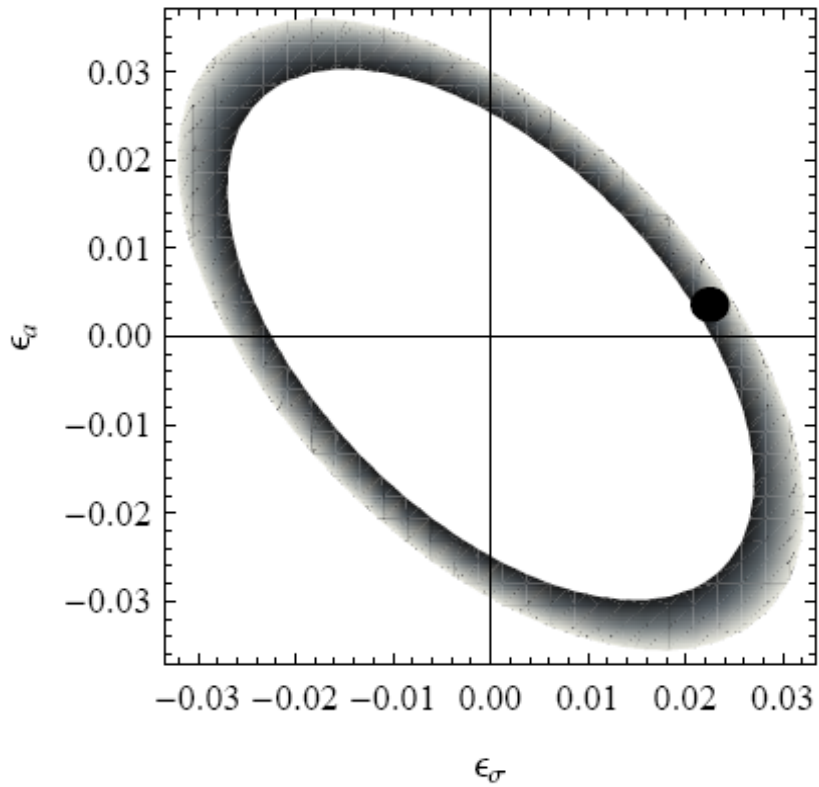


$$N = 116.9$$

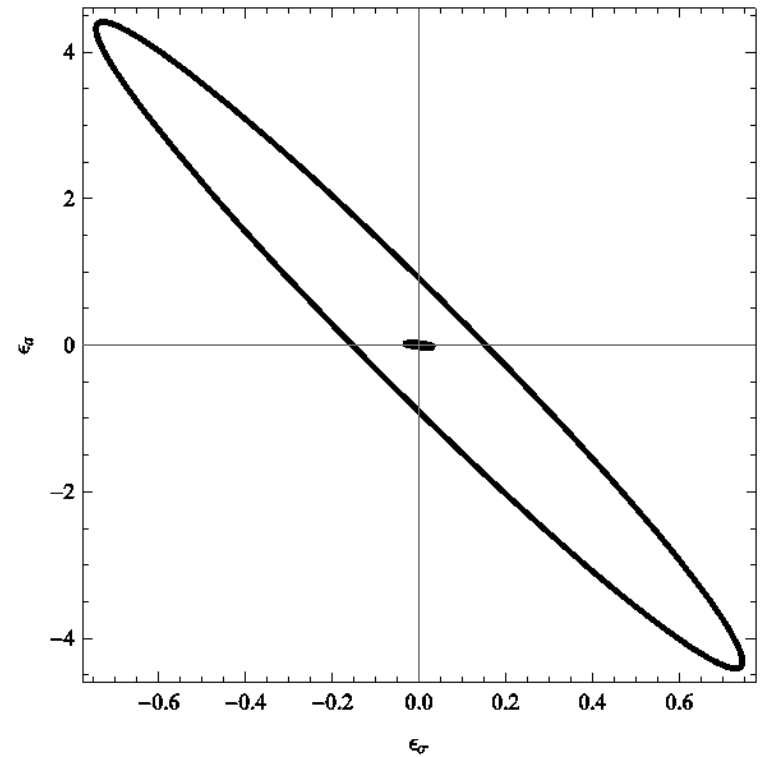
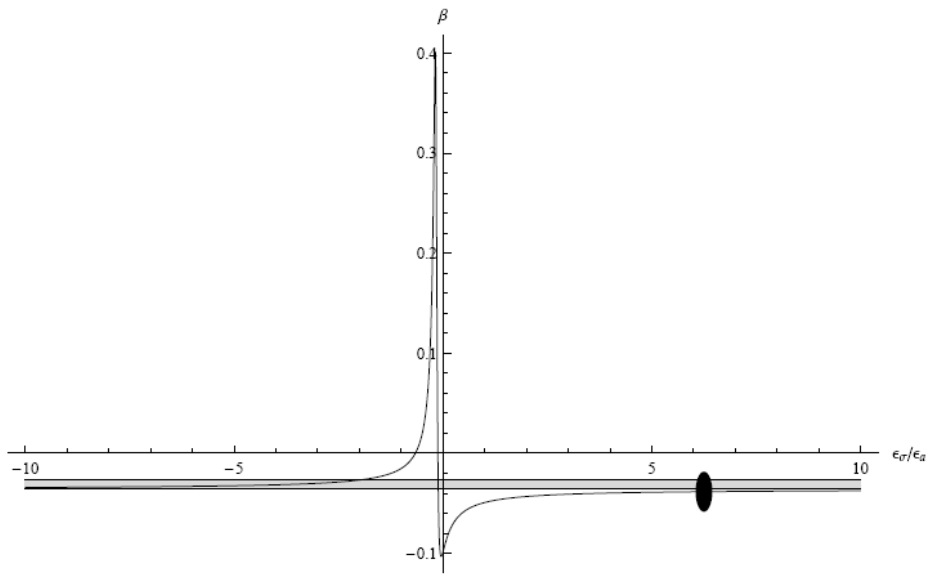
$$\beta = -0.64$$

$$\varepsilon_a = 0.0036, \quad \varepsilon_\sigma = 0.023$$

$$\eta' \rightarrow 3\pi^0$$



$$\eta \rightarrow 3\pi^0$$



Заключение

1. $\eta' \rightarrow \eta\pi\pi$: хорошо описывается в рамках резонансной модели. Учет σ -мезона необходим
2. $\eta' \rightarrow 3\pi$: Также необходим σ -мезон. Нарушение изоспина зависит от канала (для a_0 -мезона больше)
3. $\eta \rightarrow 3\pi$: Получается наклон далитц-плота, но плохо предсказывается ширина