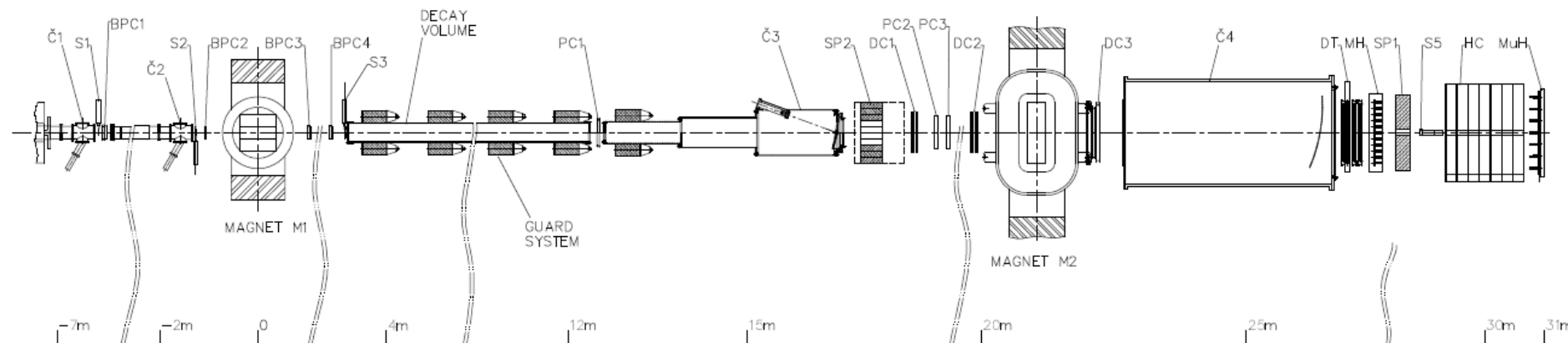


Перспективы физики каонов на У-70

- Анализ данных с установки ИСТРА+
- Статус эксперимента «ОКА»
- R&D по эксперименту «KLOD»

Завершение анализа данных ИСТРА+

Установка ИСТРА+ (ИЯИ-РАН, ОИЯИ, ИФВЭ)



$p \sim -25 \text{ GeV}$; $\Delta p/p \sim 1.5\%$; $K^- \sim 3\%$; $I \sim 3 \cdot 10^6 / 1.9 \text{ sec}$

$$T = S_1 * S_2 * S_3 * \bar{S}_4 * \check{C}_0 * \bar{C}_1 * \bar{C}_2 * \bar{S}_5 * (\Sigma_{SP1} > \text{mip})$$

Основная статистика набрана в Декабре 2001 г. $\sim 1000\text{M}$ событий и $\sim 500\text{M}$ Geant MC

ИСТРА+ основные результаты

3 сеанса в 1999-2001 гг. ~ 1000 М событий; ~ 500 М событий Geant-3 MC.

- Изучение на большой статистике распадов $K^- \rightarrow e^- (\mu^-) \nu \pi^0$
 K_{e3} : Phys. Lett. B589(2004)111 ; $K_{\mu3}$: Phys. Lett. B581(2004)31
- Измерение параметров Вайнберга в распаде $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \pi^0$
Phys. Lett. B567(2003)159
- Поиски легкого псевдоскалярного сголдстино в распаде $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 P$
Phys.Lett.B602(2004)149-156
- Измерение доли структурного излучения в распаде $K^- \rightarrow \pi^- \pi^0 \gamma$
ЯФ 69 N1(2006)1.
- Первое наблюдение распада $K^- \rightarrow \mu^- \nu \pi^0 \gamma$
her-ex/0506023, Препринт ИФВЭ 2005-20, ЯФ 70 N1(2007)1-7
- Исследование на большой статистике распада $K^- \rightarrow e^- \nu \pi^0 \gamma$
her-ex/0510064, Препринт ИЯИ 1150/2005, ЯФ 70 N4(2007)734-740
- Точное измерение Br $K^- \rightarrow e \nu \pi^0$
her-ex/07041863, Препринт ИФВЭ 2007-5
- Измерение интерференционного члена INT- в радиационном распаде каона $K^- \rightarrow \mu^- \bar{\nu} \gamma$
Препринт ИФВЭ 2008-27

Эти исследования проводились в условиях конкуренции/сотрудничества с KTeV; E246(KEK); E787(BNL); KLOE; NA48

ИСТРА+ основные результаты

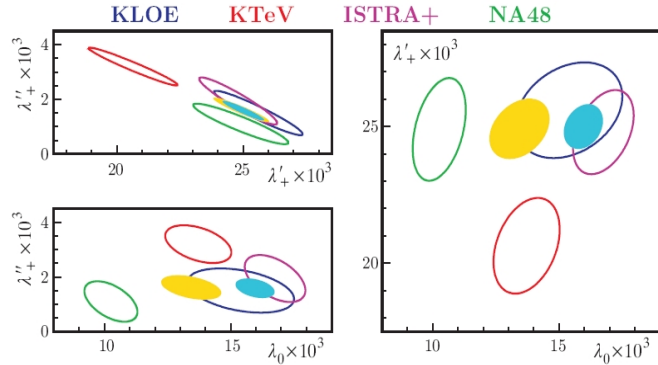


Figure 3: 1- σ contours for λ'_+ , λ''_+ , λ_0 determinations from ISTRA+ (pink ellipse), KLOE (blue ellipse), KTeV (red ellipse), NA48 (green ellipse), and world average with (filled yellow ellipse) and without (filled cyan ellipse) the NA48 $K_{\mu 3}$ result.

FlaviaNet Working group arXiv:0801.1817 hep-ph

Citation: C. Amsler et al. (Particle Data Group), PL **B667**, 1 (2008) (URL: <http://pdg.lbl.gov>)

f_S/f_+ FOR $K_{\mu 3}^\pm$ DECAY

Ratio of scalar to f_+ couplings.

VALUE (units 10^{-2})	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	CHG	COMMENT
$0.17 \pm 0.14 \pm 0.54$	540k	¹²⁰ YUSHCHENKO04	ISTR	—	DP
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •					
$0.4 \pm 0.5 \pm 0.5$	112k	¹²¹ AJINENKO 03	ISTR	—	DP

¹²⁰ The second error is the theoretical error from the uncertainty in the chiral perturbation theory prediction for λ_0 , ± 0.0053 , combined in quadrature with the systematic error ± 0.0009 .

¹²¹ The second error is the theoretical error from the uncertainty in the chiral perturbation theory prediction for λ_0 . Superseded by YUSHCHENKO 04.

f_T/f_+ FOR $K_{\mu 3}^\pm$ DECAY

Ratio of tensor to f_+ couplings.

VALUE (units 10^{-2})	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	CHG	COMMENT
$-0.07 \pm 0.71 \pm 0.20$	540k	YUSHCHENKO04	ISTR	—	DP
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •					
$-2.1 \pm 2.8 \pm 1.4$	112k	¹²² AJINENKO 03	ISTR	—	DP
2 ± 12	1585	BRAUN 75	HLBC		

¹²² The second error is the theoretical error from the uncertainty in the chiral perturbation theory prediction for λ_0 . Superseded by YUSHCHENKO 04.

$\Gamma(\pi^0 e^+ \nu_e \gamma) / \Gamma(\pi^0 e^+ \nu_e)$

Γ_{18}/Γ_3

VALUE (units 10^{-2})	CL%	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	CHG	COMMENT
0.505 ± 0.032						OUR AVERAGE
$0.47 \pm 0.02 \pm 0.03$	4476	⁴⁵ AKIMENKO 07	ISTR	—		Error includes scale factor of 1.3. See the ideogram below.
0.46 ± 0.08	82	⁴⁶ BARMIN 91	XEBC			$E_\gamma > 10 \text{ MeV}$, $0.6 < \cos(\theta_{e\gamma}) < 0.9$
0.56 ± 0.04	192	⁴⁷ BOLOTOV 86B	CALO	—		$E_\gamma > 10 \text{ MeV}$

$\Gamma(\pi^0 \mu^+ \nu_\mu \gamma) / \Gamma_{\text{total}}$

Γ_{20}/Γ

VALUE (units 10^{-5})	CL%	EVTS	DOCUMENT ID	TECN	CHG	COMMENT
$1.46 \pm 0.22 \pm 0.32$		153	⁵⁰ TCHIKILEV 07	ISTR	—	$30 < E_\gamma < 60 \text{ MeV}$
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •						
$2.4 \pm 0.5 \pm 0.6$		125	SHIMIZU 06	K470	+	$E_\gamma > 30 \text{ MeV}$; $\Theta_{\mu\gamma} > 20^\circ$
< 6.1	90	0	LJUNG 73	HLBC	+	$E(\gamma) > 30 \text{ MeV}$

K_{μ2γ} : теория и эксперимент

$$x = \frac{2E_\gamma}{M_K}, y = \frac{2E_\mu}{M_K}.$$

$$\rho(x, y) = \rho_{IB} + \rho_{SD} - \rho_{INT}$$

$$\rho_{IB} = A_{IB} f_{IB}(x, y)$$

$$\rho_{SD} = A_{SD}((F_V + F_A)^2 f_{SD+} + (F_V - F_A)^2 f_{SD-})$$

$$\rho_{INT} = A_{INT}((F_V + F_A) f_{INT+} + (F_V - F_A) f_{INT-})$$

$$f_{IB} = \left(\frac{(1-y+r)}{x^2(x+y-1-r)} \right) (x^2 + 2(1-x)(1-r) - \frac{2xr(1-r)}{(x+y-1-r)}) \times$$

$$f_{SD+} = (x+y-1-r)((x+y-1)(1-x)-r)$$

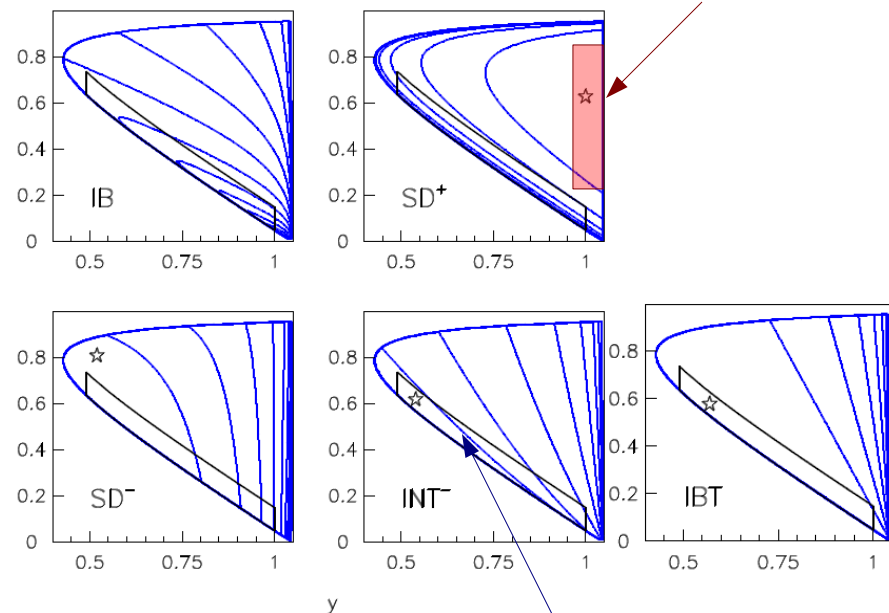
$$f_{SD-} = (1-y+r)((1-x)(1-y)+r)$$

$$f_{INT+} = \left(\frac{1-y+r}{x(x+y-1-r)} \right) ((1-x)(1-x-y)+r)$$

$$f_{INT-} = \left(\frac{1-y+r}{x(x+y-1-r)} \right) (x^2 - (1-x)(1-x-y) - r)$$

$$r = \left(\frac{M_\mu}{M_K} \right)^2, A_{IB} = \Gamma_{K\mu 2} \frac{\alpha}{2\pi} \frac{1}{(1-r)^2}$$

$$A_{SD} = \Gamma_{K\mu 2} \frac{\alpha}{8\pi} \frac{1}{r(1-r)^2} \left(\frac{M_K}{F_K} \right)^2, A_{INT} = \Gamma_{K\mu 2} \frac{\alpha}{2\pi} \frac{1}{(1-r)^2} \left(\frac{M_K}{F_K} \right)$$



Теория: O(p4) χ PT J.Bijnens et al., Nucl.Phys.B396(1993)81

O(p6) χ PT+LFQM C.H.Chenet al., hep-ph/0710297

O(p6) χ PT+VDM C.Q.Geng et al., Nucl.Phys.B684(2004)281

Fv+Fa=0.137 ; Fv-Fa=0.055

Fv+Fa=0.116 ; Fv-Fa=0.048

Fv+Fa=0.142 ; Fv-Fa=0.070

Эксп. : E787(BNL) Phys.Rev.Lett.85(2000)2256

E865(BNL) Phys.Rev.Lett.89(2002)061803 ($\mu\nu e^+e^-$) Fv+Fa=0.147 $\pm$ 0.021; Fv-Fa=0.077 $\pm$ 0.02

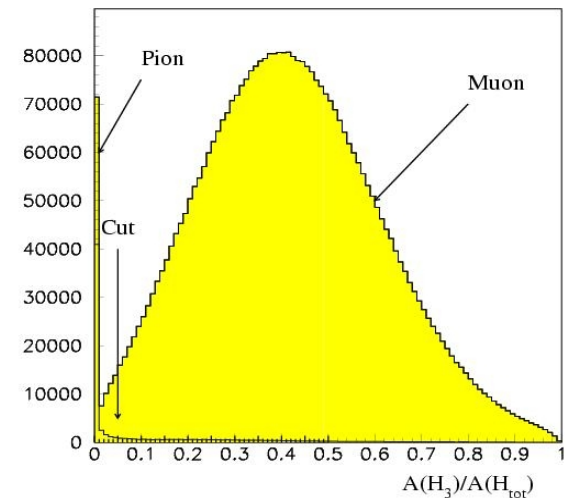
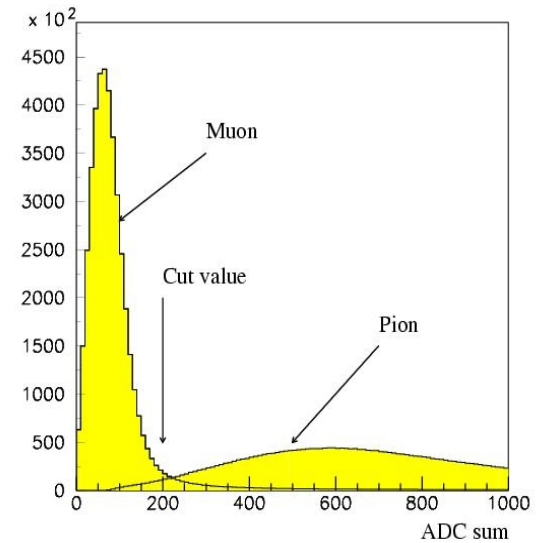
|Fv+Fa|=0.155 $\pm$ 0.008; -0.04<Fv-Fa<0.24

Отбор событий $K_{\mu 2\gamma}$

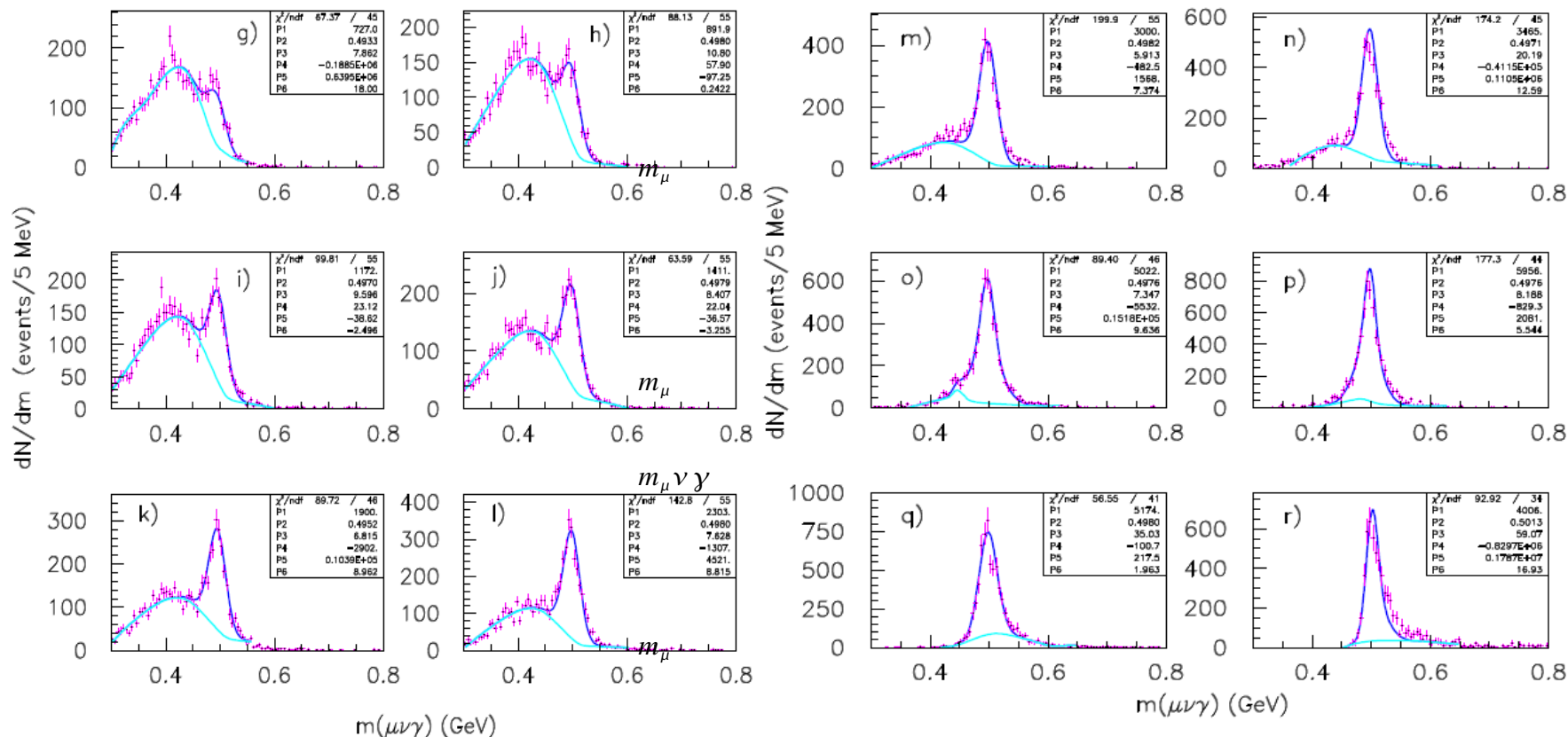
- Один заряженный трек и один ливень в SP1
- $400 < Z_{\text{vtx}} < 1600$ см.
- Идент. μ по SP1 и HCAL $\text{eff}_{\mu} = 88\%$ $\mu \leftrightarrow \pi = 3\%$
- $E_K - E_{\mu} - E_{\gamma} > 0$
- VETO: нет сигналов в SP2 и GS

Сигнал $K_{\mu 2\gamma}$ определяется по $m_{\mu\nu\gamma}$, $\vec{p}_{\nu} = \vec{p}_K - \vec{p}_{\mu} - \vec{p}_{\gamma}$, $m_{\nu} = 0$

Анализ проводился в области $1.045 < x+y < 1.15$, $\Delta y = 0.03$



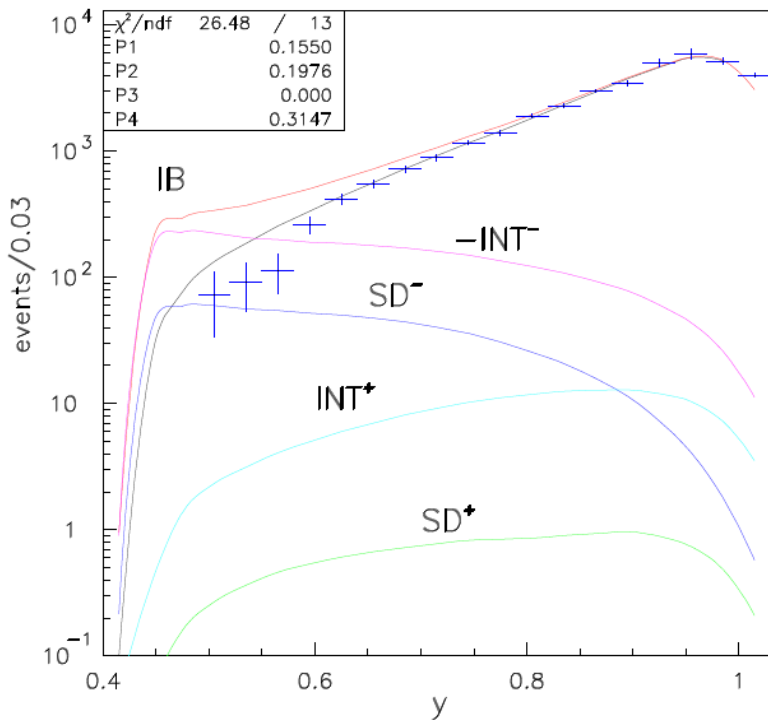
$$M_{\mu\nu\gamma}, \quad x_b < x < x_b + 0.1, \quad y = 0.49 \pm 1, \quad \Delta y = 0.03$$



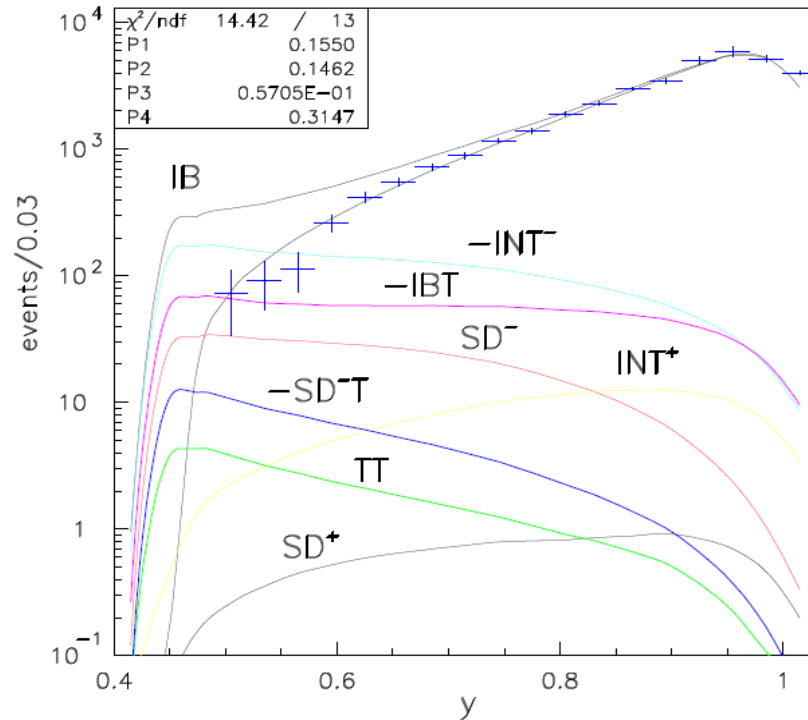
Сигнал параметризуется двумя Гауссианами (параметры из МС); фон- МС+полином

Полное число событий $K_{\mu 2\gamma} \sim 37K$

Определение $F_V - F_A$, F_T



$$F_V - F_A = 0.194 \pm 0.02$$



Эффект добавления T

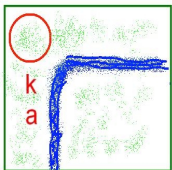
Систематика оценивалась путем изменения параметризации фона, изменения диапазона фитирования по -y- и скейлинга ошибок

$$F_V - F_A = 0.194 \pm 0.02 \pm 0.03$$

Теория: $F_V - F_A = 0.055 \div 0.07$

Если включить в фит тензор : $F_V - F_A = 0.16 \pm 0.08$; $F_T = 0.067 \pm 0.03$

ИСТРА+ впервые наблюдает интерференцию тормозного и структурного излучения (INT-) в распаде $K \rightarrow \mu \nu \gamma$, определена разница векторной и аксиальной констант, получено ограничение на тензорное взаимодействие



Эксперимент ОКА- “Опыты с Каонами” на сепарированном $K^\pm$ пучке У-70

Совместный эксперимент ИФВЭ-ИЯИ-ОИЯИ

«Обычные» эксперименты с каонами ограничены % содержанием каонов в пучке (ИСТРА- 3%).

Два способа увеличения светимости:

- Несепарированные пучки сверхвысокой интенсивности (NA-62 $2.5 \times 10^9 / 4.8 \text{ sec}$)
- Сепарированные(обогащенные) пучки средней интенсивности

При энергии $< 1 \text{ ГэВ}$ используются электростатические ЕХВ дефлекторы(E949 BNL; E246 КЕК)

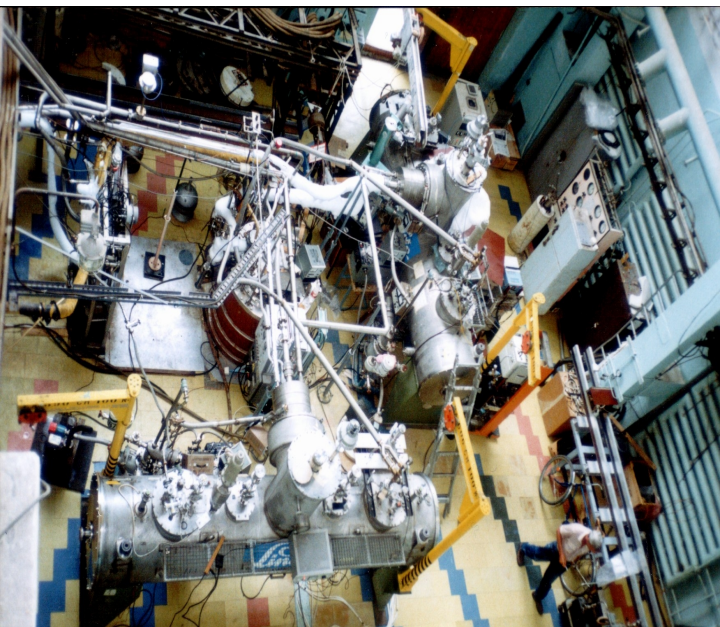
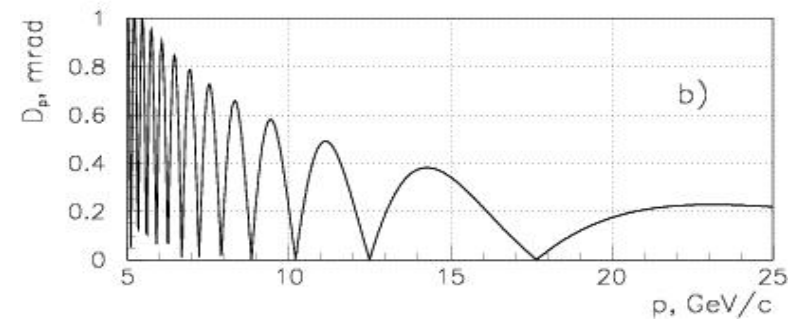
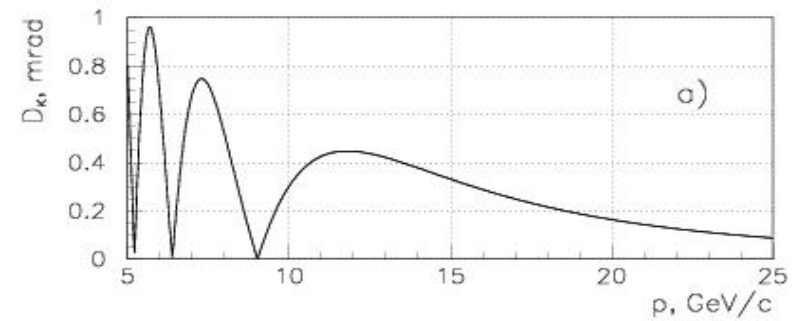
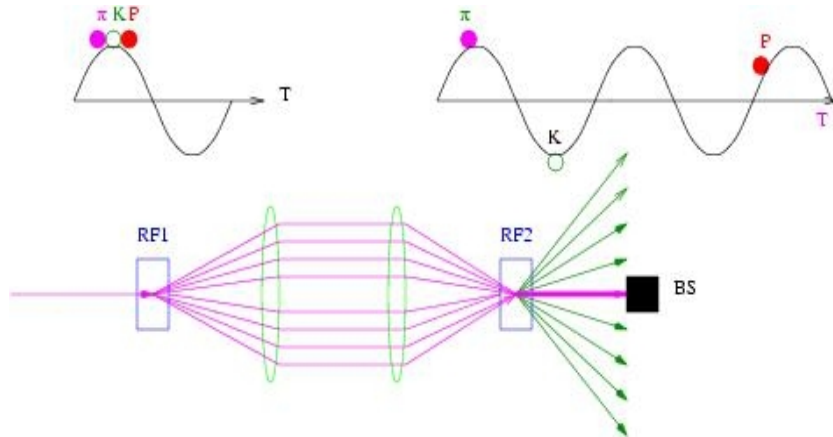
В эксперименте «ОКА» используются сверхпроводящие СВЧ-дефлекторы построенные в Карслруэ и использовавшиеся в ЦЕРН на SPS:

- Рабочая частота 2865 МГц
- Рабочая температура $\sim 1.8 \text{ К}$
- Отклоняющее поле $\sim 1 \text{ МВ/м}$



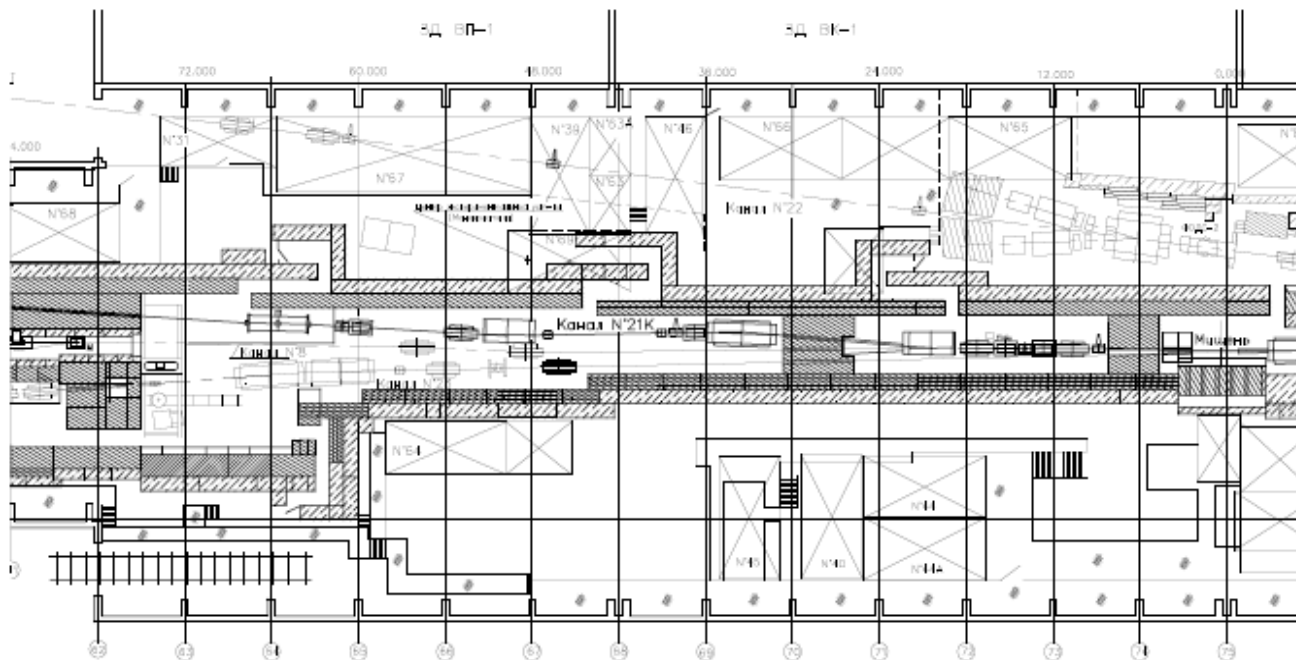
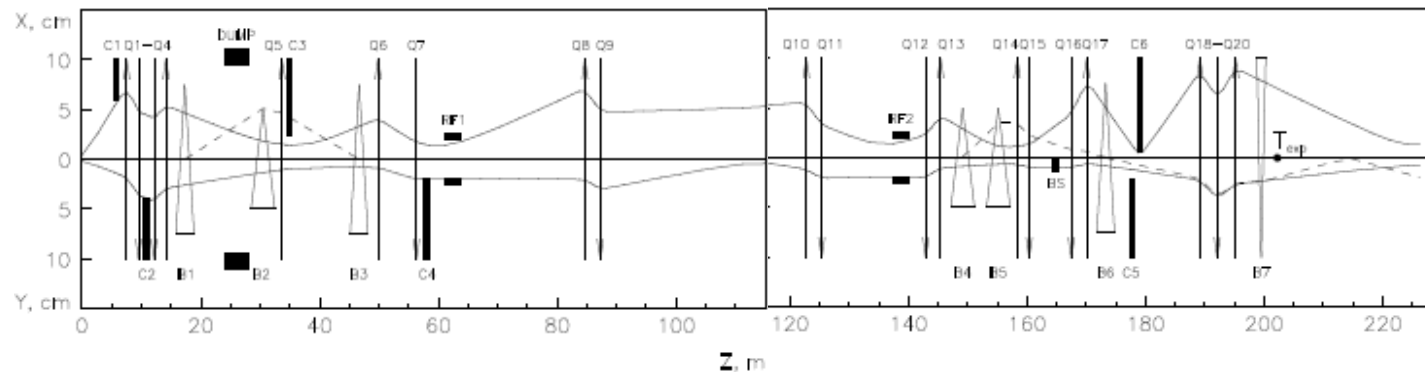
В 1998 г. переданы в ИФВЭ - начало проекта (сессия ОЯФ ИТЭФ 17 Ноября 1998г.)

Схема ВЧ-сепарации (Пановский)



ВЧ-дефлекторы во время испытаний при $T=1.8K$ (2004 г.)

Схема канала 21К (Препринт ИФВЭ 2003-4)



Расчетные параметры пучка:

- Протонный пучок 65 ГэВ
 2×10^{13} ppp
- вторичный пучок
12.6 или 18 ГэВ
- Интенсивность 4×10^6
- Каонов в пучке ~50%

Канал 21К



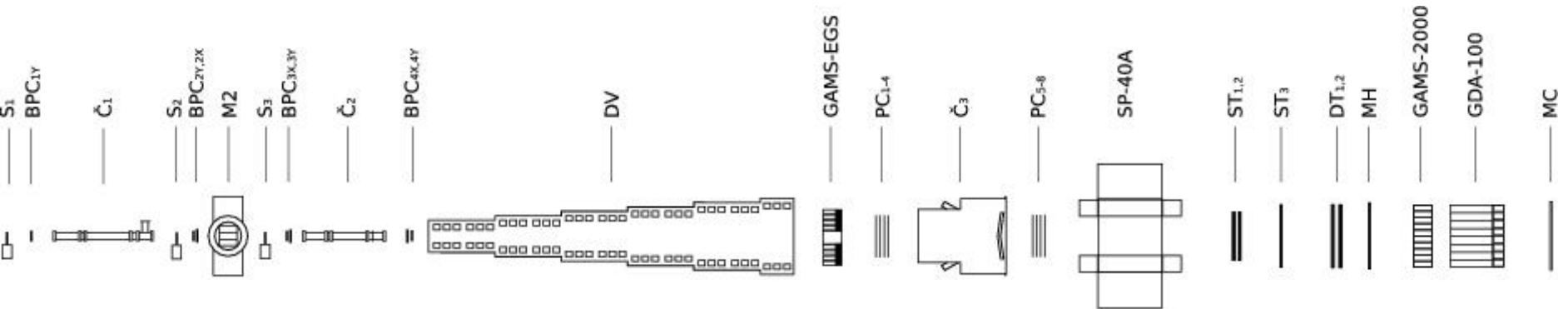
Хвост канала 21К



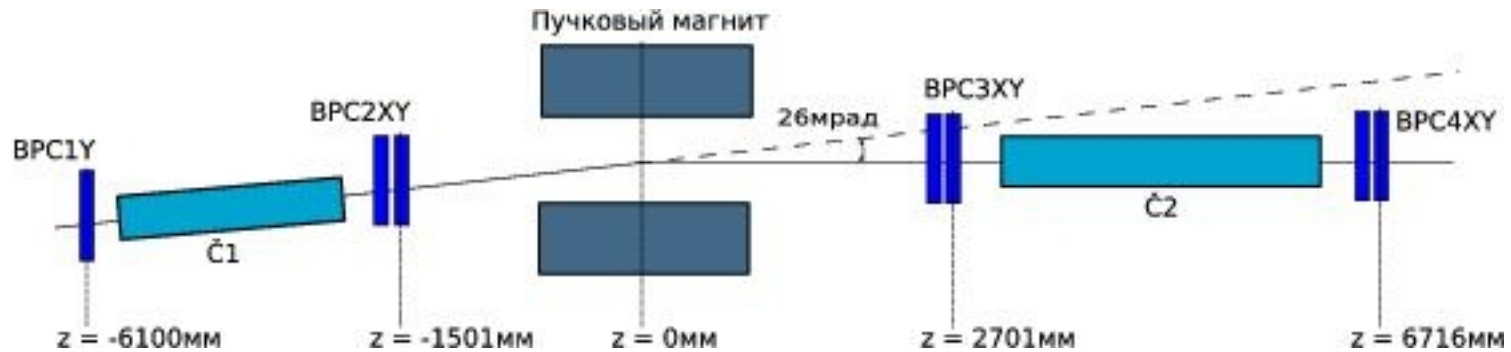
Криогенная система канала 21К



Установка “ОКА”



Пучковый спектрометр



- Сцинтилляционные(7) и черенковские(2) счетчики

3 сц., 3 тонких (2мм.) с “щелевыми” ФЭУ

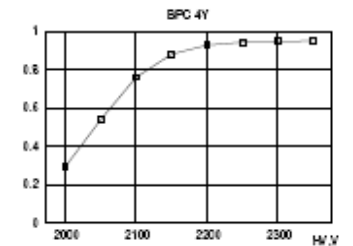
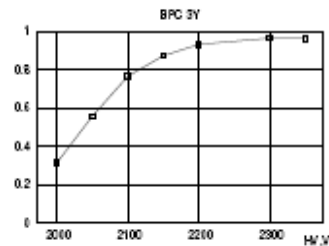
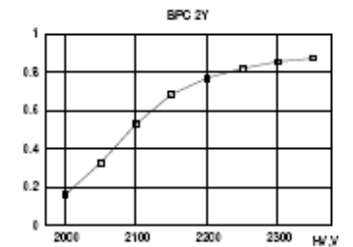
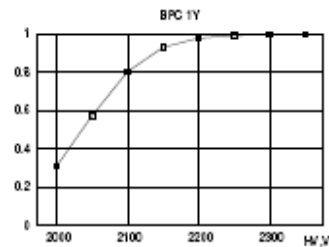
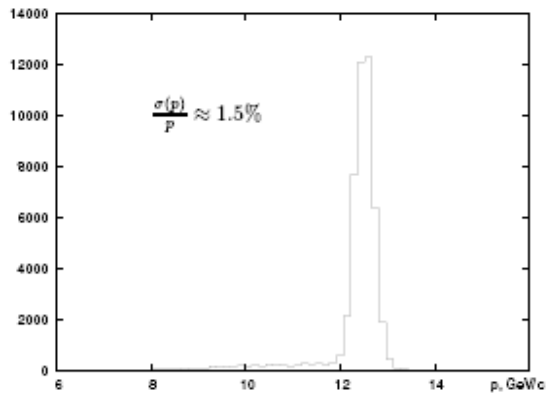
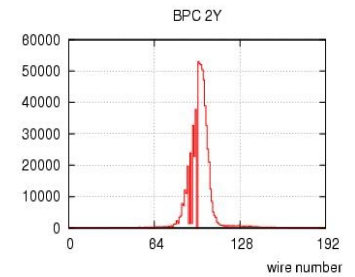
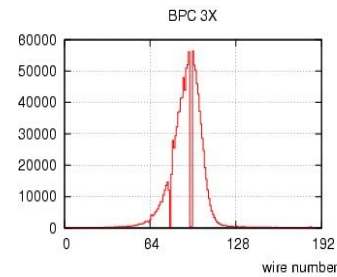
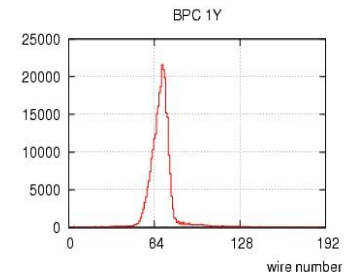
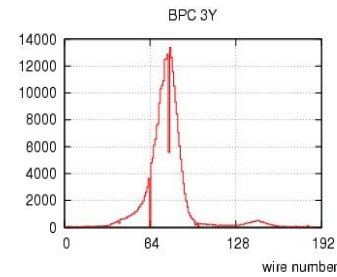
Черенковские счетчики заполнены воздухом (1 атм.) и SF_6 (эле-газ $n-1=7,8 \times 10^4$ 1,4 атм.)

- Годоскопы 3 годоскопа из сц.-волокна, ф-дет. многоанодный ФЭУ

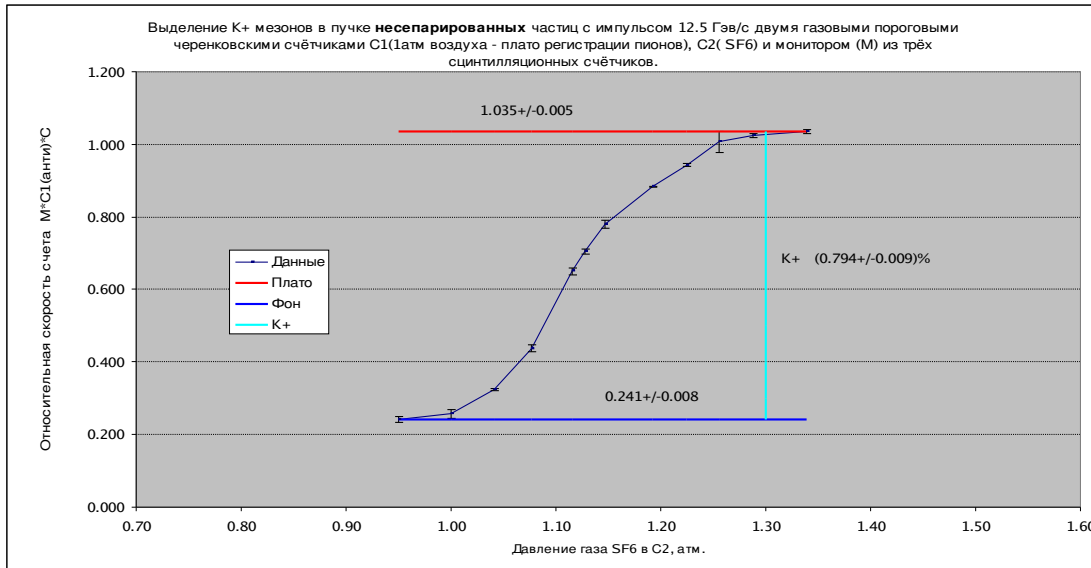
- Узкоззорные пропорциональные камеры, 7 плоскостей $20 \times 20 \text{ см}^2$, 188 каналов/камеру (шаг 1,084 мм.) ; Газовая смесь: 80% фреона-14(CF_4) и 20% изобутана(C_4H_{10})

Камеры изготовлены в ЛЯП-ОИЯИ (Б.Ж.Залиханов)

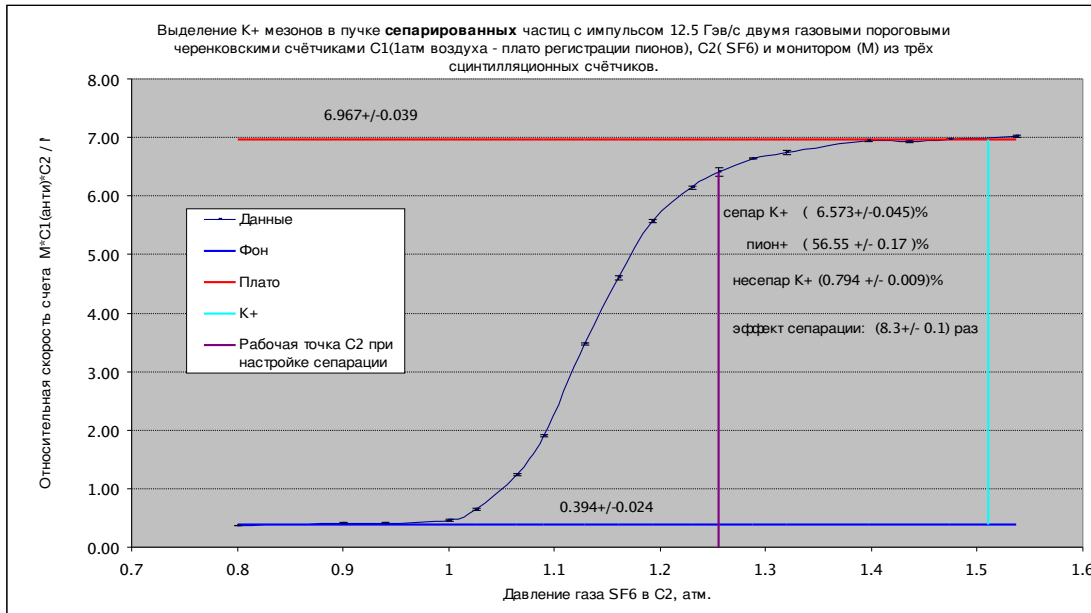
Пучковый спектрометр



Определение состава пучка



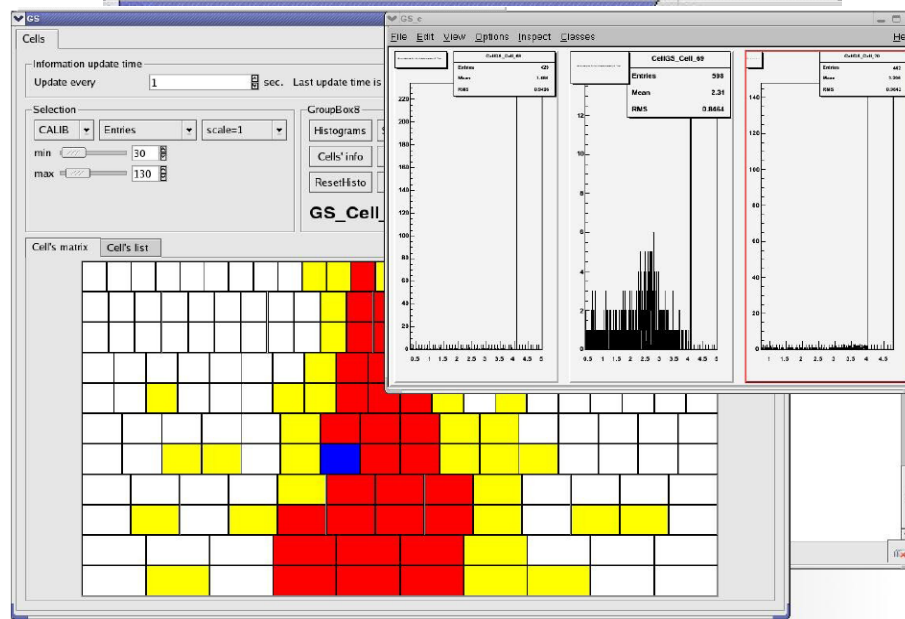
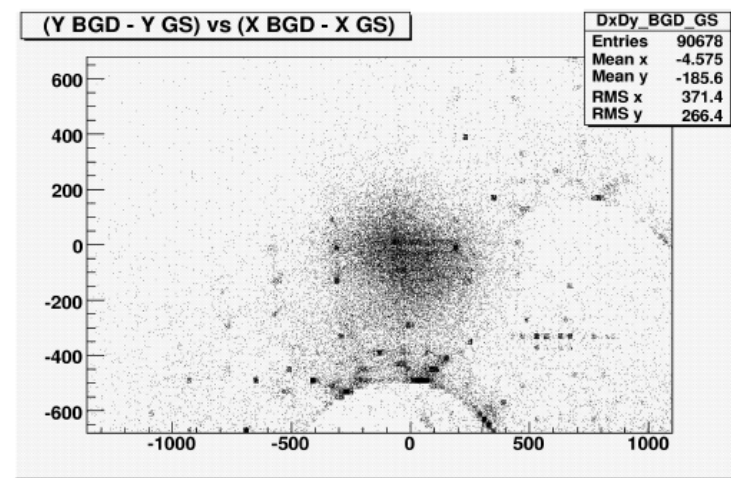
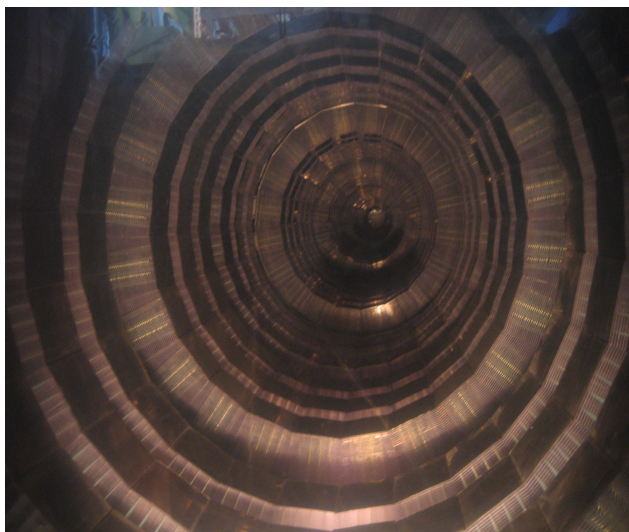
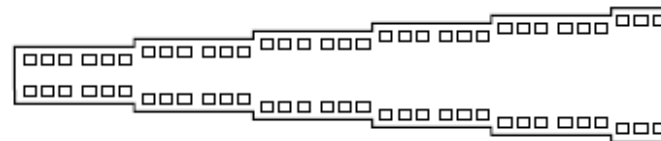
$$S_1 S_2 S_3 C_1 C_2 / S_1 S_2 S_3$$



В Декабре 2008 г. Получена стабильная работа канала 21К с 25% каонов в пучке и полной интенсивностью ~2 миллиона. Для выхода на проектную интенсивность летом 2009 г. будет проведена окончательная очистка СВЧ структуры RF2

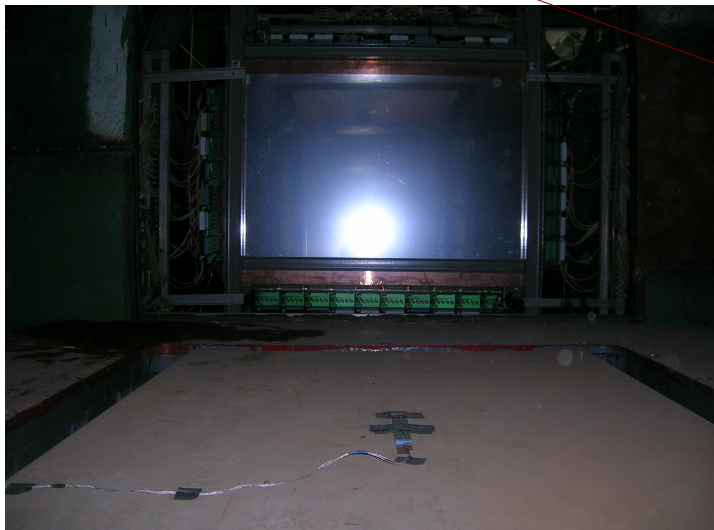
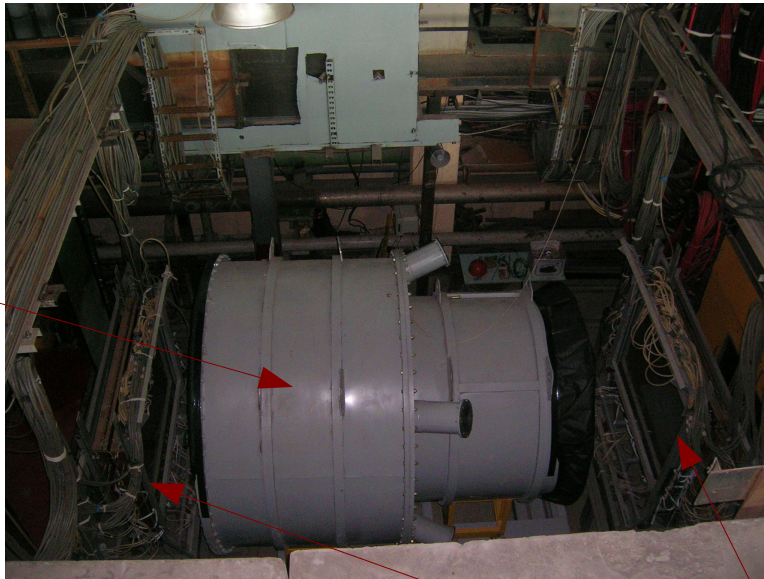
Вето-система

$(5\text{ мм Сц.} + 1.5\text{ мм Pb}) \times 21$ Полная длина $\sim 11\text{ м.}$, 191 ФЭУ-84

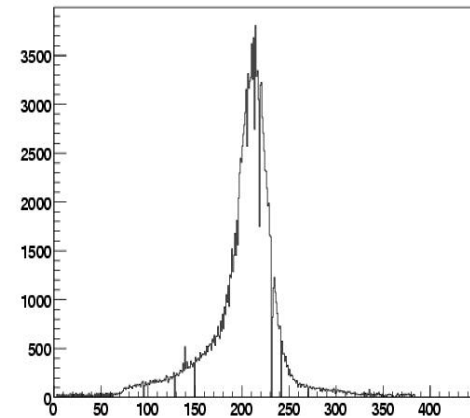


Большой С-счетчик, Большие ПК

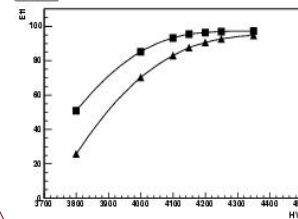
$\varepsilon_e \sim 95\%$



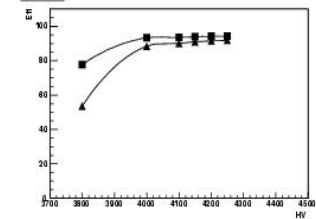
pcd11y prof2



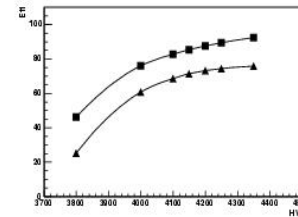
pcd11y



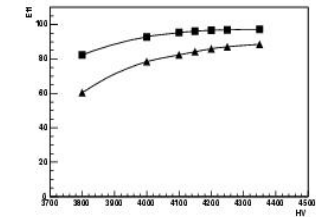
pcd12x



pcd13x



pcd14y



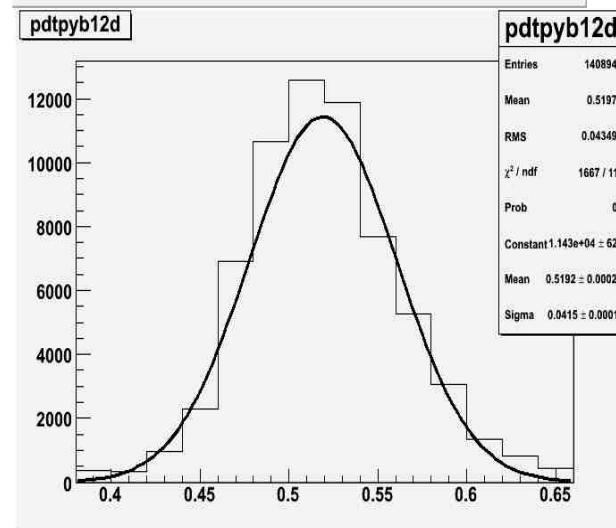
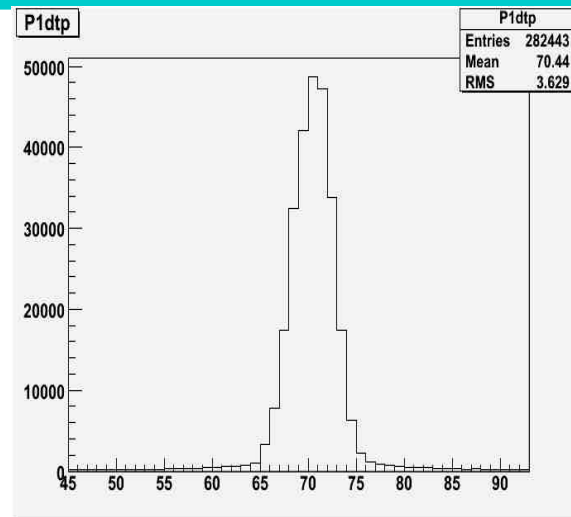
Профиль и пороговые кривые ПК

$\text{Ar:Ib:Fr}_{12} = 70\%:28.8\%:0.2\%$

Straw-трубки

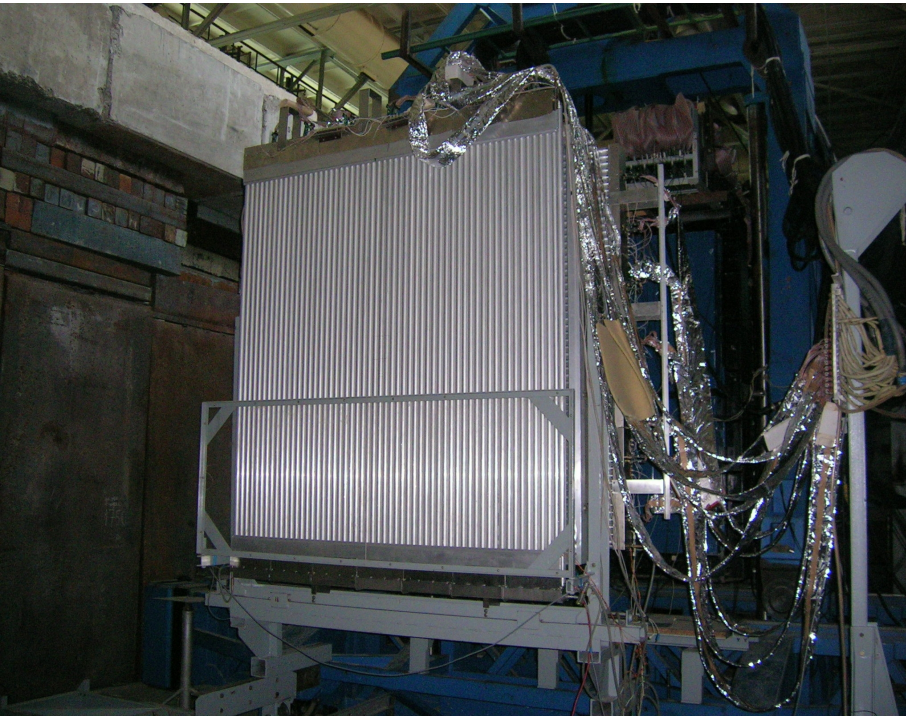


Изготовлены в ЛФВЭ ОИЯИ(В.Д.Пешехонов)
 2 плоскости $140 \times 140 \text{ см}^2$ + 1 плоскость $180 \times 180 \text{ см}^2$
 два слоя 9мм straw-трубок , всего 920 каналов
 Рабочий газ $\text{Ar}:\text{CO}_2$ 80%:20%



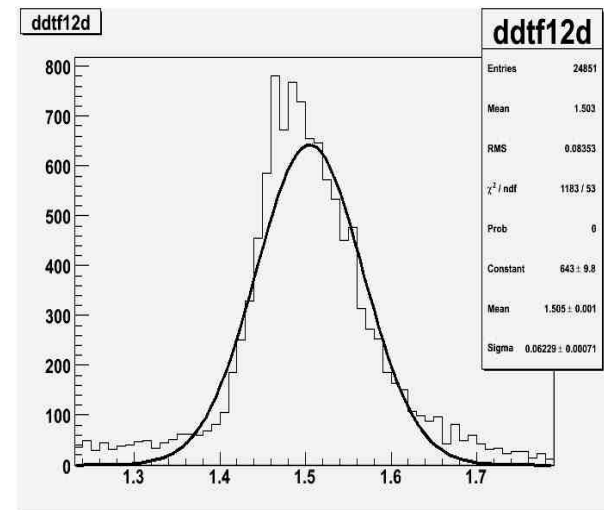
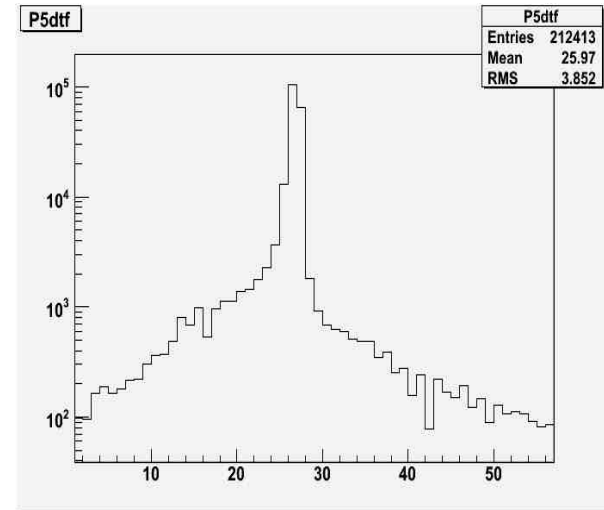
пространственное разрешение $\sigma \sim 300 \text{ мкм}$
 (в ошибке доминирует бин ВЦП (5 нсек, ЛЭ-78))

Дрейфовые трубки



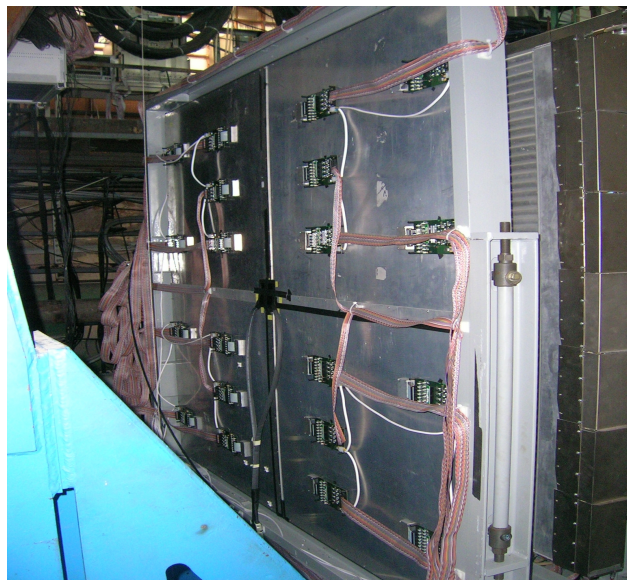
Две плоскости, каждая плоскость — 3 слоя
по 56 3см трубок, всего 336 каналов
Рабочий газ $\text{Ar}:\text{CO}_2$ 88%:12%

Система полностью запущена

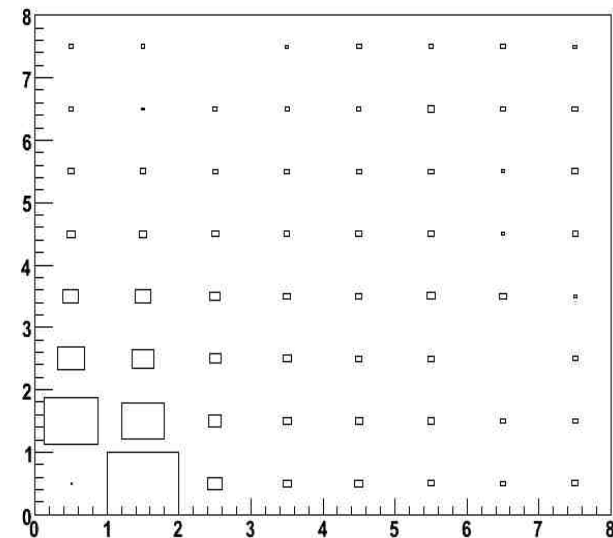


Получено пространственное разрешение $\sigma \sim 400 \mu\text{м}$
(в ошибке доминирует бин ВЦП (5 нсек, ЛЭ-78))

Падовый годоскоп ИЯИ-РАН



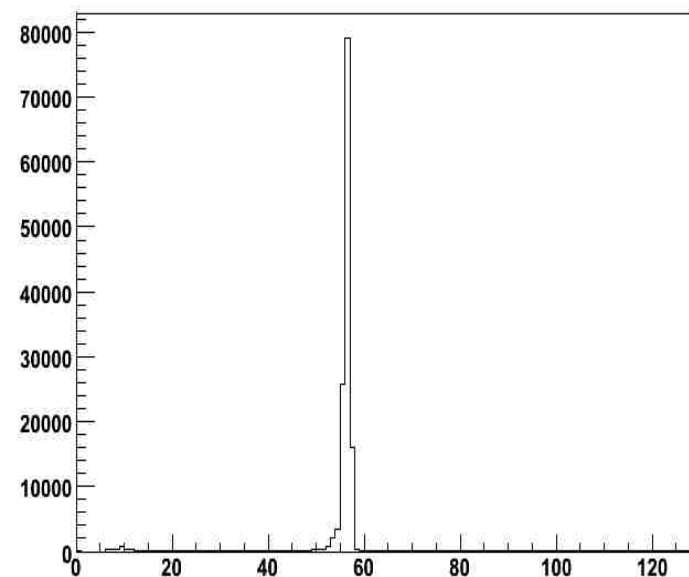
XY



Двумерный профиль (1 квадрант)

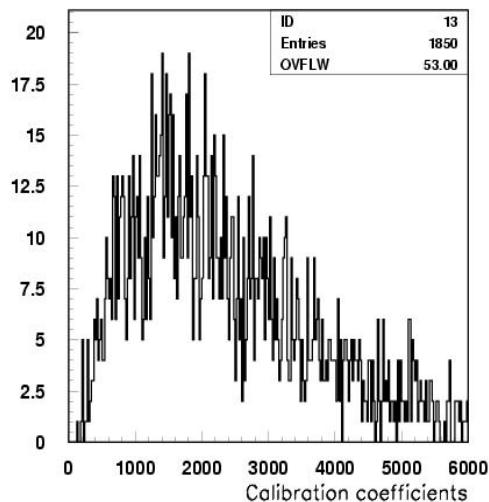
Изготовлен в ИЯИ-РАН
256 каналов, считывание WLS и SiPM

ht

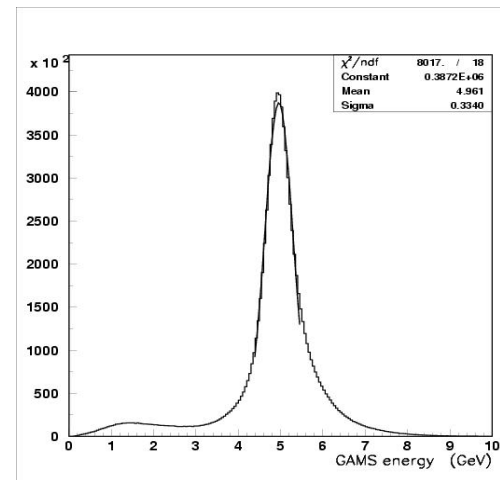
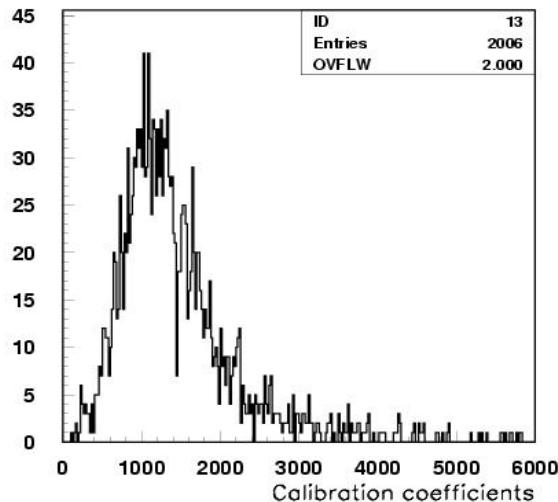


Временной спектр (5 нсек./бин)

ГАМС-2000(2300 каналов) и БГД(1100 каналов)



Калибровочные коэффициенты до выравнивания и после



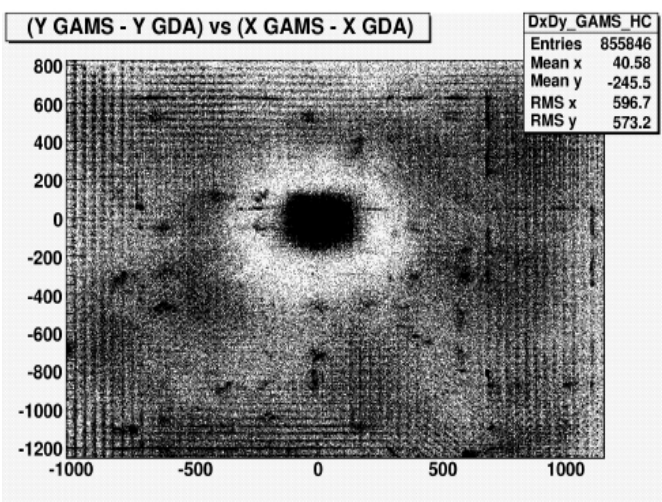
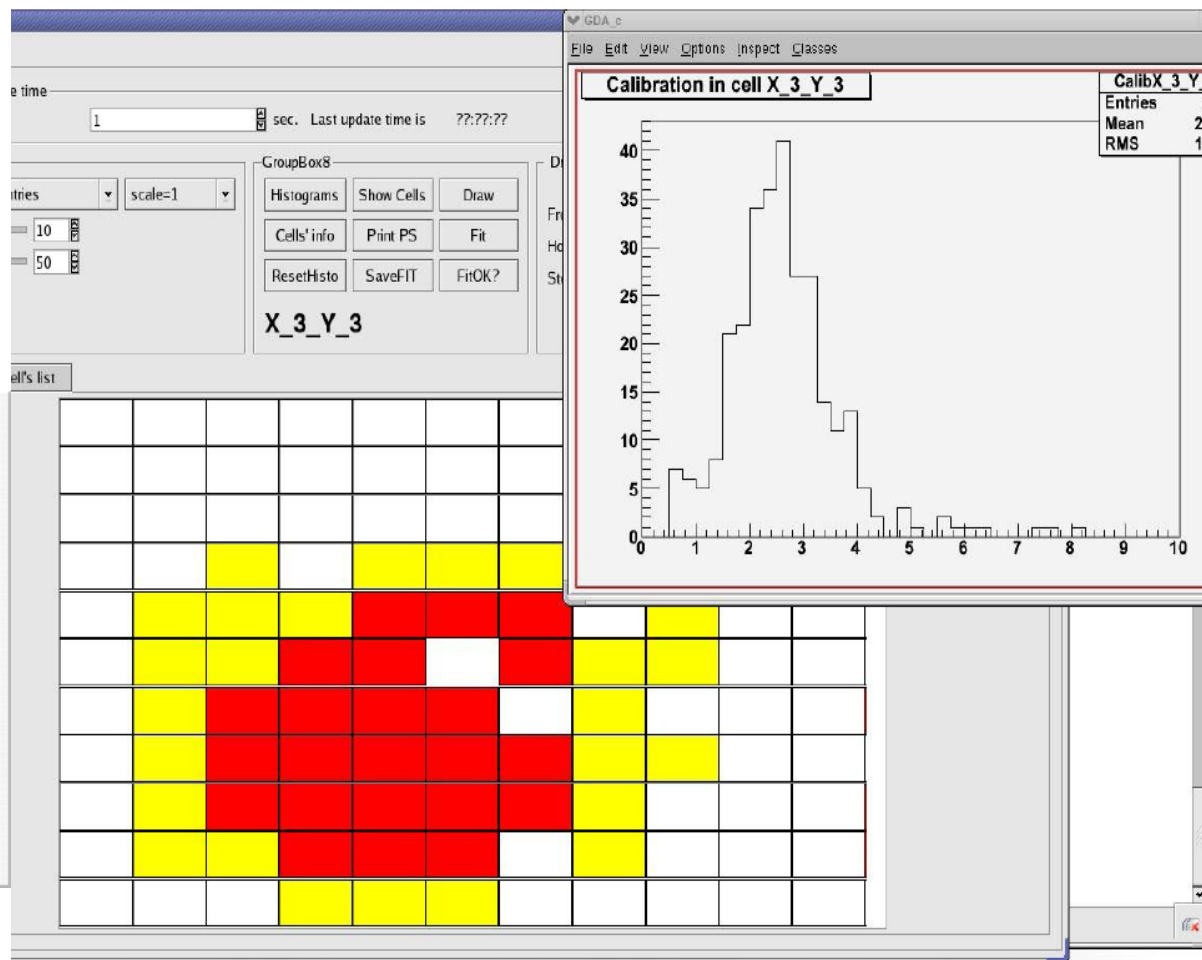
Спектр по энергии пучок e^+ $p=5$ ГэВ/с



Платы аналогового суммирования:
формируется 16 сумм 12×12

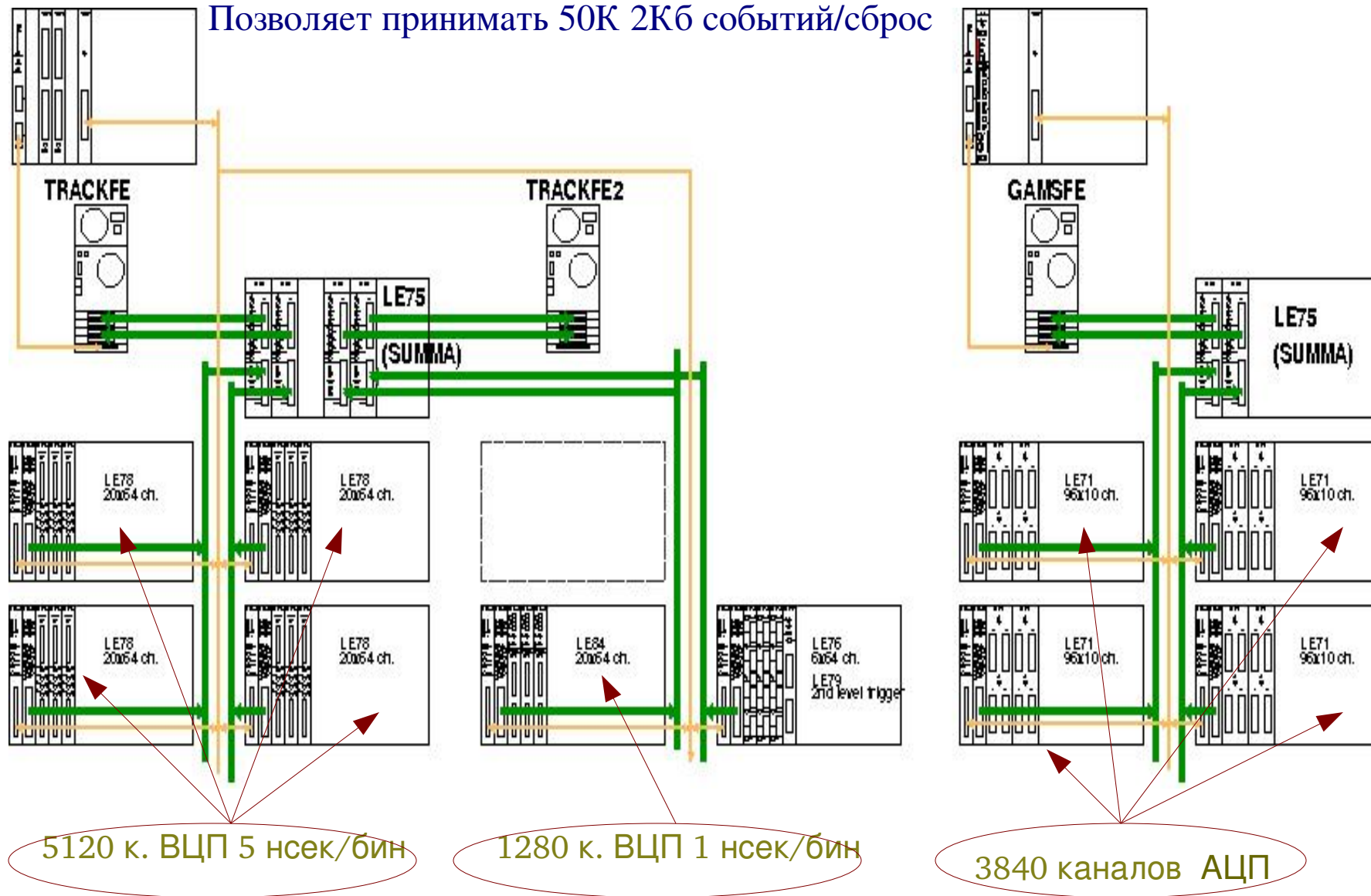
ГДА-100

ГДА-100 и мюонные счетчики полностью запущена



Электроника и система сбора данных

Позволяет принимать 50К 2Кб событий/сброс

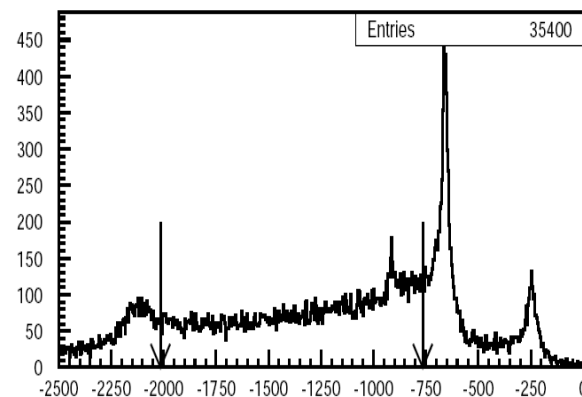


Триггер и Off-line обработка(события с одним заряженным треком)

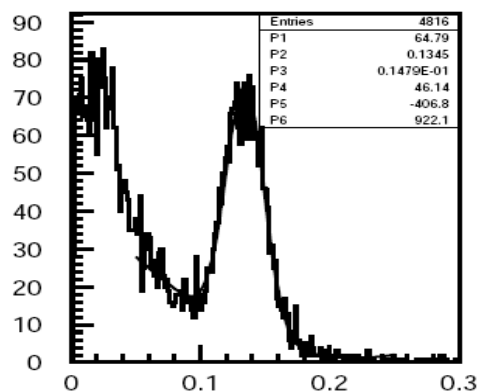
$$T_B = S_2 S_3 ; T_K = S_2 S_3 C_1 \bar{C}_2 \bar{S}_5 ; T_K \cap \Sigma \gamma ; T_K \cap C_3$$

Логика триггера: 4×10^6 част./сброс $\rightarrow 10^6$ К $\rightarrow 10^5$ распадов К; $K_{\mu 2} \rightarrow 50$ К $\rightarrow$ запись

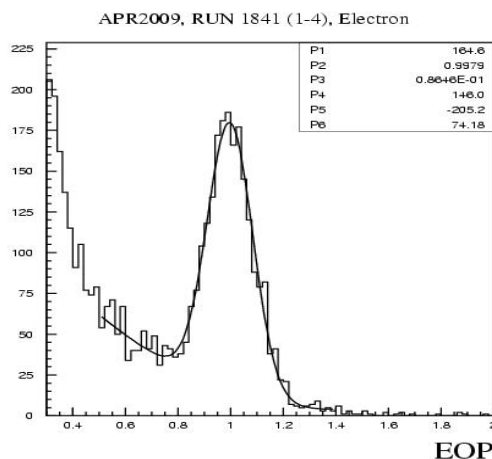
В Декабре 2008 г. и Апреле 2009 г. проведены первые два сеанса измерений с пучком общей продолжительностью ~1месяц



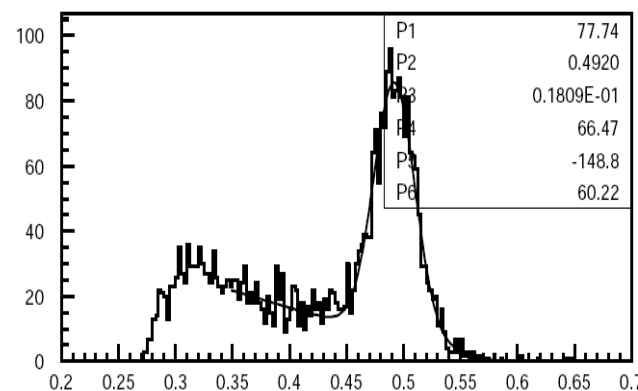
Z vtx, cm



$M(\gamma\gamma)$, GeV



EOP



$M(\pi^+\pi^0)$, GeV

Основные направления исследований

- Поиск отклонений от СМ

Поиск T,S,P в $K^+ \rightarrow e^+ \nu$; $e^+ \nu \gamma$; $\mu^+ \nu \gamma$; $e^+ \nu \pi^0$; $\mu^+ \nu \pi^0$

- Продолжение поиска псевдоскалярного сголдстино(P) в распаде
 $K^+ \rightarrow \pi^+ \pi^0 P$

- Поиск T-нечетных эффектов

Измерение $\frac{\vec{p}_\gamma \cdot (\vec{p}_\pi \times \vec{p}_\mu)}{|\vec{p}_\gamma| \cdot |\vec{p}_\pi \times \vec{p}_\mu|}$ -корреляции в распаде $K^+ \rightarrow e^+ (\mu^+) \nu \pi^0 \gamma$

Программа уточняется с учетом последних результатов текущих экспериментов:

ISTRA+, KLOE, E949, NA48/2

"ОКА": программа экспериментов с мишенью в пучке

Единственный эксперимент такого рода SLAC LASS ($K^- p$ @ 11 GeV) достиг чувствительности 4.1 соб./nb; ОКА(2 месяца) ~ 300 соб./nb.

- Поиск экзотических состояний со скрытой странностью

F.Close and P.Page предсказывают $s\bar{s}g J^{PC} = 2^{-+} \Gamma=120 \text{ MeV} \rightarrow K_2^*(1430)K$;
 $K_1(1270)K$.

ОКА может искать : то состояние в канале $K^- p \rightarrow K^+ K^- \pi^0 \Lambda$

- Поиск пентокварка $uuss\bar{s}$:

В CERN(2m) и Argonne(15 ft) видели следы узкого состояния ($\Gamma < 20\text{MeV}$) в реакции $K^- p \rightarrow Y^{*+} + \pi^-$; $Y^{*+} \rightarrow \Sigma K \bar{K} + 2\pi$

- Распады легких мезонов

$K^- p \rightarrow f_2(1515) + \Lambda$; $f_2(1515) \rightarrow \phi \gamma$ ($f_1(1285) \rightarrow \phi \gamma$)

$K^- p \rightarrow f_0(400 - 1200) + \Lambda$; $f_0 \rightarrow \pi \pi$; $K \bar{K}$

- Primakoff- физика

R.Rogaliov Phys.Atom. Nucl. 64(2001) сравнил сечения $\sigma(K^+ Z \rightarrow K^+ \pi^0 Z)$ и

$\sigma(K^+ Z \rightarrow K^0 \pi^+ Z)$ на пороге. В первый процесс дает вклад аномалия

Wess-Zumino-Witten(WZW) $\rightarrow \sigma_1/\sigma_2 \sim 80 \text{ nb} / 15 \text{ nb}$ около порога. Никто не проверял WZW с s-кварками !

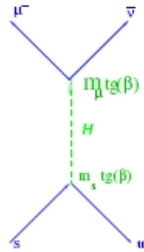
"Поляризуемость" K в процессе $K^+ Z \rightarrow K^+ \gamma Z$.

ISTRA+ установила лучшие ограничения на f_T и f_S :

$$f_T/f_+(0) = (0.1 \pm 0.65(stat) \pm 0.2(syst))\%$$

$$f_S/f_+(0) = (0.07 \pm 0.15(stat) \pm 0.09(syst) \pm 0.53(theory))\%$$

используется $\lambda_0 = 0.017 \pm 0.004$ J.Gasser and H.Leutwyler, Nucl.Phys B250(1985)



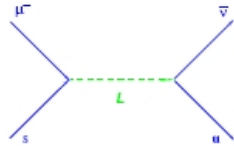
$$f_S^{2hdm} = \frac{m_\mu(m_K^2 - m_\pi^2)tg^2\beta}{2m_H^2 m_K} f_0(t) \rightarrow$$

$$\frac{tg(\beta)}{m_H} = 0.03 \pm 0.2(stat) \pm 0.4(th) GeV^{-1};$$

Недавние расчеты на решетках улучшили точность:

$$\lambda_0 = 0.012 \pm 0.002 \text{ D.Becirevic et al., hep-lat/0411016}$$

$$\frac{tg(\beta)}{m_H} = 0.49 \pm 0.2(stat) \pm 0.25(th) GeV^{-1} !!$$



$$\text{Преобразование Фирца : } (\bar{s}\mu)(\bar{\nu}u) = -\frac{1}{2}(\bar{s}u)(\bar{\nu}\mu) - \frac{1}{8}(\bar{s}\sigma_{\alpha\beta}u)(\bar{\nu}\sigma^{\alpha\beta}\mu)$$

Второй член- эффективное T V.V.Kiselev et al., hep-ph/0204066

$$\frac{f_T^{LQ}}{f_+(0)} = \frac{\sqrt{2}}{32G_F|V_{us}|} \frac{m_K}{m_{K^*}} \frac{1}{\Lambda_{LQ}^2} \quad \Lambda_{LQ} > 3TeV (90\% CL)$$

ОКА позволит увеличить статистику K_{l3} распадов в 30 раз

• Т-нечетные корреляции в $K \rightarrow e\nu\pi^0\gamma$ ($\mu\nu\pi^0\gamma$)

$$\xi = \frac{\vec{p}_\gamma \cdot (\vec{p}_\pi \times \vec{p}_\mu)}{|\vec{p}_\gamma| \cdot |\vec{p}_\pi \times \vec{p}_\mu|}; A_\xi = \frac{N_{\xi>0} - N_{\xi<0}}{N_{\xi>0} + N_{\xi<0}} \quad (\text{J.Gevais, J.Iliopoulos, J.Kaplan 1966})$$

SM FSI: V.Braguta et al., Phys.Rev.D65,2002:

$$K \rightarrow e\nu\pi^0\gamma \quad A_\xi \sim 0.5 \times 10^{-4}; \quad K \rightarrow \mu\nu\pi^0\gamma \sim 10^{-4}$$

В некоторых расширениях СМ (V.Braguta et al., Phys.Rev.D68,2003) получается

$$\text{больше : } A_\xi \sim 3 \times 10^{-4}$$

Экспериментальные результаты только у нас ! ИСТРА ($K \rightarrow e\nu\pi^0\gamma$, 1986):

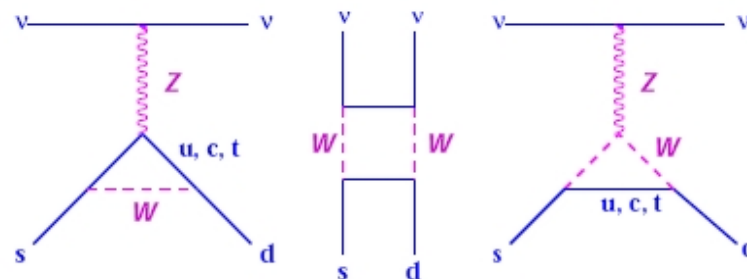
$$A_\xi = 0.03 \pm 0.08; 192 \text{ ev};$$

$$\text{и ИСТРА+ } (K \rightarrow e\nu\pi^0\gamma, 2005): A_\xi = -0.015 \pm 0.021; 1382 \text{ ev};$$

$$\text{На ОКА ожидается } \sim 2 \times 10^5 \text{ событий} \rightarrow A_\xi < 2 \cdot 10^{-3}$$

Поиски супер-редкого распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu}$ Эксперимент KLOD ИФВЭ-ИЯИ-ОИЯИ

КЕК E391a $< 6.7 \times 10^{-8}$
Гроссман-Нир $< 1.7 \times 10^{-9}$
СМ $\sim 3 \times 10^{-11}$



$$\frac{Br(K^+ \rightarrow \pi^+ \nu \bar{\nu})}{Br(K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu)} = 3 \left(\frac{\alpha}{2\pi \sin^2 \theta_w} \right)^2 \cdot 2r_+ \left| \frac{\lambda_c F(x_c) + \lambda_t X(x_t)}{V_{us}} \right|^2$$

$$Br(K^+) = 7.5 \cdot 10^{-6} A^4 \lambda^8 X(x_t)^2 \cdot \frac{1}{\sigma} [(\rho_0 - \bar{\rho})^2 + (\sigma \bar{\eta})^2] = (7.2 \pm 2.1) \times 10^{-11} (\sim 6\%)$$

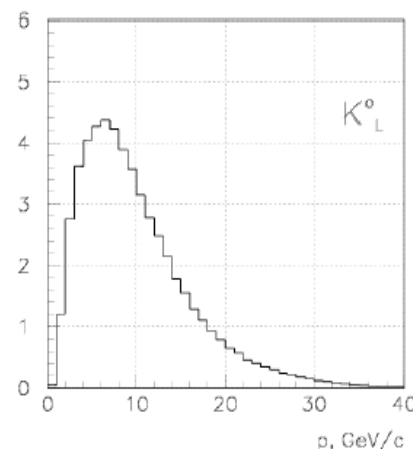
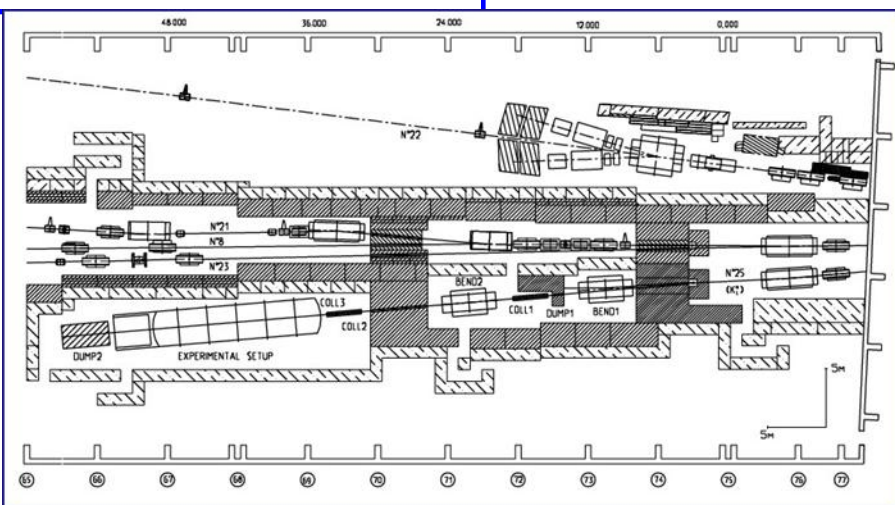
$$\frac{Br(K_L \rightarrow \pi^0 \nu \bar{\nu})}{Br(K^+ \rightarrow \pi^0 e^+ \nu)} = 3 \left(\frac{\alpha}{2\pi \sin^2 \theta_w} \right)^2 \cdot 2r_0 \frac{\tau(K_L)}{\tau(K^+)} \left(\frac{Im \lambda_t X(x_t)}{V_{us}} \right)^2$$

$$Br(K_L) = 3.28 \times 10^{-5} \cdot A^4 \lambda^8 X(x_t)^2 \cdot \sigma(\bar{\eta})^2 = (2.8 \pm 1.0) \times 10^{-11} (th. \sim 2\%)$$

$$\lambda_i = V_{id} V_{is}^*; \rho_0 = 1.40 \pm 0.08; \sigma = (1 - \frac{\lambda^2}{2})^{-2} = 1.051, r_+ = 0.901; r_0 = 0.944;$$

$$\bar{\rho} = \rho(1 - \frac{\lambda^2}{2}); \bar{\eta} = \eta(1 - \frac{\lambda^2}{2})$$

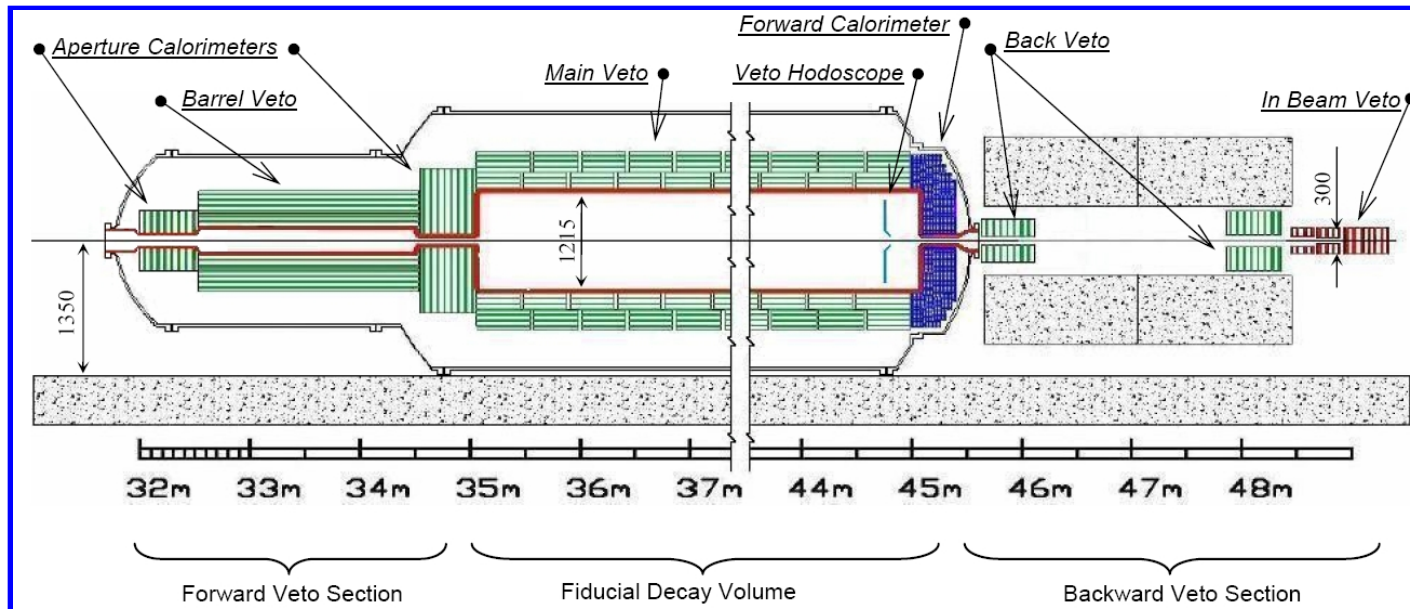
$$\Gamma_{K^+} = \Gamma_{K_L} + \Gamma_{K_S} \rightarrow Br_{K_L} \leq \frac{\tau(K_L)}{\tau(K^+)} \cdot Br_{K^+} = 4.37 \cdot Br_{K^+} \text{ Grossman Nir limit}$$



(5.4×10^7) K_L /сброс (5.2×10^8) n /сброс (7.4×10^8) γ /сброс

Поиски супер-редкого распада $K_L^0 \rightarrow \pi^0 \nu \tilde{\nu}$

Эксперимент KLOD ИФВЭ-ИЯИ-ОИЯИ



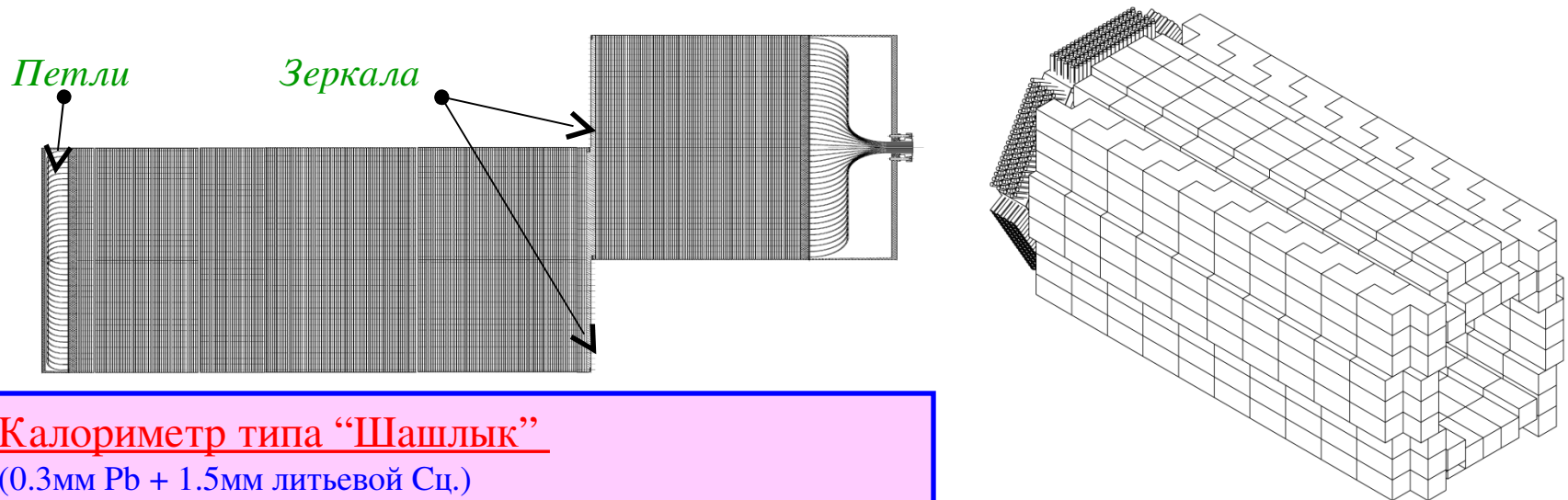
Акцептанс – 18 (15) % ; 4.8% K_L распадов в распадном объеме @ 10^8 (5.4×10^7) K_L /сброс
 10 дней набора статистики ($\sim 10^4$ сбросов/день)

$$10 \times (10^4) \times (10^8) \times (4.8 \times 10^{-2}) \times (1.8 \times 10^{-1}) \times Br(2.8 \times 10^{-11}) \approx 2.4 \text{ сб.}$$

$$10 \times (10^4) \times (5.4 \times 10^7) \times (4.8 \times 10^{-2}) \times (1.5 \times 10^{-1}) \times Br(2.8 \times 10^{-11}) \approx 1.1 \text{ сб.}$$

Статус: R&D для двух наиболее критических детекторов
 – Основное “Veto” пучковое “Veto”

Прототип «Veto»

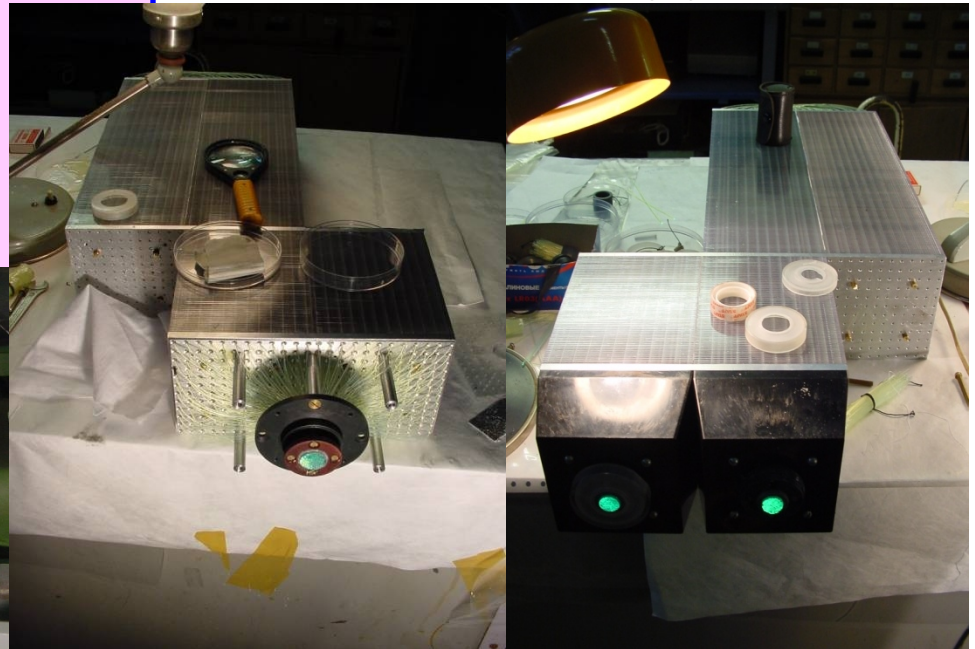
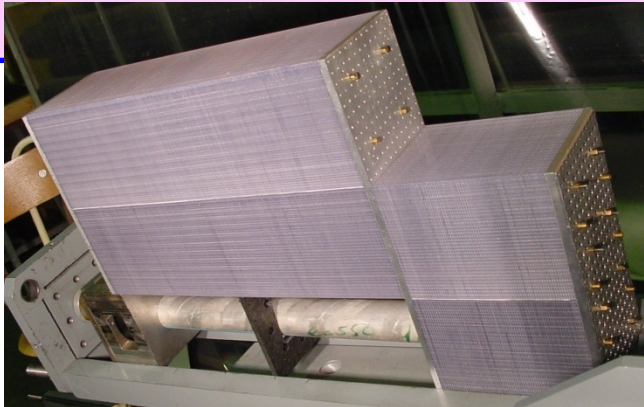


Калориметр типа «Шашлык»

(0.3мм Pb + 1.5мм литевой Сц.)

Результаты измерений на пучке в 2008 г.:

- 30000 фотонов на 1 ГэВ γ -ливень
- 5.5 ф.э. на одну сц. пластину(mip)
- 18 ф.э. на 1 МэВ “видимой” энергии
- $\sigma_E/E \sim 3\%/\sqrt{E}$



γ - "Veto" калориметр в 300 МГц нейтронном пучке

Требования

- γ -рег./идент. $(1-\epsilon) \sim 10^{-3} E\gamma > 200 \text{ МэВ}$
- избегать ложного срабатывания от n

Решение

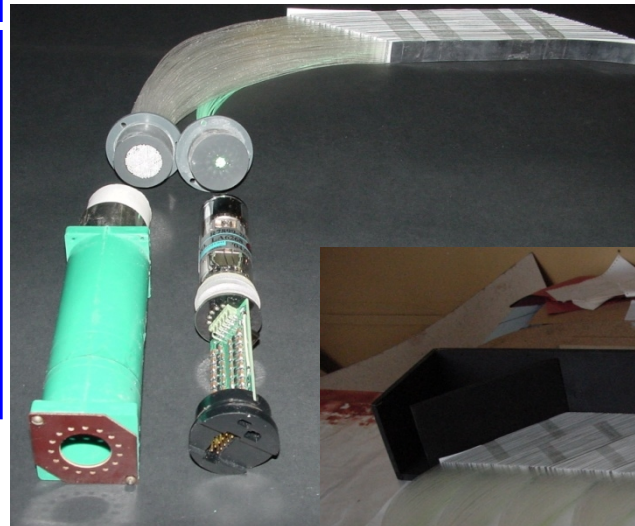
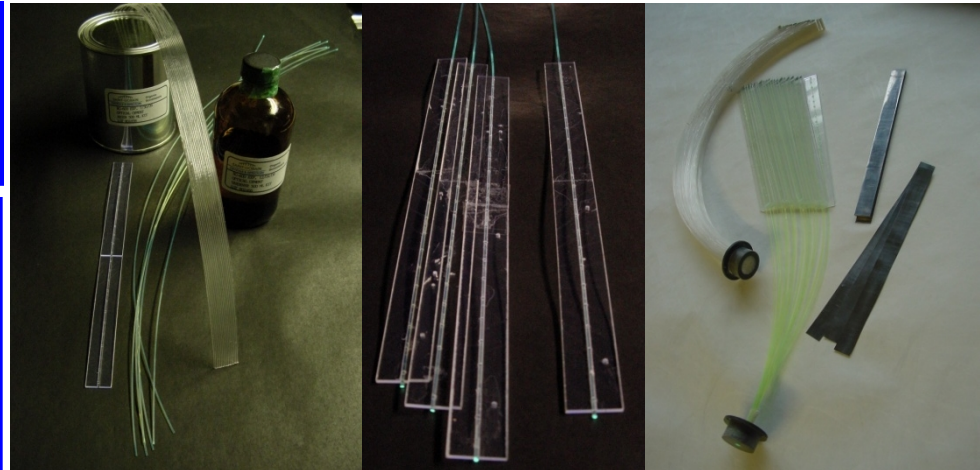
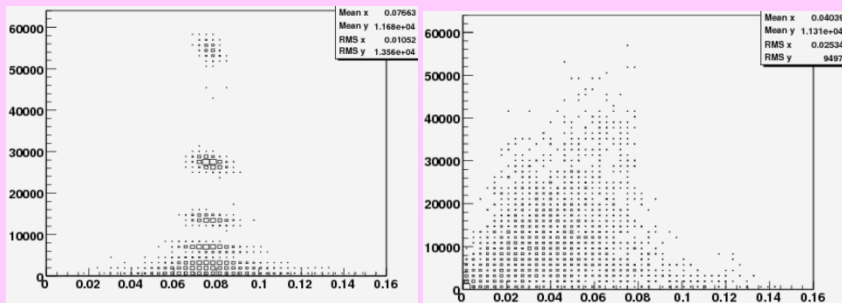
Использовать $\checkmark$ -излучение для регистрации γ

Чистые/Кварцевые волокна чувст. только к EM комп. ливня

Двойное Считывание (Сц.+ $\checkmark$)

Смотреть на $\checkmark$ /Сц. отношение и его продольный и поперечный профиль

Расчеты



Прототип

Структура: $(0.3 \text{ мм Pb} + 1 \text{ мм Сц.} + 1 \text{ мм } \checkmark) \times 100$

Матрица: $(5 \text{ поп.} \times 5 \text{ прод.})$ двойных ячеек

Полный размер: $\sim (1R_M \times 2R_M \times 7.5X_0)$

0.5 ф.э. / слой для 1 мм С-слоя. (@45° mfp)
хорошая однородность.

γ - "Veto" калориметр в 300 МГц нейтронном пучке

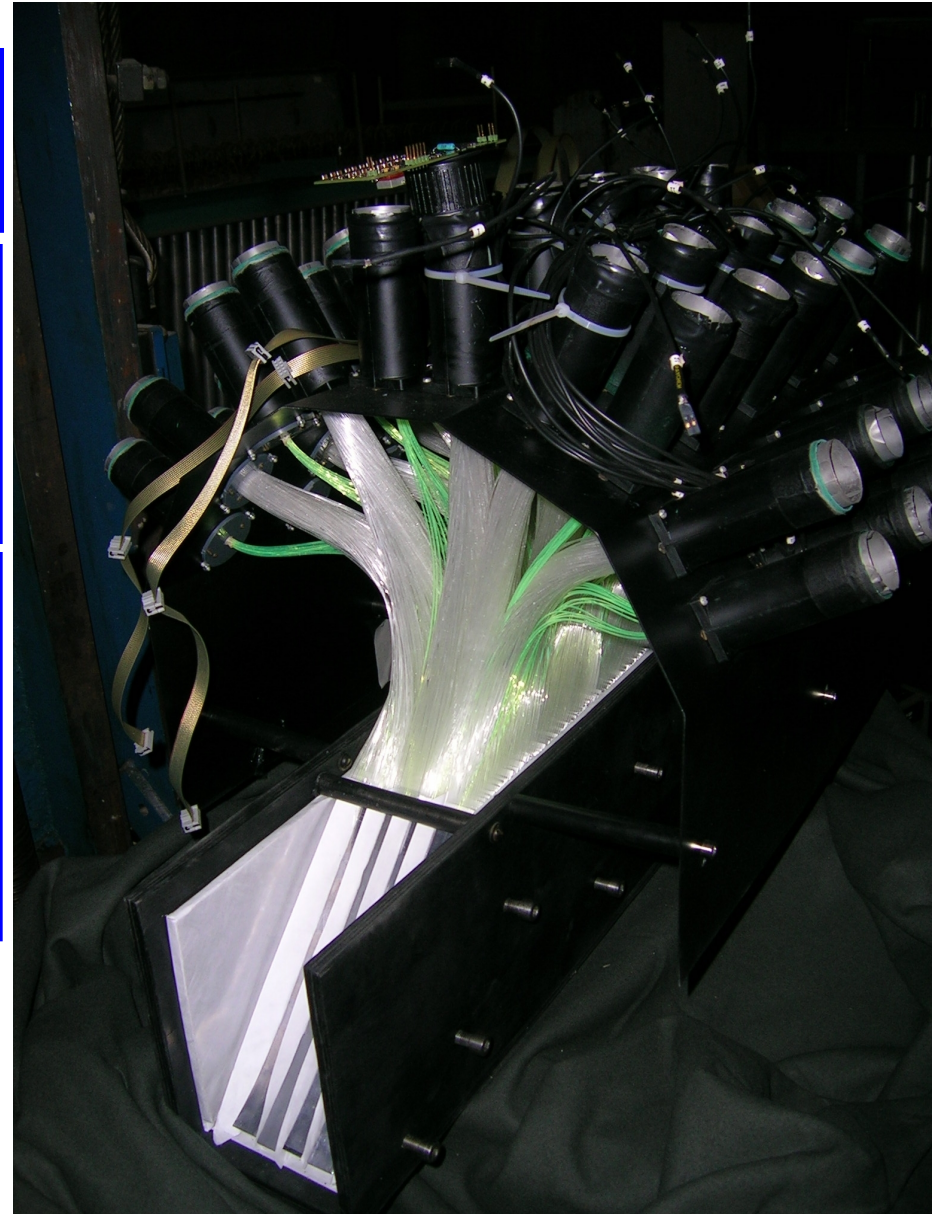
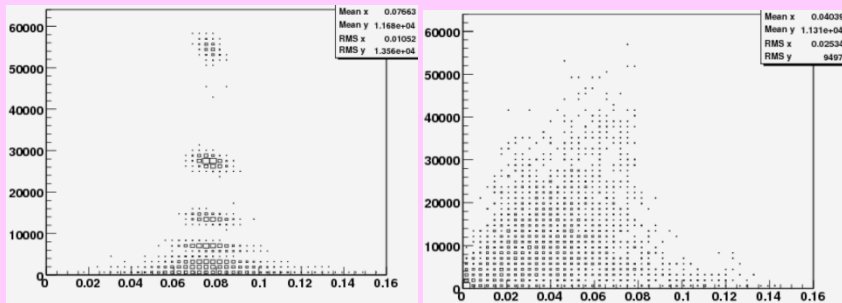
Требования

- γ -рег./идент. $(1-\varepsilon) \sim 10^{-3} E\gamma > 200 \text{ МэВ}$
- избегать ложного срабатывания от n

Решение

Использовать $\check{C}$ -излучение для регистрации γ
Чистые/Кварцевые волокна чувст. только к EM комп. ливня
Двойное Считывание (Сц.+ $\check{C}$)
Смотреть на $\check{C}/Сц.$ отношение и его продольный и поперечный профиль

Расчеты



Прототип

Структура: $(0.3 \text{ мм Pb} + 1 \text{ мм Сц.} + 1 \text{ мм } \check{C}) \times 100$

Матрица: $(5 \text{ поп.} \times 5 \text{ прод.})$ двойных ячеек

Полный размер: $\sim (1R_M \times 2R_M \times 7.5X_0)$

0.5 ф.э. / слой для 1 мм С-слоя. (@45° mir)
хорошая однородность.