

Таблица 1

Распад мюона	$m_{\mu^\pm} = 105,6583568(52)$ МэВ	$\tau_{\mu^\pm} = 2,19703(4)$ $\times 10^{-6}$ сек
Моды распада $\mu^-$	Отношение ( $\Gamma_j/\Gamma$ )	Уровень достов.
$e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu$	$\approx 100\%$	
$e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu \gamma$	$(1,4 \pm 0,4)\%$	
$e^- \bar{\nu}_e \nu_\mu e^+ e^-$	$(3,4 \pm 0,4) \times 10^{-5}$	
Моды распада с несохранением LF (Lepton Family) числа		
$e^- \nu_e \bar{\nu}_\mu$	LF $< 1,2\%$	90%
$e^- \gamma$	LF $< 1,2 \times 10^{-11}$	90%
$e^- e^+ e^-$	LF $< 1,0 \times 10^{-12}$	90%
$e^- 2\gamma$	LF $< 7,2 \times 10^{-11}$	90%
$\mu^- Ti \rightarrow e^- Ti$	LF $< 4,3 \times 10^{-12}$	90%
$\mu^- Ti \rightarrow e^+ Ca$	LF $< 3,6 \times 10^{-11}$	90%
$\mu^+ e^- \rightarrow \mu^- e^+$	LF $\leq 4,7 \times 10^{-7}$	90% **
$\mu^+ e^- \rightarrow \mu^- e^+$	LF $< 8,3 \times 10^{-11}$	90% ***
* Моды распада $\mu^\pm$ зарядовосопряжены приведенным выше		
** результат эксперимента группы ПИЯФ-ОИЯИ, 1997		
*** результат PSI в магнитном поле 0.1 Тс, 1999		

Таблица 2

Распад пиона	$m_{\pi^\pm} = 139,57018(35)$ МэВ	$\tau_{\pi^\pm} = 2,6033(5)$ $\times 10^{-8}$ сек
Моды распада $\pi^+$	Отношение ( $\Gamma_j/\Gamma$ )	Уровень достов.
$\mu^+ \nu_\mu$	$99,98770(4)\%$	
$e^+ \nu_e$	$1,230(4) \times 10^{-4}$	
$\mu^+ \nu_\mu \gamma$	$2,00(25) \times 10^{-4}$	
$e^+ \nu_e \gamma$	$1,61(23) \times 10^{-7}$	
$e^+ \nu_e \pi^0$	$1,025(34) \times 10^{-8}$	
$e^+ \nu_e e^+ e^-$	$3,2(5) \times 10^{-9}$	
$e^+ \nu_e \nu \bar{\nu}$	$< 5 \times 10^{-6}$	90%
Моды распада с несохр. L (Lepton) или LF (Lepton Family)		
$\mu^+ \nu_e$	L $< 1,5 \times 10^{-3}$	90%
$\mu^+ \nu_e$	LF $< 8,0 \times 10^{-3}$	90%
$\mu^- e^+ e^+ \nu$	LF $< 1,6 \times 10^{-6}$	90% **
* Моды распада $\pi^\pm$ зарядовосопряжены приведенным выше		
** результат эксперимента группы ОИЯИ, 1991		

# Higgs Bosons — $H^0$ and $H^\pm$ , Searches for

## MASS LIMITS for $H^{\pm\pm}$ (doubly-charged Higgs boson)

VALUE (GeV)	CL%	DOCUMENT ID	TECN	COMMENT
>45.6	95	142 ACTON	92M OPAL	
• • • We do not use the following data for averages, fits, limits, etc. • • •				
		143 GORDEEV	97 SPEC	muonium conversion
		144 ASAKA	95 THEO	
>30.4	95	145 ACTON	92M OPAL	$T_3(H^{\pm\pm}) = +1$
>25.5	95	145 ACTON	92M OPAL	$T_3(H^{\pm\pm}) = 0$
none 6.5–36.6	95	146 SWARTZ	90 MRK2	$T_3(H^{\pm\pm}) = +1$
none 7.3–34.3	95	146 SWARTZ	90 MRK2	$T_3(H^{\pm\pm}) = 0$

142 ACTON 92M limit assumes  $H^{\pm\pm} \rightarrow \ell^\pm \ell^\pm$  or  $H^{\pm\pm}$  does not decay in the detector. Thus the region  $g_{\ell\ell} \approx 10^{-7}$  is not excluded.

143 GORDEEV 97 search for muonium-antimuonium conversion and find  $G_{MM}/G_F < 0.14$  (90% CL), where  $G_{MM}$  is the lepton-flavor violating effective four-fermion coupling.

This limit may be converted to  $m_{H^{\pm\pm}} > 210$  GeV if the Yukawa couplings of  $H^{\pm\pm}$  to  $e\bar{e}$  and  $\mu\bar{\mu}$  are as large as the weak gauge coupling. For similar limits on muonium-antimuonium conversion, see the muon Particle Listings.

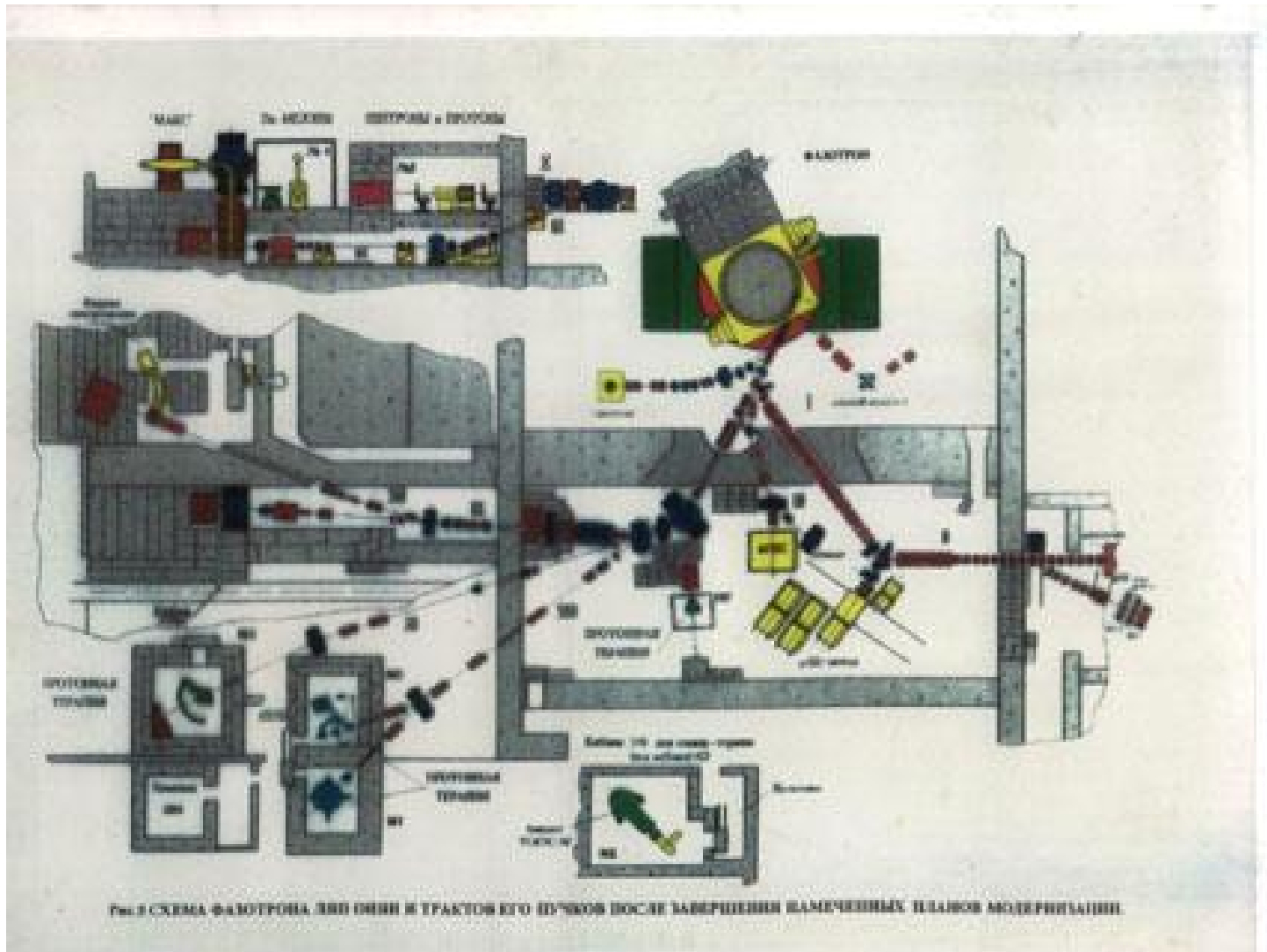
144 ASAKA 95 point out that  $H^{\pm\pm}$  decays dominantly to four fermions in a large region of parameter space where the limit of ACTON 92M from the search of dilepton mode does not apply.

145 ACTON 92M from  $\Delta\Gamma_Z < 40$  MeV.

146 SWARTZ 90 assume  $H^{\pm\pm} \rightarrow \ell^\pm \ell^\pm$  (any flavor). The limits are valid for the Higgs-lepton coupling  $g(H\ell\ell) \geq 7.4 \times 10^{-7} / [m_H/\text{GeV}]^{1/2}$ . The limits improve somewhat for  $e\bar{e}$  and  $\mu\bar{\mu}$  decay modes.

## $H^0$ and $H^\pm$ REFERENCES

GORDEEV	97	PAN 60 1164	V.A. Gordeev	(PNPI)
		Translated from YAF 60 1291.		
ASAKA	95	PL B345 36	→Hikasa	(TOHOK)
ACTON	92M	PL B295 347	→Alexander, Allison, Allport, Anterson	(OPAL Collab.)
SWARTZ	90	PRL 64 2877	→Abrams, Adolphsen, Averil, Ballam	(Mark II Collab.)





Intensity of charged particles from channel IX  
of Dubna phasotron per 1  $\mu\text{A}$  of the proton beam.  
W-target. Momentum spread is  $\Delta p/p \approx 5.8\%$

Particle momentum MeV/c	Intensity on area of $80 \text{ cm}^2$ , $10^5 \text{ 1/s}$					
	Positively charged			Negatively charged		
	$e^+$	$\mu^+$	$\pi^+$	$e^-$	$\mu^-$	$\pi^-$
76	32	2.6	13			
95	24	3.6	30	18	1.4	10
112	16	3.8	46	11	1.2	15
123	8.0	2.9	50	8.0	0.9	17
149	4.3	1.2	42	5.0	$\leq 0.7$	18
165	2.8	0.6	35	3.8	$\leq 0.6$	17

Flux density and intensity of surface  $\mu^+$ - mesons  
from channel IX of Dubna phasotron per 1  $\mu\text{A}$  of  
the proton beam. Cu-target.  $\Delta p/p \approx 5.8\%$

Momentum MeV/c	$N_{\mu^+}/N_{e^+}\%$	Flux density $\times 10^3 \text{ 1/cm}^2 \cdot \text{s} \cdot \mu\text{A}$	Intensity on area of $80 \text{ cm}^2$ , $\times 10^5 \text{ 1/s} \cdot \mu\text{A}$
26	1.9	3.8	3.0
28	3.3	6.6	5.3
30	2.7	5.4	4.3
32	0.2	0.4	

For separated beam of 24 MeV/c surface mesons the intensity  
 $\approx 2 \cdot 10^5 \text{ 1/s} \cdot \mu\text{A}$  was attained with the ratio  $N_{\mu^+}/N_{e^+} \approx 1$

PROJECT 02-0987-92/2000

**The Search  
for Two-particle Muon Decay  
to  
Electron and Goldstone Massless  
Boson (Familon)**

SPOKESMAN VIKTOR GORDEEV  
SPOKESMAN FROM JINR VIKTOR DUGINOV



PNPI(Gatchina)



JINR(Dubna)

RUSSIAN RESEARCH CENTRE  РОССИЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР  
"KURCHATOV INSTITUTE" "КУРЧАТОВСКИЙ ИНСТИТУТ"



ITEP (Moscow)

## Эксперимент ФАМИЛОН

### Авторы проекта

ПНЯФ (Гатчина) - В.А.Андреев, Г.А.Ганжа, В.А.Гордеев,  
Е.Г.Друкарев, Ю.В.Елкин, В.Г.Ивочкин, Е.Н.Комаров,  
С.А.Котов, А.Г.Крившич, М.П.Левченко, В.Н.Мурзин,  
В.А.Мыльников, Ю.А.Щеглов, Г.В.Щербаков, В.В.Яновский.

ОИЯИ (Дубна) - В.Г.Гребинник, К.И.Гришай, С.А.Густов,  
В.Н.Дугинов, В.А.Жуков, Т.Н.Мамедов, Н.В.Мирохин,  
А.В.Стойков.

ИТЭФ (Москва) - К.Е.Гусев, В.С.Демидов, Е.В.Демидова,  
Г.И.Савельев, А.Ю.Соколов, Ю.П.Шкуренок, В.Г.Фирсов.

РНЦ КИ(Москва) - А.А.Неживой, А.Н.Пономарев.

ИПМ (Москва) - М.Ю.Хлопов

ЛФЭЧ СФ АНБ (Стерлитамак) - С.И.Воробьев, Е.М.Карасев,  
С.В.Косьяненко, А.В.Поарков

**TOPIC A**

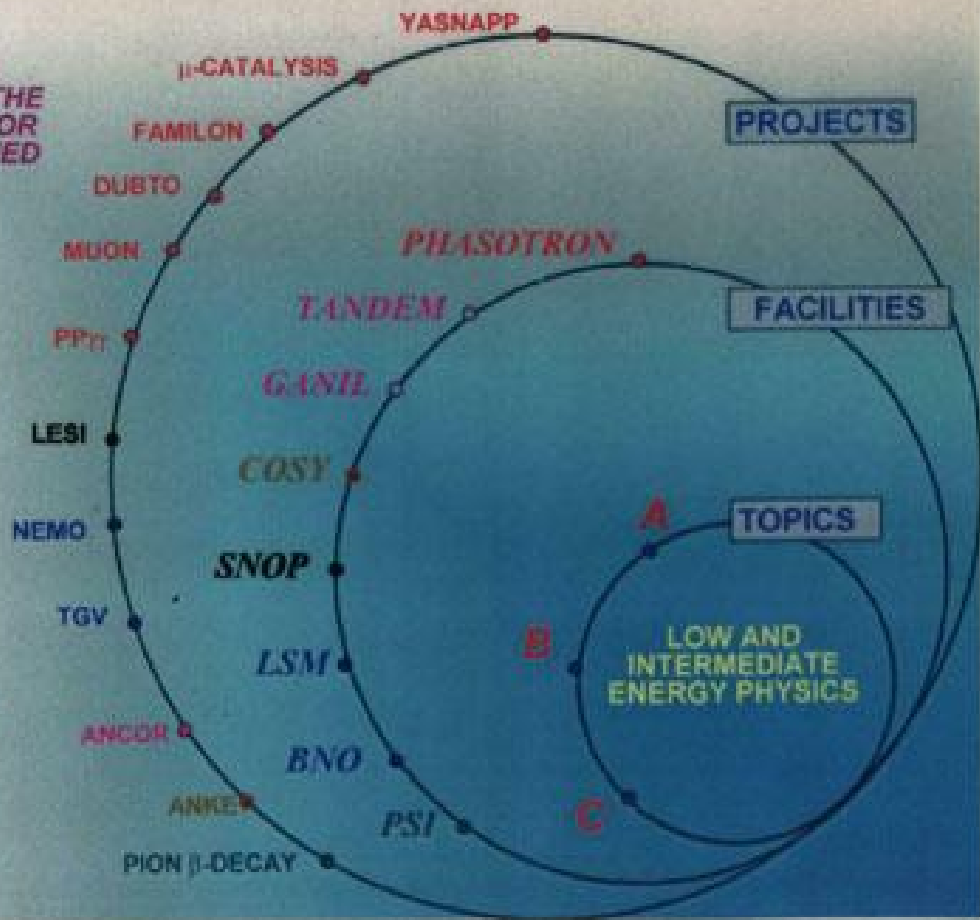
IMPROVEMENT AND DEVELOPMENT OF THE LNP PHASOTRON FOR PHYSICS AND APPLIED INVESTIGATIONS

**TOPIC B**

NUCLEUS AND PARTICLE INTERACTION AT INTERMEDIATE ENERGIES

**TOPIC C**

INVESTIGATION OF FUNDAMENTAL INTERACTIONS IN NUCLEI AT LOW ENERGIES





$$\mu \rightarrow e + \alpha$$

F. Wilczek, Phys. Rev., v. 49, 1549 (1982)

G. Gelmini et al., Nucl Phys., v. B219, 31 (1983)

А.А. Ансельм, ЖЭТФ, т. 84, 1961 (1983)

$$s \rightarrow d + \alpha, \quad \mu \rightarrow e + \alpha, \quad \nu_H \rightarrow \nu_L + \alpha$$

В рамках реалистической  $SU(5) \times SU(3)_H$  модели взаимодействие фамилона с кварками и лептонами описывается лагранжианом

$$L = \frac{\sqrt{2m_\alpha m_s}}{\langle B \rangle} \alpha (\bar{d}s + \bar{s}d) + \frac{\sqrt{2m_e m_\mu}}{\langle B \rangle} \alpha (\bar{\mu}e - \bar{e}\mu)$$

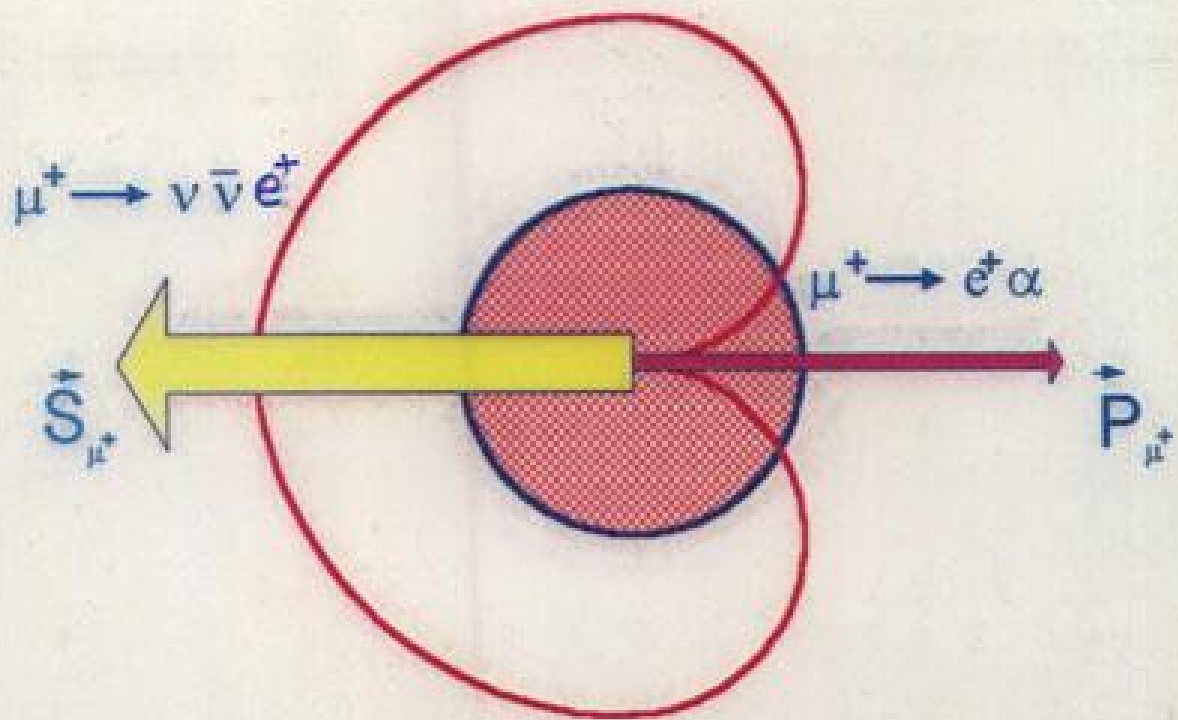
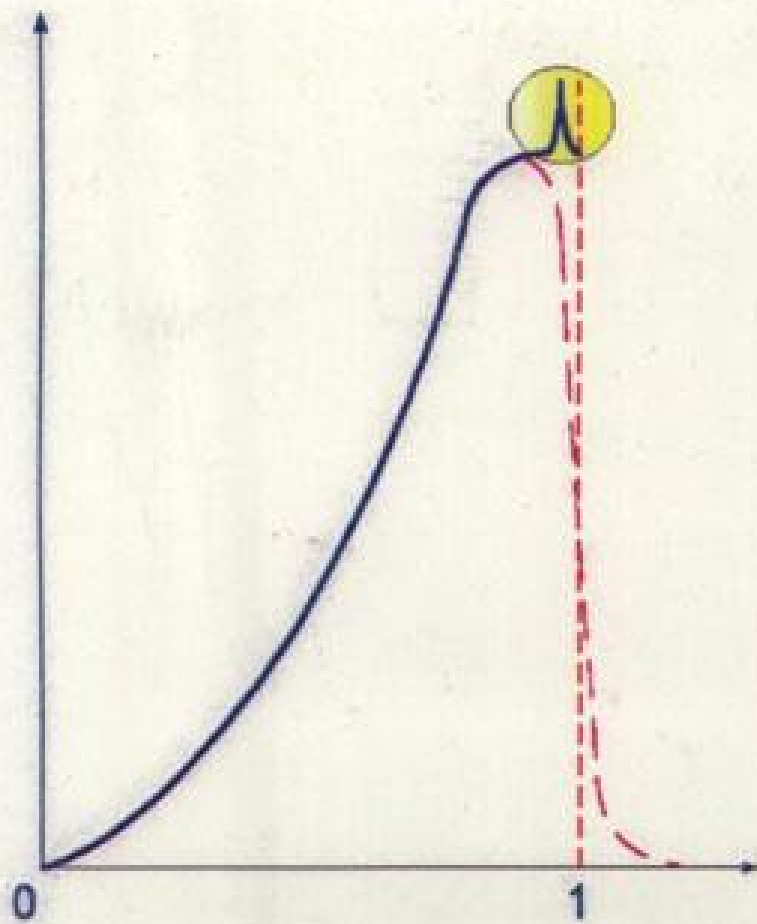
$\langle B \rangle$  - среднее вакуумное значение хигсовских полей

$$\Gamma_0(\mu \rightarrow e\alpha) = \frac{m_\mu^2 m_e}{16\pi B_e^2} \cdot \text{Оценка } B_e \approx 2 \cdot 10^8 \text{ GeV} \quad \Gamma_0 \approx 4 \text{ сек}^{-1}$$

$$B = \frac{\Gamma(\mu \rightarrow e\alpha)}{\int_{E_{\max} - \Delta E}^{E_{\max}} \frac{d\Gamma(\mu \rightarrow e\nu\bar{\nu})}{dE} dE} = \frac{6\pi^2 m_e}{B_e^2 G_F^2 m_\mu^3 \Delta E}$$

$$\Delta E = \frac{\Delta E}{E}$$

$\rightarrow$  Если  $B_e = 2 \cdot 10^8$ ,  $\Delta E = 10^{-4}$  имеем  $B = 4.5 \%$



## Physical motivation

Welczek (1982), Anselm and Uraltsev (1983), Gelmini et al. (1983) have indicated to the possible existing of the massless goldston's bosons which changed fermion quantum numbers. The differential velocity  $\mu \rightarrow e \alpha$  - decay is given by expression:

$$d\Gamma(\mu \rightarrow e \alpha) = \Gamma_0(\mu \rightarrow e \alpha) \left[ 1 - \vec{P}_\mu \vec{P}_e + 2(\vec{P}_e \cdot \vec{n})(\vec{P}_\mu \cdot \vec{n}) \right] \frac{\sin \vartheta \cdot d\vartheta}{4},$$

where  $\Gamma_0(\mu \rightarrow e \alpha)$  - full breadth of  $\mu \rightarrow e \alpha$  - decay for a unpolarized muon,  $\vec{P}_\mu$  &  $\vec{P}_e$  - polarization  $\mu$  and  $e$ ,  $\vec{n}$  - momentum direction of the positron.

The relative probability of the decay  $\mu \rightarrow e \alpha$  to usual decay  $\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu}$  is determined by the ratio:

$$R_\alpha = \frac{\int_0^\pi d\Gamma(\mu \rightarrow e \alpha)}{\int_0^\pi \int_0^\pi d\Gamma(\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu})} = \frac{\Gamma_0(\mu \rightarrow e \alpha)}{\Gamma_0(\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu})}.$$

The relative contribution of decay  $\mu \rightarrow e \alpha$  to usual decay in the narrow power interval  $\Delta \varepsilon$  on the spectrum edge:

$$B_\alpha = \frac{\int_0^\pi d\Gamma(\mu \rightarrow e \alpha)}{\int_{1-\Delta\varepsilon}^1 \int_0^\pi d\Gamma(\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu})}$$

As it is clear for the decay of the  $\mu \rightarrow e \alpha$  in the extremity of the decay spectrum positrons  $\mu^+ \rightarrow e^+ \nu \bar{\nu}$  the narrow peak should be observed.

The first experimental evaluation of the magnitude

$$R_{\alpha} = \Gamma(\mu \rightarrow e\alpha) / \Gamma(\mu \rightarrow e\bar{\nu}\nu)$$

was obtained Jodidio et al.(1986 in the TRIUMF experiment:

$$R_{\alpha} < 2,6 \cdot 10^{-6}.$$

However, the direct observation of peak from the decay  $\mu \rightarrow e^+ \alpha$  is impossible. As it was shown in the doctoral thesis Gordeev, PNPI, (1990), it is possible to study the decay  $\mu^+ \rightarrow e^+ \alpha$ , where the absolute measurements are substituted by relative.

Actually, let us consider decays  $\mu^+ \rightarrow e^+ \alpha$  and  $\mu^+ \rightarrow e^+ \nu \bar{\nu}$  from point of view of the positron angular distribution relative to the muon spin direction. It is clear that in case of the decay with the emission of familon we have isotropic distribution of decay positrons, while the standard decay mode has strong asymmetry of positrons relatively to the spin direction of muon, which is due to parity violation.

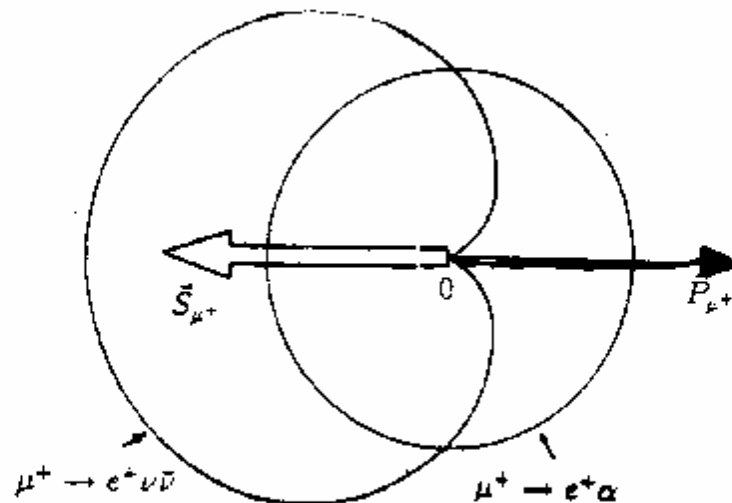


Fig.1 The angular distribution of positrons relative to the spin direction of muon for decays  $\mu^+ \rightarrow e^+ \nu \bar{\nu}$  and  $\mu^+ \rightarrow e^+ \alpha$ .

## Search for right-handed currents in muon decay

A. Jodidio,<sup>\*</sup> B. Balke, J. Carr,<sup>†</sup> G. Gidal, K. A. Shinsky,<sup>‡</sup> H. M. Steiner,  
D. P. Stoker,<sup>§</sup> M. Strovink, and R. D. Tripp

*Lawrence Berkeley Laboratory and Department of Physics, University of California, Berkeley, California 94720*

B. Gobbi

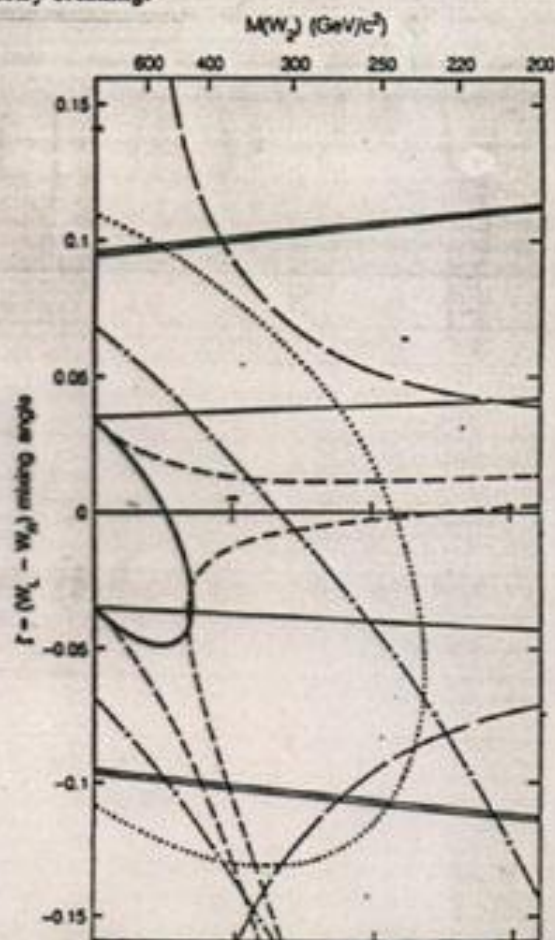
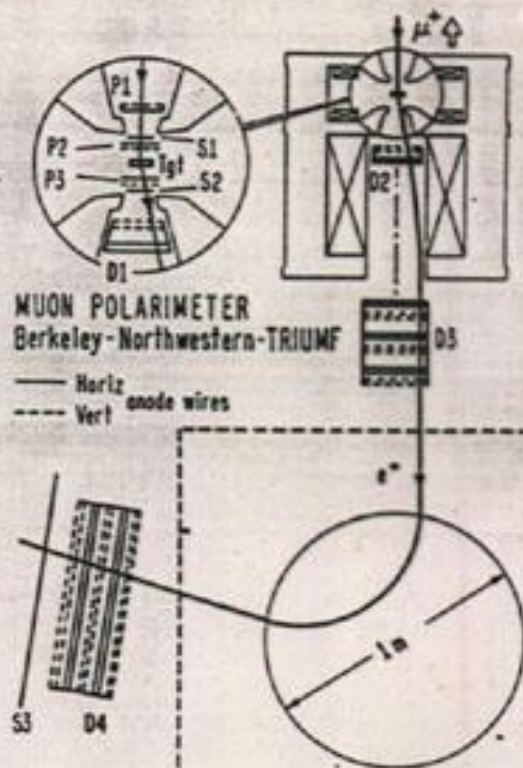
*Department of Physics, Northwestern University, Evanston, Illinois 60201*

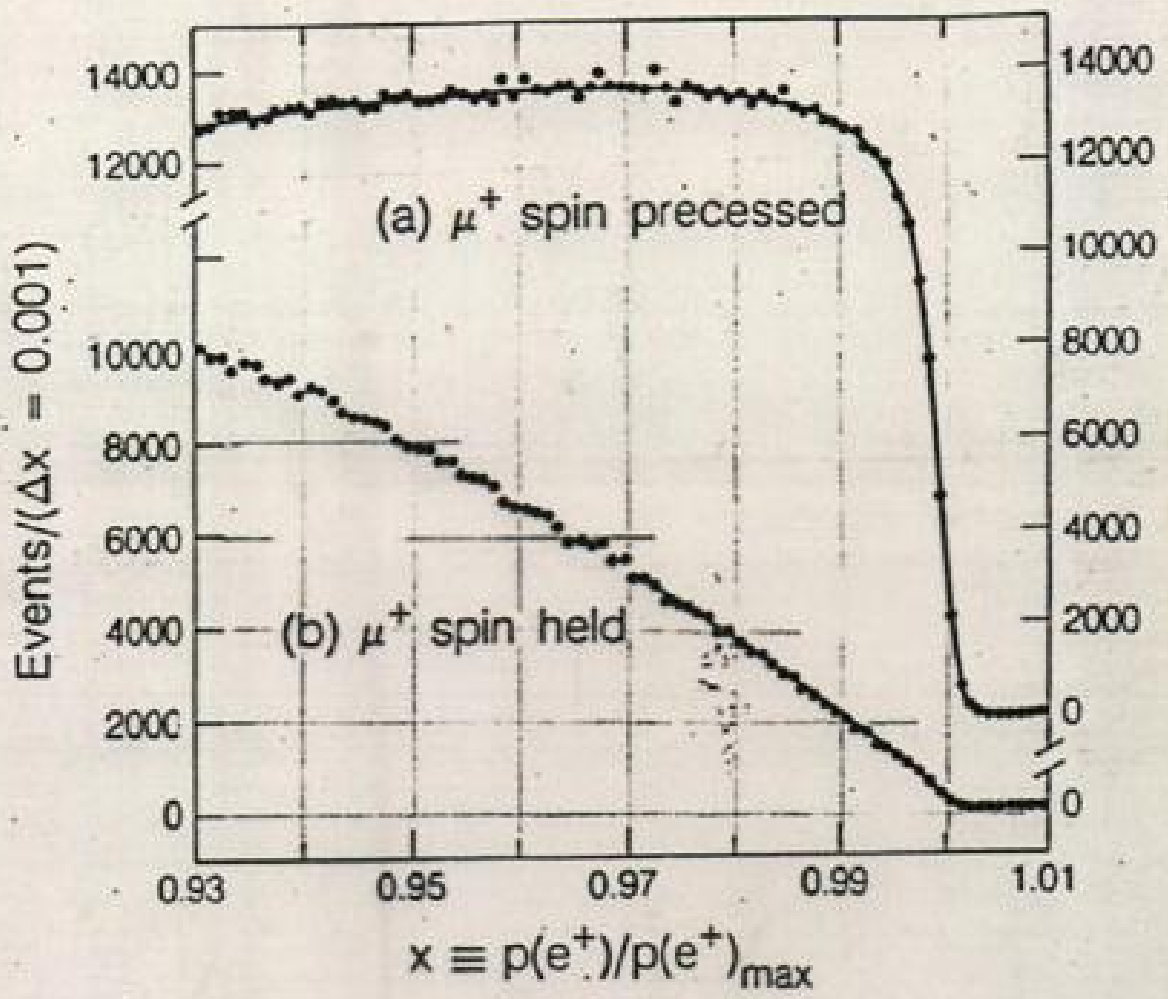
C. J. Oram

*TRIUMF, Vancouver, British Columbia V6T 2A3, Canada*

(Received 27 May 1986)

Limits are reported on charged right-handed currents, based on precise measurement of the end-point  $e^+$  spectrum in  $\mu^+$  decay. Highly polarized  $\mu^+$  from a TRIUMF "surface" muon beam were stopped in pure metal foil and liquid-He targets selected to minimize depolarization effects. In the stopping target region either a spin-precessing transverse field (70 or 110 G) or a spin-holding longitudinal field (0.3 or 1.1 T) was applied. Data collected with the spin-precessing field were used for the momentum calibration of the spectrometer. The spin-held data were used to measure the relative  $e^+$  rate at the momentum end point in a direction opposite to the  $\mu^+$  spin. In terms of the standard muon-decay parameters this rate is given by  $(1 - \xi P_\mu \delta / \rho)$  where  $P_\mu$  is the muon polarization. The combined 90% confidence lower limit from the analysis presented in this paper and our earlier analysis of the spin-precessed data by means of the muon-spin-rotation ( $\mu$ SR) technique is  $\xi P_\mu \delta / \rho > 0.9975$ . For models with manifest left-right symmetry and massless neutrinos this result implies the 90% confidence limits  $m(W_2) > 432 \text{ GeV}/c^2$  and  $-0.050 < \zeta < 0.035$ , where  $W_2$  is the predominantly right-handed boson and  $\zeta$  is the left-right mixing angle. Limits are also deduced on the  $\nu_{\mu L}$  mass and helicity in  $\pi^+$  decay, non-( $V-A$ ) couplings in helicity projection form, the mass scale of composite leptons, and the branching ratio for  $\mu \rightarrow e + f$  where  $f$  (familon) is the neutral massless Nambu-Goldstone boson associated with flavor-symmetry breaking.





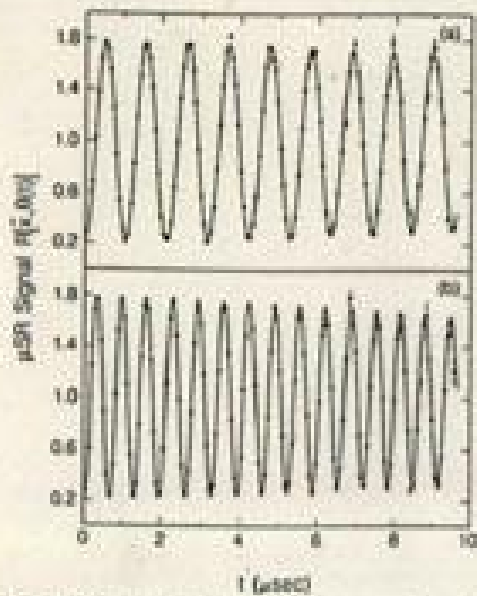


FIG. 1. Data from the second of three running periods, constituting 77% of the total  $\mu$ SR data, with (a) 70-G and (b) 110-G transverse fields. The exponential decay with  $\mu^+$  lifetime has been factored out.

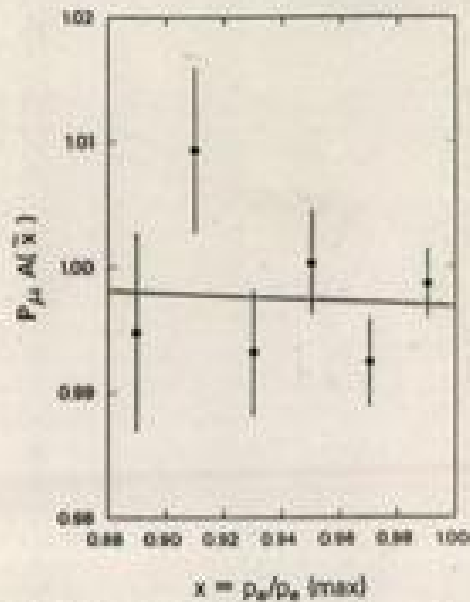


FIG. 4. Values of  $P_{\mu} A(\bar{x})$  in each  $x$  bin for metal targets, excluding run-2 Cu. Error bars are statistical errors added in quadrature to the possible systematic error from the spectrometer momentum calibration. The line is a fit by Eq. (2) using world-average values of  $\delta$  and  $\rho$ .

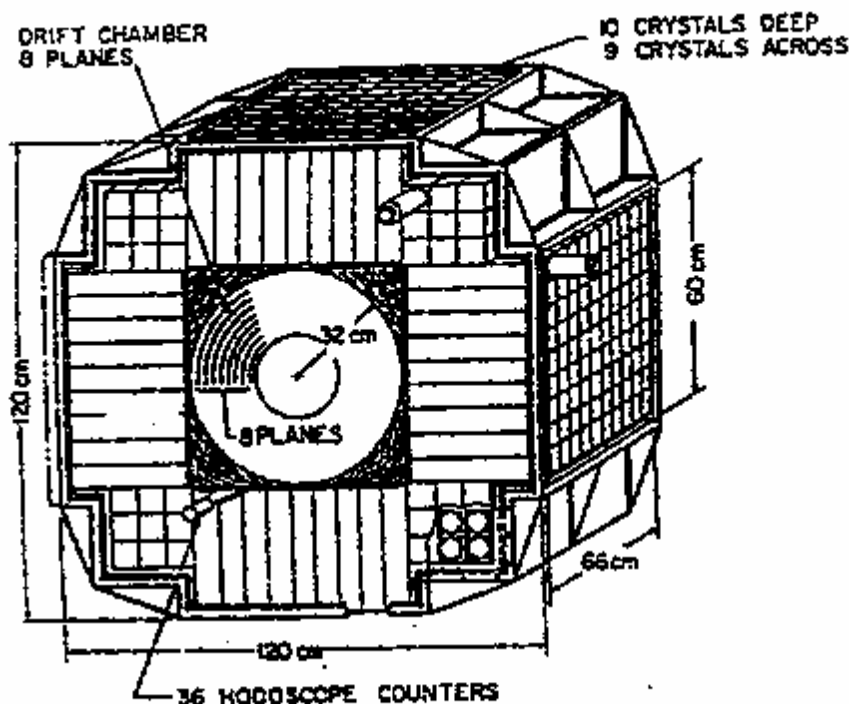


Рис. 5: Схема детектора Crystal Box [15].

для событий  $\mu \rightarrow e\alpha\gamma$ ,  $\mu \rightarrow e\nu\nu\gamma$  и случайных совпадений, соответственно;  $x_i$  — вектор, компоненты которого равны  $M_{eff}^2$  и  $\Delta t_{\alpha\gamma}$ .

Пик функции  $L(n_{e\alpha\gamma}, n_{IB})$  расположен при значениях  $n_{IB} = 7525 \pm 120$  и  $n_{e\alpha\gamma} = 0$ , что находится в хорошем согласии с ожидаемым значением числа  $\mu \rightarrow e\nu\nu\gamma$  — распадов в исследуемой мишени:  $(n_{IB})_{ожид} = 7460 \pm 118(stat) \pm 800(syst)$ .

Приведенные результаты для величины  $R_{\alpha\gamma} = \Gamma(\mu^+ \rightarrow e^+\alpha\gamma) / \Gamma(\mu^+ \rightarrow e^+\nu\nu)$  дают значение:

$$R_{\alpha\gamma} \leq 1,3 \cdot 10^{-9} \quad (90\% \text{ уровень достоверности}). \quad (3.12)$$

#### 4 Анализ высокоэнергичной части спектра позитронов $\mu \rightarrow e$ — распада.

Прямое наблюдение пика от распада  $\mu \rightarrow e^+\alpha$  на фоне распада  $\mu \rightarrow e^+\nu\nu$  помимо того, что требует магнитного спектрометра с высоким разрешением по энергии, связано и с многими трудностями абсолютных измерений — фоновые события, рассеяние и др. Однако, как показано в работах [17, 18], возможна такая постановка опыта по поиску распада  $\mu^+ \rightarrow e^+\alpha$ , где абсолютные измерения заменяются относительными.

Рассмотрим распады  $\mu^+ \rightarrow e^+\alpha$  и  $\mu^+ \rightarrow e^+\nu\nu$  с точки зрения углового распределения позитронов относительно направления спина мюона. Из формул (3.5) и (2.6) видно, что если в первом случае имеет место изотропное распределение позитронов распада, то во втором — резко выраженная асимметрия вылета позитронов отно-



$$N^{\pm} = \int_{1-\Delta\varepsilon}^1 \int_0^{\vartheta} \Gamma_0(\mu \rightarrow e\bar{\nu}v) [(3-2e) \pm (1-2\varepsilon)P_{\mu} \cos\vartheta] \cdot \varepsilon^2 d\varepsilon \cdot \sin\vartheta d\vartheta$$

Hence the asymmetry factor of high energy decay positrons  $\mu \rightarrow e \nu\bar{\nu}$  will be

$$C' = \frac{N^+ - N^-}{N^+ + N^-} = \frac{P_{\mu}}{2} (1 - 2\Delta\varepsilon)(1 + \cos\vartheta),$$

For the decay  $\mu \rightarrow e \alpha$  we have due to the same reasons

$$N^+ = N^- = \frac{1}{2} \cdot \Gamma_0(\mu \rightarrow e\alpha)(1 - \cos\vartheta),$$

and due to such process, the observed asymmetry factor of the  $\mu \rightarrow e$  -decay is:

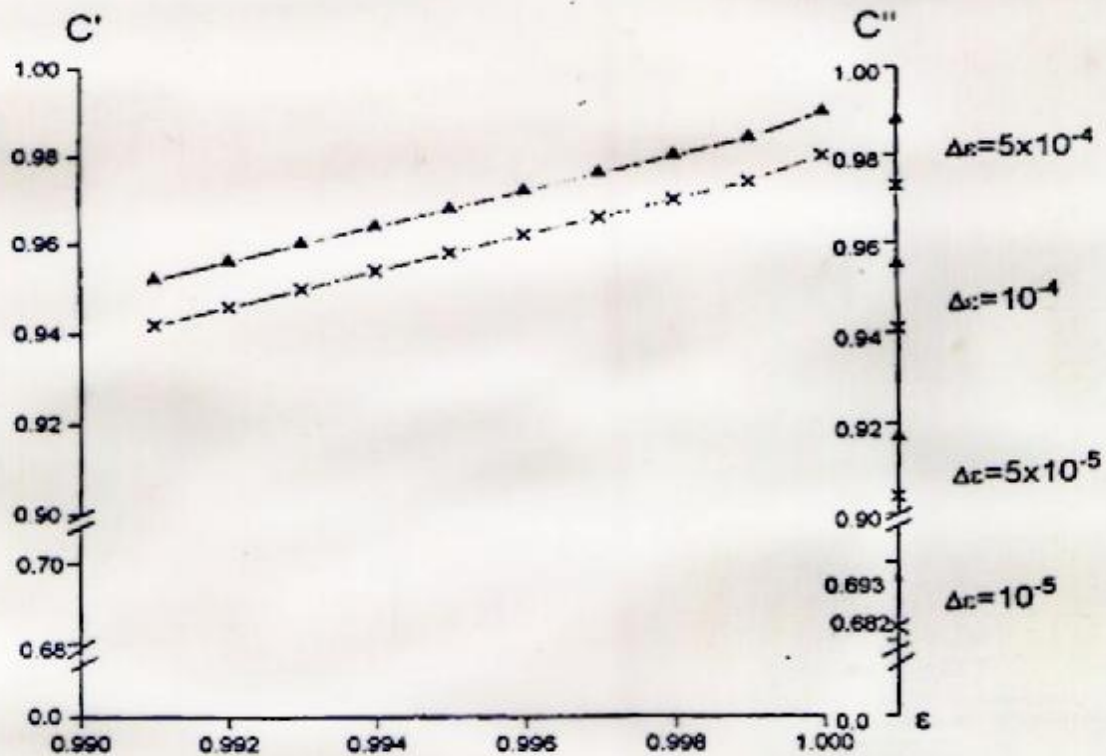
$$C'' = C' \frac{1}{1 + R_{\alpha} / (2\Delta\varepsilon)},$$

where  $C'$  and  $R_{\alpha}$  were defined above. One can see that the ratio  $C''/C'$  is independent of  $\vartheta$ . This fact is important for experimental statistic accumulation, because one can use wide-aperture detectors. In the Table 2 we have the values of  $N^{\pm}$ ,  $C'$  and  $C''$  for several different  $\Delta\varepsilon$ ,  $\vartheta$ , and  $R=8 \cdot 10^{-6}$ .

From these considerations follows, that the experimental search for the decay  $\mu \rightarrow e \alpha$  can be performed by using the standard  $\mu$ SR-equipment plus magnet spectrometer. The aim is to obtain the precession  $\mu$ SR-spectra of polarized muon stopped in matter with high density of conductivity electrons, in perpendicular magnetic field.

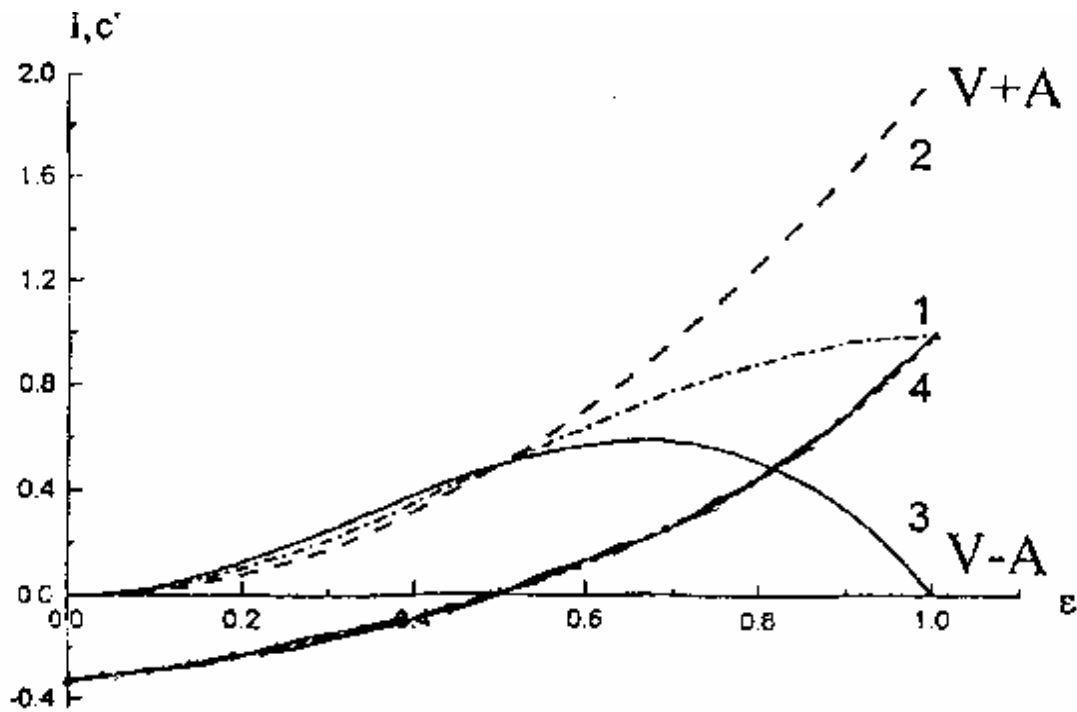
The presence of the decay  $\mu \rightarrow e^+ \alpha$  leads to lower asymmetry factor in the high energy region of positron spectra. The experiment has to be performed in the beam of low energy muons, generated in decays of  $\pi^+$  -mesons, stopped in the surface layer of meson-producing target (the "surface" muons).

First such of type experiment was performed by A. Jodidio et al. in TRIUMF (Tr. 8-12)



This Fig.3 illustrate the energy dependence of the asymmetry coefficient  $C'$  of the  $\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu}$ -decay for two of angular capture.  $\Delta$ -  $\vartheta=5^\circ$  and  $\times$  -  $\vartheta=15^\circ$  and the asymmetry coefficient  $C''$  in the spectrum end of the decay positrons for energy  $\Delta\epsilon$ .

It should be pointed out that the energy dependence of the asymmetry coefficient of positrons in the muon decay will be measured in the energy interval from 0,95 to 1.0 (in relative unites) with the step of 0.002. At the same time 25  $\mu$ SR-spectra will be collected. The effect of the positron multiple scattering will cause a minor drop of the asymmetry coefficient measured. However, there is no physical reason to expect contribution of the positron multiple scattering to the energy dependence of asymmetry coefficient, which will be equivalent to the expected effect in a case of neutrino-less decay of muon.



**Fig.2.** The energy dependence of the positron spectrum for  $\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu}$ : decay (in relative units).

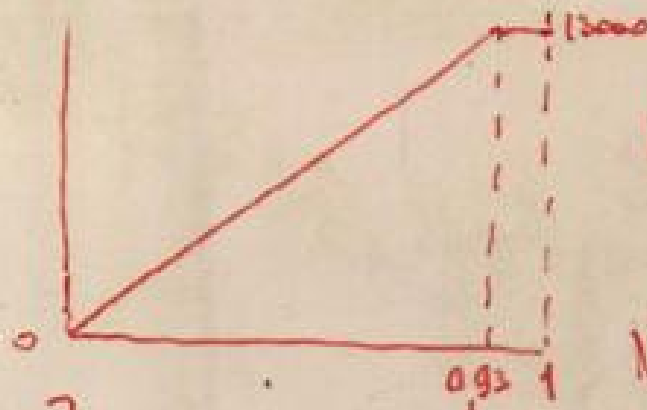
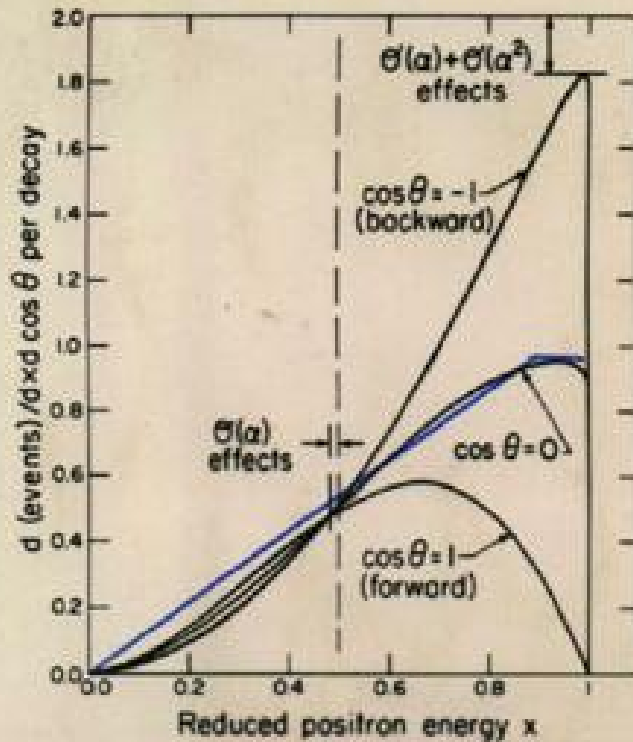
1 - continuous spectrum, 2,3 - for  $\cos \vartheta = -1$ ,  
 4 - the asymmetry coefficient of  $\mu \rightarrow e$  decay.

The neutrino-less mode of the muon decay will change this energy dependence of the asymmetry coefficient in high-energy region.

**Table 1.** Relative contribution  $\mu \rightarrow e \alpha$  decay to the conventional decay in the energy interval  $\Delta \epsilon$ .

$\Delta \epsilon$	$10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-4}$	$10^{-4}$	$5 \cdot 10^{-5}$	$10^{-5}$
$B_{\alpha}$	$4,4 \cdot 10^{-3}$	$8,8 \cdot 10^{-3}$	$4,4 \cdot 10^{-2}$	$8,8 \cdot 10^{-2}$	0,435

Taking into account the finite capture angle and the detection energy range  $\Delta \epsilon$ , we have the following numbers of high energy positrons emitted along  $N^+$  and opposite  $N^-$  to the muon spin direction of the decay  $\mu \rightarrow e \nu \bar{\nu}$ :



$$N_{\perp}^{\text{tr}} = 1.4 \cdot 10^7$$

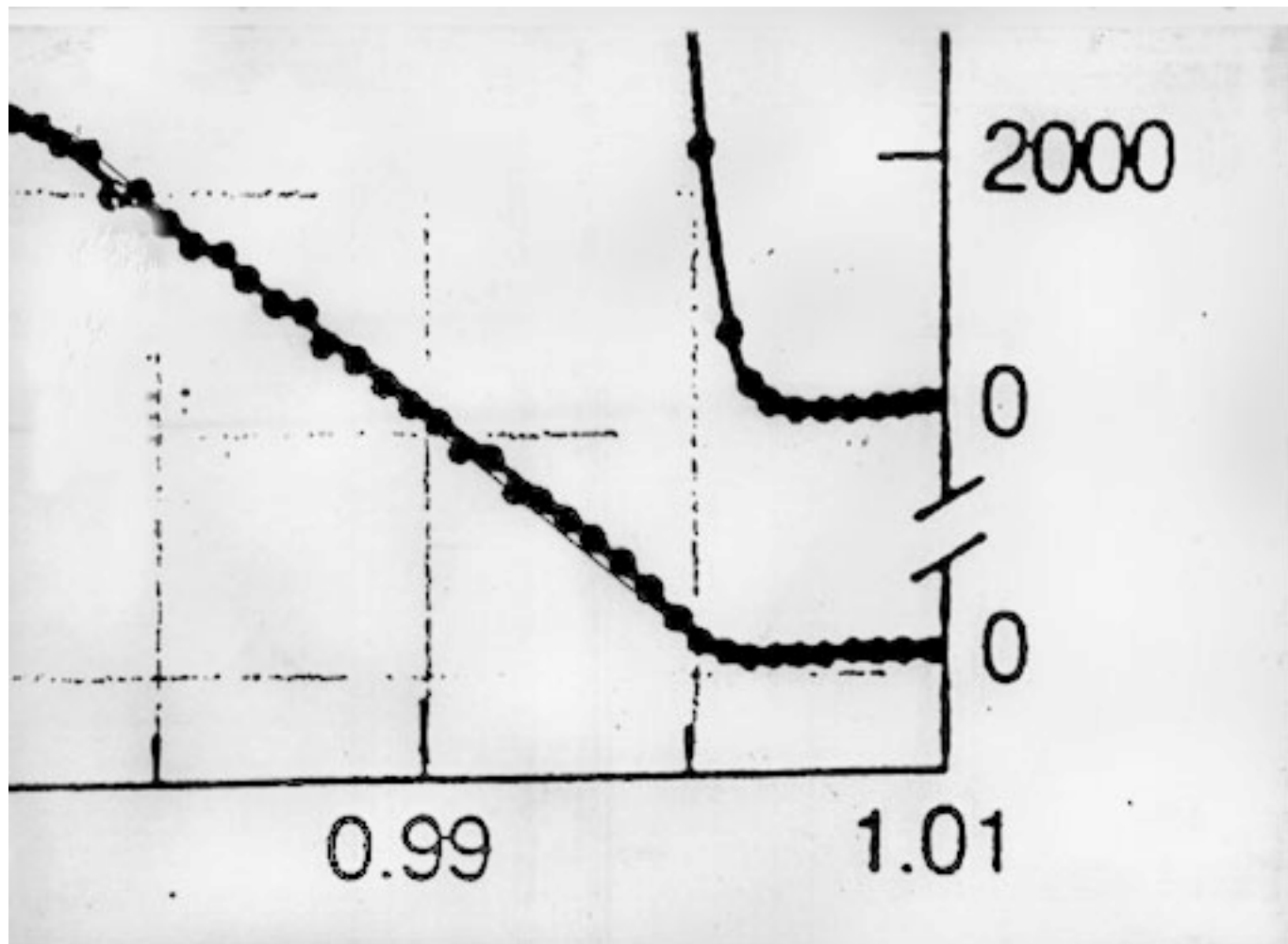
$$N_{\parallel}^{\text{tr}} = 1.8 \cdot 10^7$$

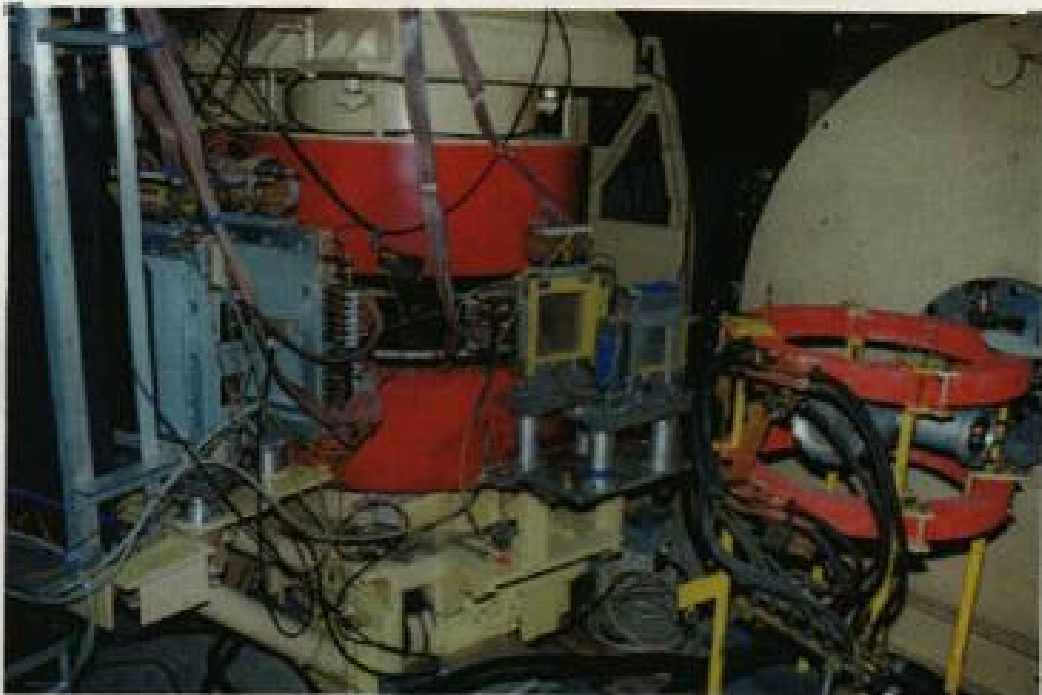
$$N_e^{\text{geom}} = 1.3 \cdot 10^4 \cdot 70 = 9.1 \cdot 10^5$$

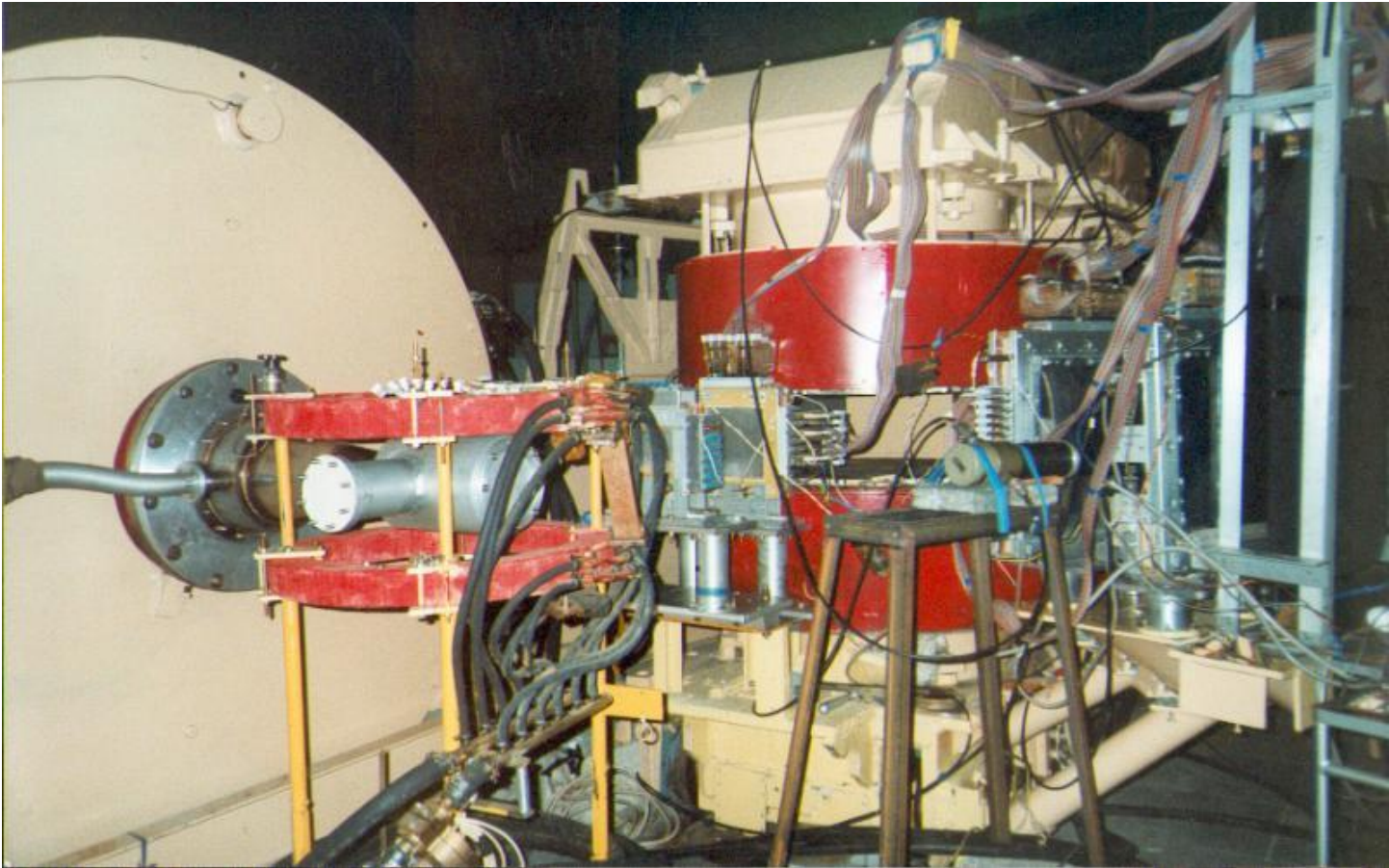
$$N_e^{\text{K}} = 930 \times 1.3 \cdot 10^4 / 2 + 9.1 \cdot 10^5 = 6.9 \cdot 10^6$$

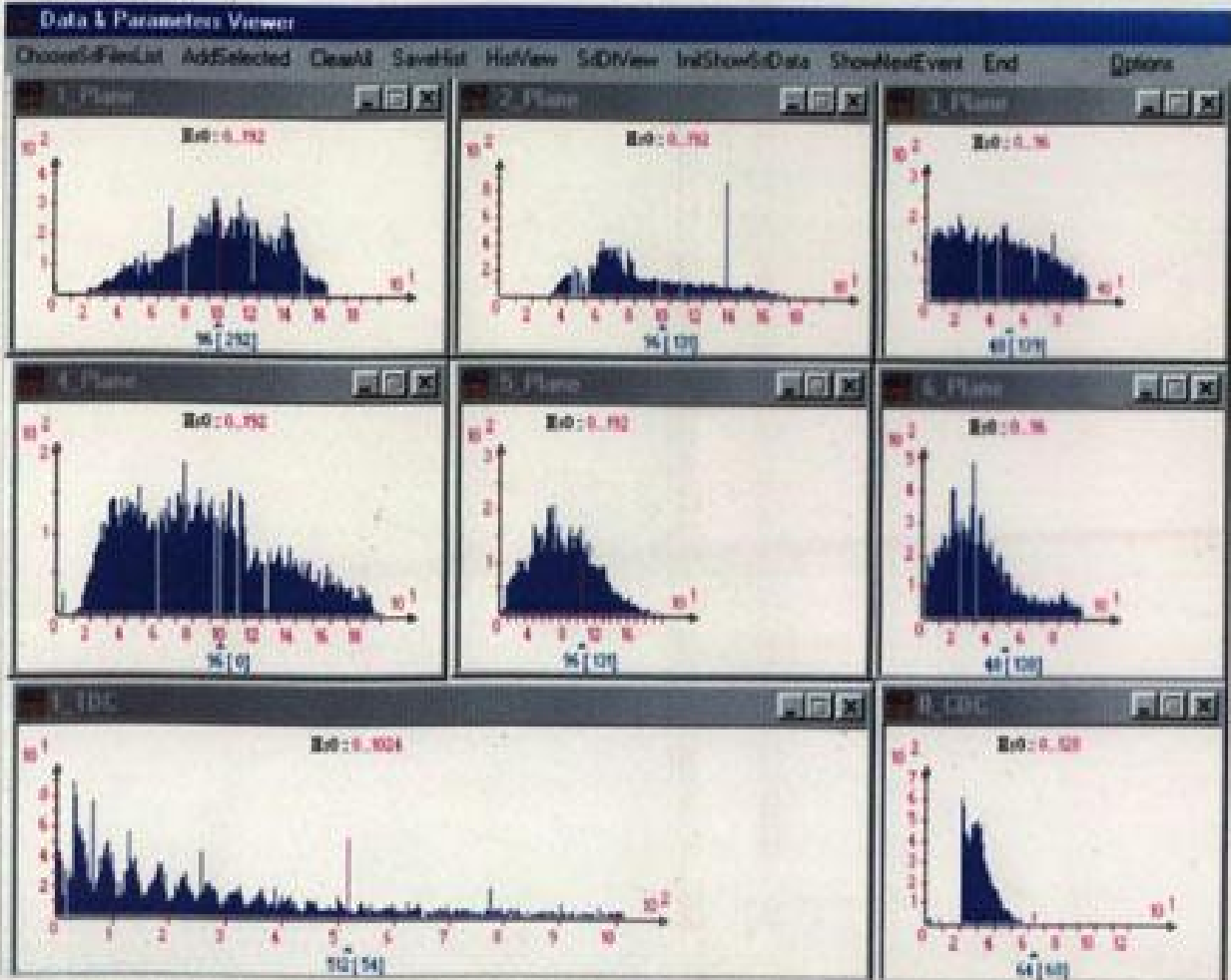
$$\sigma_{\text{tr}} = \frac{x}{6.9 \cdot 10^6} = 2.6 \cdot 10^{-6} \quad x = 18$$

$$x' = 18 \cdot \frac{1.8}{1.4} = 23$$

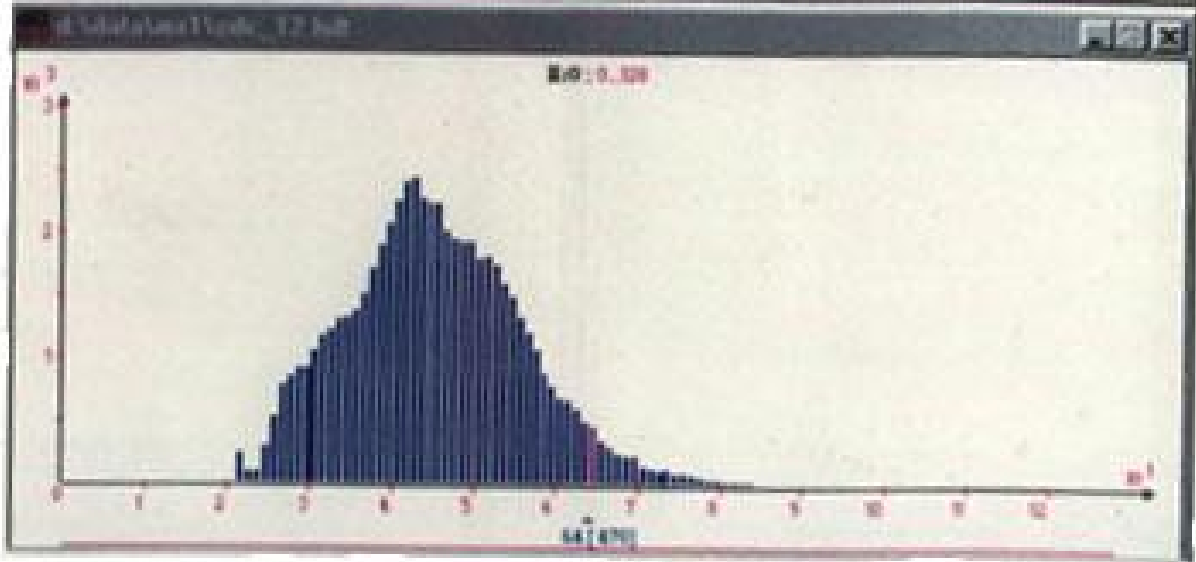
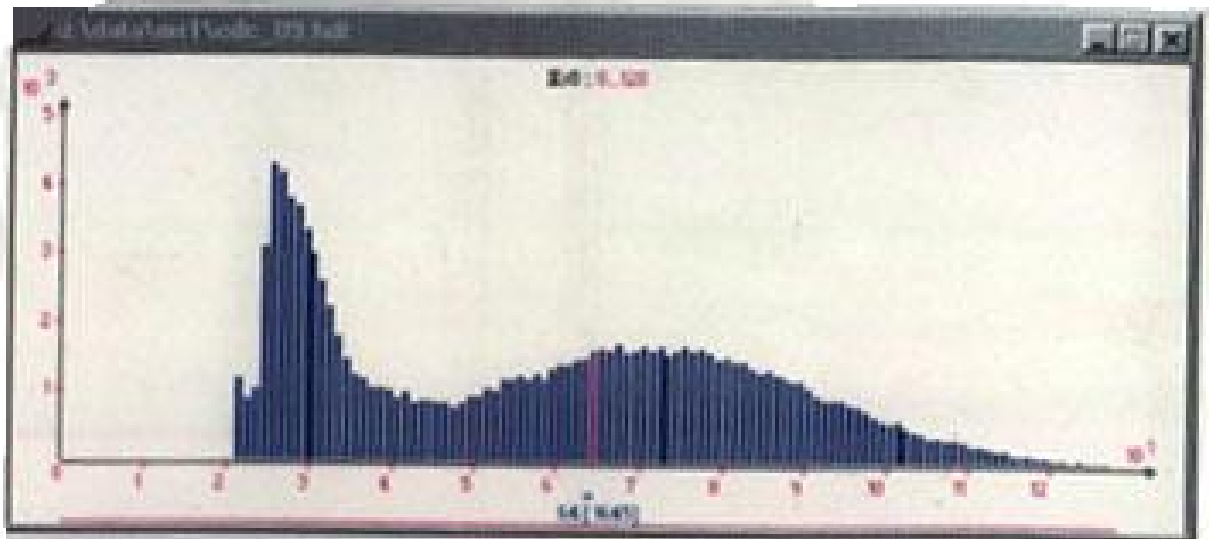


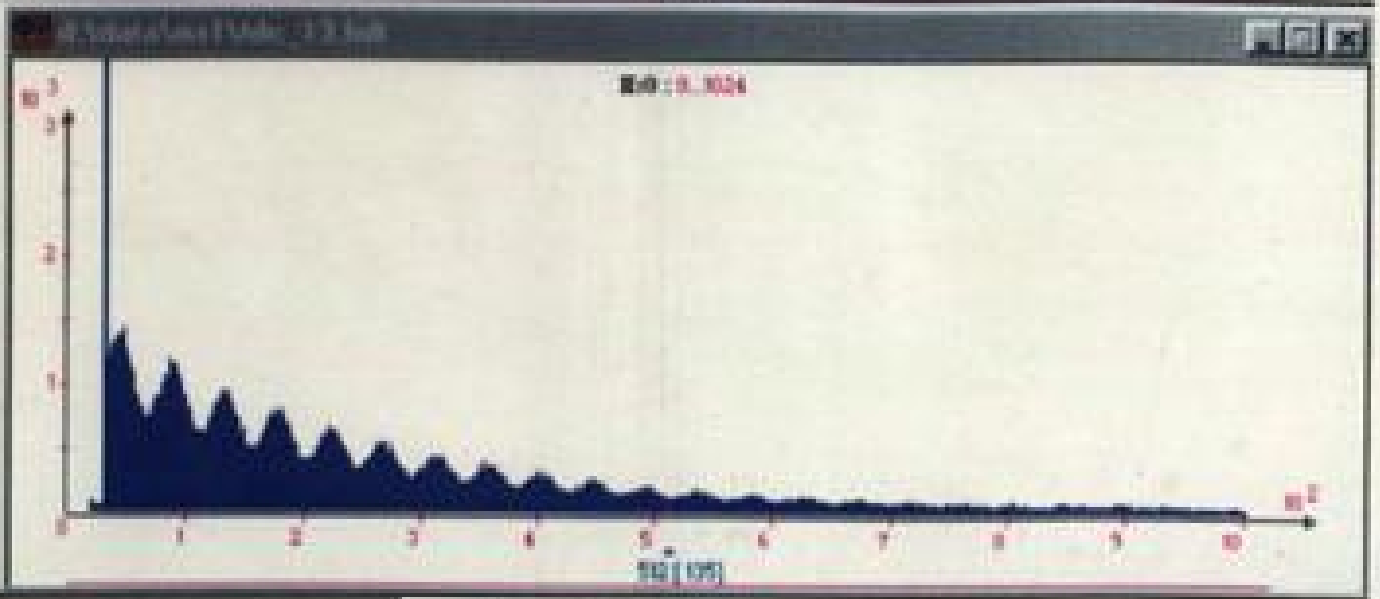
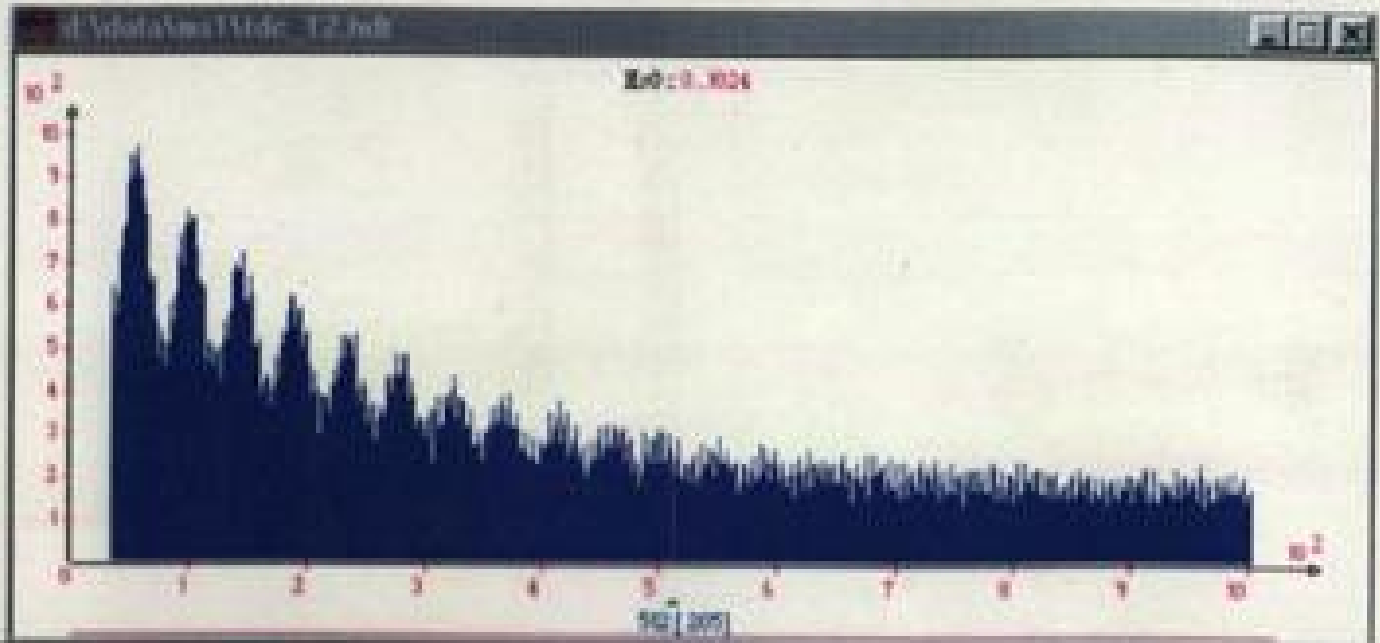


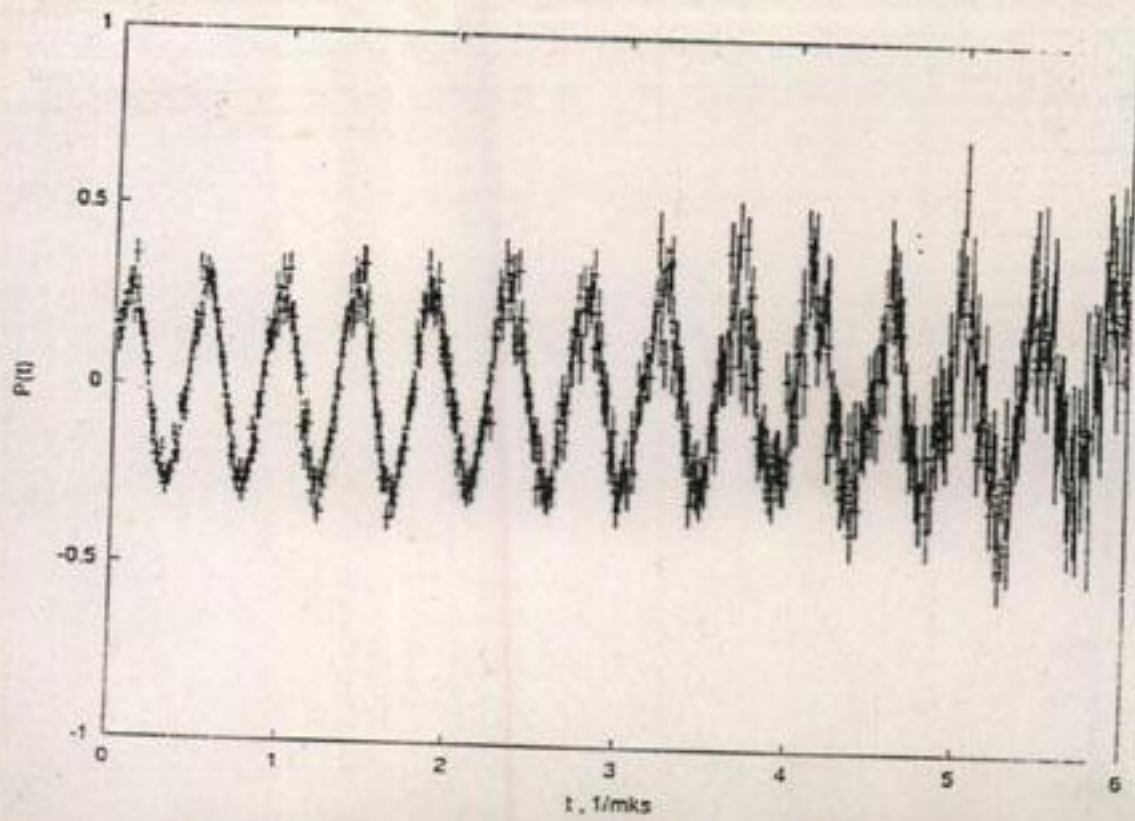
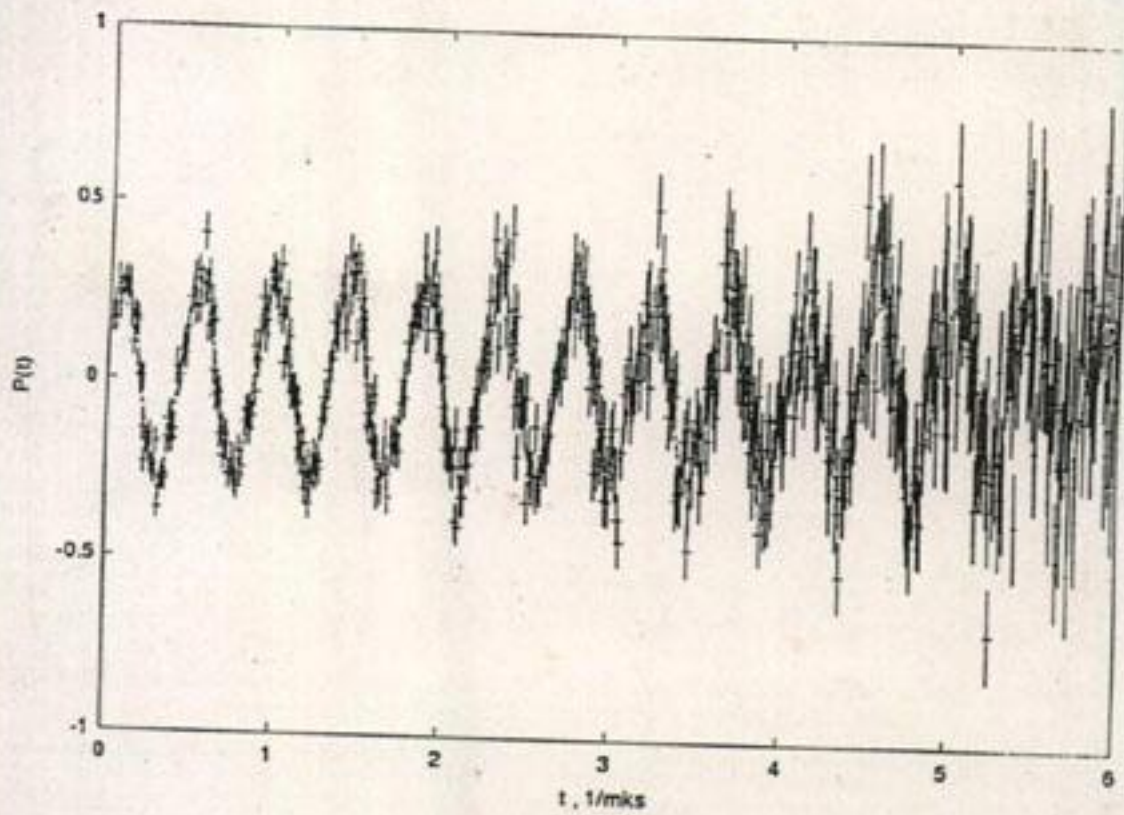


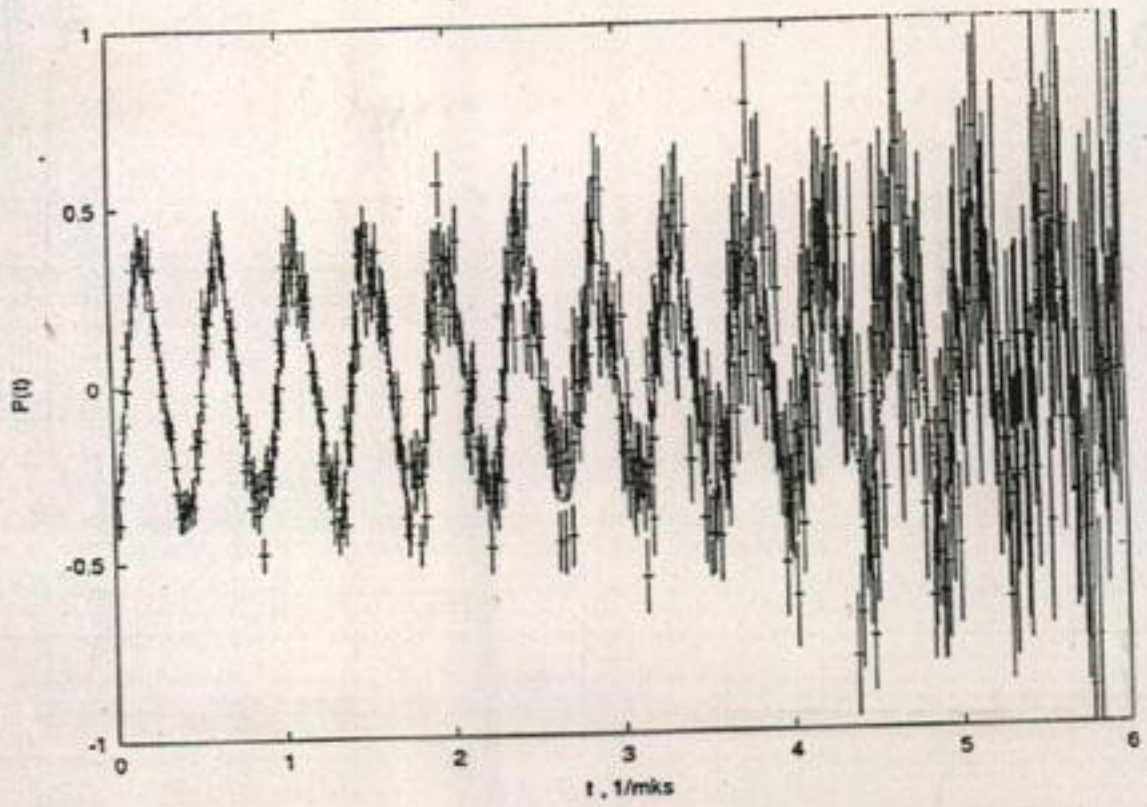












-----FAMILON-----

----- TEST RUN 30.05 - 2.06.201

\*\*\*\*\*|\*\*\*\*\*|\*\*\*\*\*|\*\*\*\*\*|\*\*\*\*\*

H | asymmetry | omega | t0 f & L-ch | x^2 |  
Gauss | rad/mks | | | |

	H	asymmetry	omega	t0	f	L-ch	x^2	
1	164	.358 .005	14.047 .010	35.0	37	1000	975.1	tdcl_12.
2	164	.270 .003	14.007 .007	35.0	37	1000	1028.9	tdcl_13.
3	164	.276 .004	13.990 .009	35.0	37	1000	1037.4	tdcl_14.
4	164	.268 .004	14.021 .010	35.0	37	1000	1186.6	tdcl_15.
5	164	.510 .007	13.887 .009	35.0	55	1000	1196.7	summary_

## Рабочее совещание 21.06.01г. Дубна

Присутствуют:

ПИЯФ	В.А.Гордеев
ОИЯИ	В.Г.Гребинник, К.И.Грицай, В.Н.Дугинов, В.А.Жуков,
	Т.Н.Мамедов, А.В.Стойков.
ИТЭФ	К.Е.Гусев, А.Ю.Соколов

Тема: Обсуждение состояния дел по подготовке к физическому сеансу (декабрь 2001 г.)

### 1. Активная мишень (ПИЯФ)

#### а) дрейфовая камера:

Конструкция готова, происходит наладка предкамерной электроники.

Необходимо: TDC и CDC – конверторы на 128 каналов

#### б) проп.камера и лавинные счетчики:

Произходит изготовление прототипа  $60 \times 60 \text{ мм}^2$  - июль

Рабочая камера  $80 \times 110 \text{ мм}^2$  - октябрь

Вся электроника имеется.

Необходимо время на пучке фазотрона ЛЯП ОИЯИ ~ 20 часов в начале октября для отладки всей системы.

### 2. Кольца Гельмгольца (ОИЯИ, ПИЯФ)

#### а) существующие кольца (ОИЯИ)

#### б) кольца установки МЮОНИЙ (ПИЯФ).

Необходимо решить вопросы питания (ОИЯИ, ИТЭФ)

### 3. Вакуумная камера мишени (ПИЯФ)

Конструкторская разработка - июль

Изготовление - октябрь

### 4. Проп камеры спектрометра (ПИЯФ)

Изготовление предусилителей на 200 каналов

Настройка предусилителей

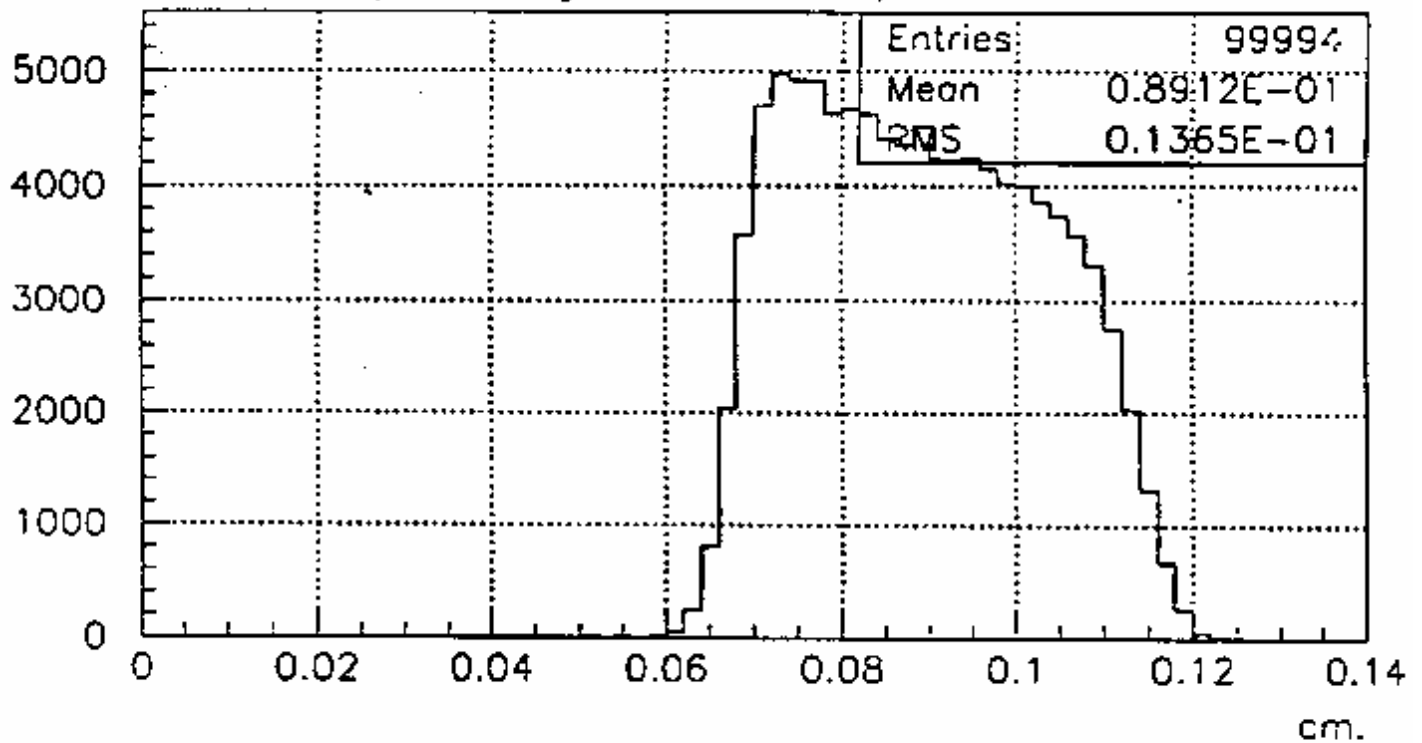
Создание стенда для испытания и настройки в ОИЯИ.

5. Магнит СП-56
  - а) питание магнита (ОИЯИ) - июль
  - б) магнитные измерения (ИТЭФ, ОИЯИ, ПИЯФ) - октябрь
  - в) вакуумная камера (ПИЯФ)
    - конструкция - июль
    - изготовление - ноябрь
  
6. Большие сцинтилляционные счетчики (ОИЯИ, РНЦ КИ, ПИЯФ)  
Ревизия, исследование эффективности регистрации
  
7. Магнитная и фоновая защита (ОИЯИ, РНЦ КИ)
  - Проработка условий - июль
  - Изготовление - октябрь
  
8. Газовое обеспечение (ПИЯФ, ОИЯИ)
  - а) переход на новую смесь  $Ar + CO_2 + SF_6$
  - б) изготовление пульта подключения газа
  - в) обеспечение приборами и газом.
  
9. Модернизация пучка протонов и системы транспортировки пучка (ОИЯИ)
  
10. Тонкий счетчик (ОИЯИ, РНЦ КИ, ПИЯФ)  
Изготовление нового счетчика  $\varnothing 80$
  
11. Программа определения энергии позитронов в спектрометре и моделирование параметров установки методом Монте Карло (ИТЭФ).
  
12. Моделирование и оценка скоростей счета полезных событий (ПИЯФ, СФ АНБ).

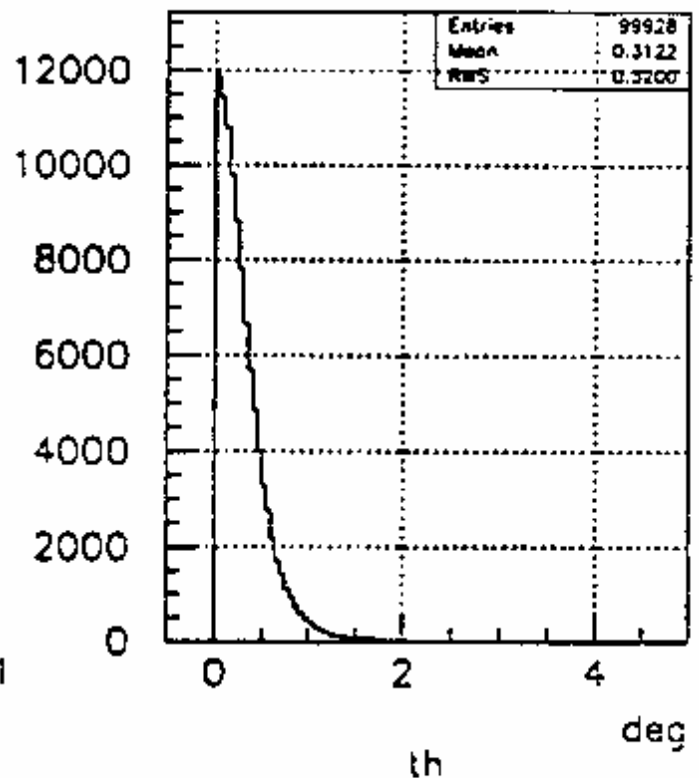
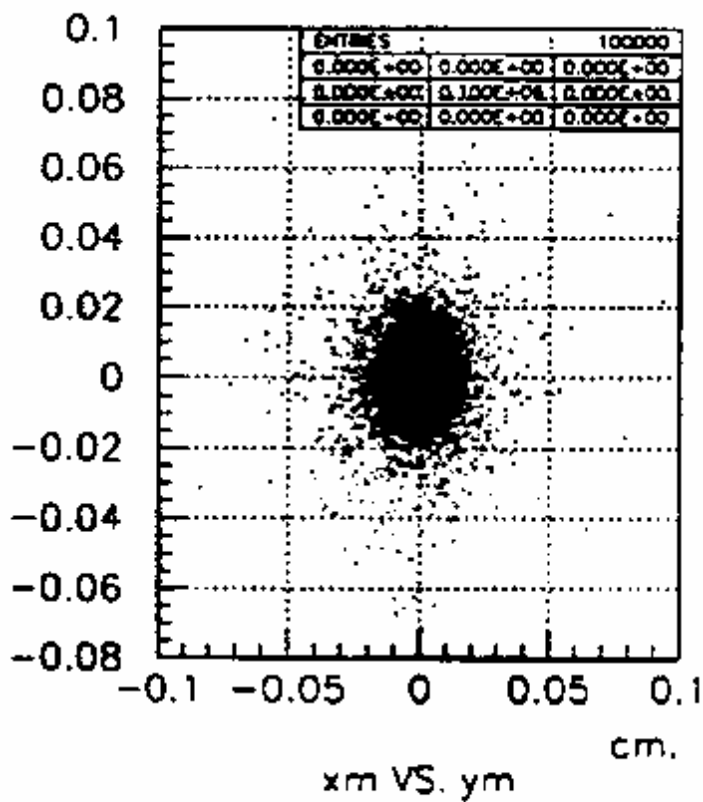
### Решение

1. К следующему совещанию (июль) подготовить детальный план подготовки по каждому пункту с указанием ответственных лиц.
  
2. Провести обсуждение итогов работы по первому сеансу на семинарах ПИЯФ, ОИЯИ и ИТЭФ (июль).

Muon stops and angle of electrons specification in Berilium.



zm



Энергетический разброс пучка после мишени



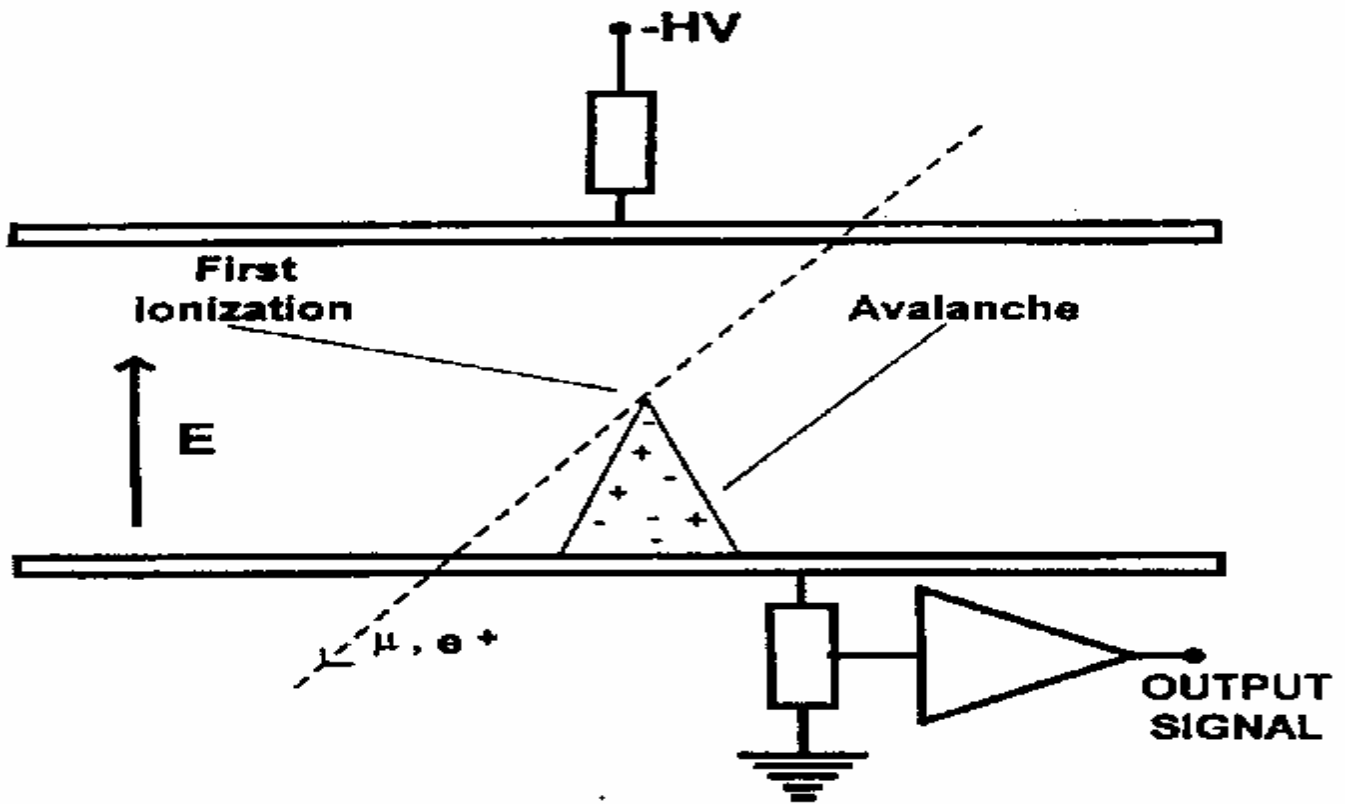


Figure 11: The Plane Parallel Chamber.

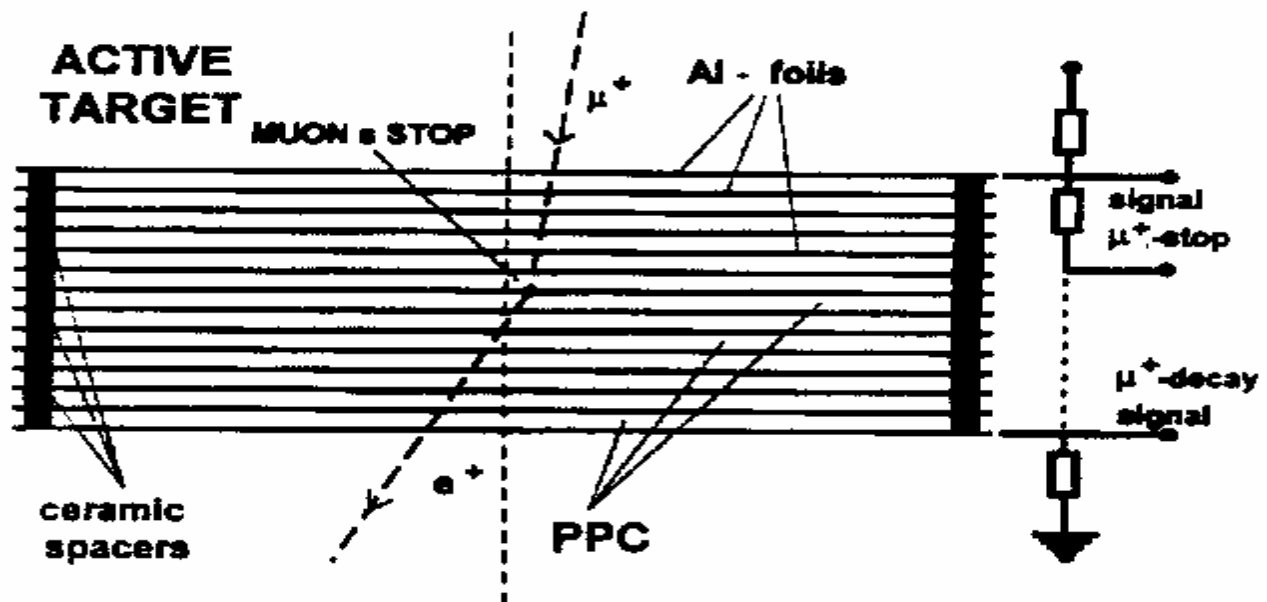


Figure 12: The Multi PPC structure as an Active target.

Заместителю Министра  
Министерства промышленности, науки  
и технологий Российской Федерации

Академику РАН М.П.Кирпичникову

Глубокоуважаемый Михаил Петрович,

В 90-х годах в ПИЯФ предложен и реализован метод и создана необходимая аппаратура для исследования редких распадов мюона. Метод основан на регистрации высокоэнергичных электронов от распада мюона широкоапертурным магнитным  $\beta$ -спектрометром. При финансовой поддержке подпрограммы "Фундаментальная ядерная физика" (проект 133-07) и РФФИ (гранты 95-02-03780-а, 95-02-07498-б) аппаратура ПИЯФ использовалась в эксперименте ПИЯФ-ОИЯИ выполненном на интенсивном пучке поверхностных мюонов фазотрона ЛЯП ОИЯИ по исследованию конверсии мюония в антимюоний. Получены новые оценки верхних экспериментальных пределов на вероятность процесса конверсии  $W_{M\bar{M}}$  и на константу слабого взаимодействия  $G_{M\bar{M}}$  в этом процессе:  $W_{M\bar{M}} \leq 4.7 \times 10^{-7}$ ,  $G_{M\bar{M}} \leq 0.14 G_F$  (90% CL). Получено ограничение снизу на массу дважды заряженного хиггсовского бозона  $H^{++}$ , ответственного за процесс конверсии  $M \rightarrow \bar{M}$ :  $M_{++} \geq 210 \text{ ГэВ}/c^2$ .

В течение 5 лет (1992–1997 гг.) результат ПИЯФ-ОИЯИ для вероятности процесса конверсии мюония в антимюоний был лучшим в мире.

В 1996 г. в ПИЯФ и ОИЯИ принята программа дальнейших исследований редких и экзотических распадов мюонов и пионов с помощью существующей в ПИЯФ и ОИЯИ аппаратуры. В качестве первоочередной задачи было решено готовить аппаратуру для поиска возможного распада мюона с вылетом скалярной частицы.

Для объяснения существования в стандартной модели поколений фермионов существуют теории с "горизонтальной" симметрией. CP-нарушение, несохранение четности, изменяющие аромат нейтральные токи легко включаются в эти модели и должны быть подавлены большой массой соответствующих калибровочных бозонов. В случае, если "горизонтальная" симметрия есть глобальная симметрия, спонтанное нарушение симметрии ведет к существованию голдстоуновских бозонов. Поиски таких распадов и участвующих в них скалярных частиц являются одним из важнейших направлений современной физики.

Для этих частиц имеется теоретическая причина, по которой они либо являются строго безмассовыми (голдстоуновские бозоны), либо имеют малую массу (псевдоголдстоуновские бозоны). Очевидно, что, помимо теоретической выделенности, эти частицы интересны и с экспериментальной точки зрения: они могли бы наблюдаться при невысоких энергиях. В 1985 году Ансельм, Уральцев (ПИЯФ) и Хлопов (ИПМ, Москва) оценили шкалу нарушения симметрии поколений, исходя из моделей образования структуры нестабильными нейтрино, и предсказали скорость распада мюона на электрон и голдстоуновский бозон-фамилон на уровне  $\text{Br} = 10^{-6}$ . В том же году Гордеев (ПИЯФ) предложил экспериментальный метод исследования такого процесса. Метод исследований основан на измерении энергетической зависимости коэффициента асимметрии позитронов от распада мюонов в высокоэнергичной части спектра Мишеля.

В 1996–1998 гг. в ПИЯФ создана необходимая аппаратура для проведения исследований. В 1999 г. проект "ФАМИЛОН" принят к поставке Учеными Советами ОФВЭ ПИЯФ и ЛЯП ОИЯИ. В ноябре 2000 г. проект утвержден Международным Программным Комитетом по ядерной физике ОИЯИ, выделено ускорительное время на фазотроне ЛЯП

ОИЯИ (330 часов) для выполнения физических измерений. В мае-июне 2001 на фазотроне ЛЯП ОИЯИ проведен пробный физический сеанс по проекту "ФАМИЛОН". Исследованы параметры установки, фоновые условия эксперимента. Набраны первые  $10^5$  триггеров полезных событий. Определен объем работ, который необходимо провести для проведения полномасштабного сеанса по набору статистики (ноябрь-декабрь 2001 г.).

Эксперимент "ФАМИЛОН" выполняется силами четырех институтов России: ПИЯФ, ОИЯИ, ИТЭФ, РНЦ КИ. Общее число авторов проекта и лиц, активно участвующих в его подготовке, более 50 человек. К сожалению, средств, которые имеются в 2001 г. в распоряжении руководителя проекта (РФФИ – 160 тыс. рублей, Подпрограмма ФЯФ – 150 тыс. рублей, ОИЯИ – 120 тыс. рублей) недостаточно для подготовки и проведения физических измерений.

Просим Вас рассмотреть возможность выделения средств в 2001 г. из лимита бюджетного финансирования укрепления приборной базы науки на приобретение измерительных приборов, источников питания, генераторных ламп и комплектующих изделий в сумме 500 тыс. рублей (250 тысяч рублей ПИЯФ РАН для поддержания установки ФАМИЛОН, 250 тысяч рублей ОИЯИ для обеспечения работы фазотрона ЛЯП). Смета расходов прилагается.

Директор ПИЯФ,  
Член-корр. РАН



В.А. Назаренко

Директор ОФВЭ ПИЯФ,  
Член-корр. РАН

А.А. Воробьев

Директор ОИЯИ,  
Академик РАН



В.Г. Калышевский

Директор ЛЯП ОИЯИ,  
профессор

Н.А. Русакович

Директор ИОЯФ РНЦ КИ,  
Академик РАН



С.Т. Беляев

И.О. Директора ГУЦ ГНЦ РФ ИТЭФ,  
Профессор



А.Л. Суворов

Руководитель проекта ФАМИЛОН,  
Доктор физ.-мат. наук

В.А. Гордеев

18.07.01

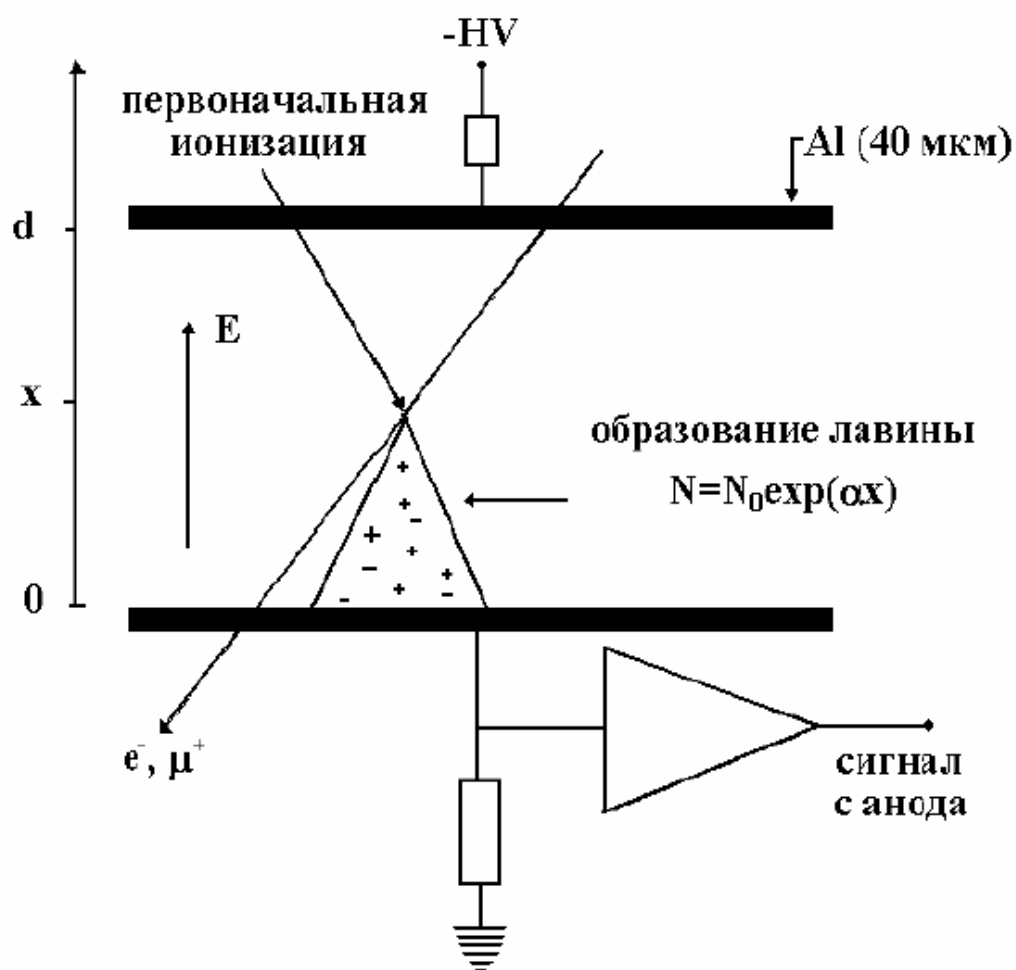
Cost and schedule summary for the project  
**FAMILON**

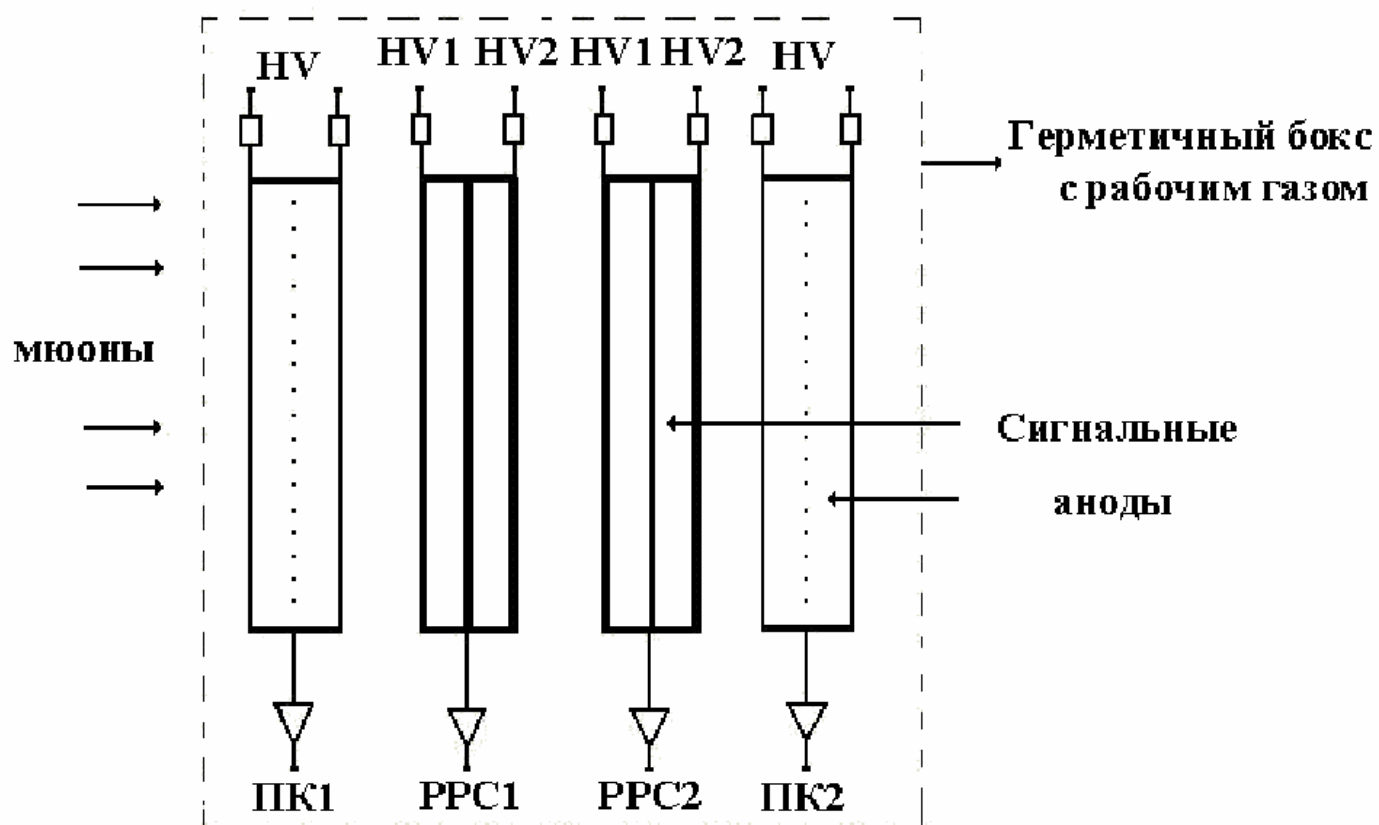
Subsystem and system names, financial and resources sources		Cost of the set-up parts (US \$)	Laboratory suggestion on finance and resources distribution			
			Resources requirements	1999	2000	2001
Main parts of the set-up	Main parts of the set-up (proportional chambers, DAQ electronics, target equipment) is produced at PNPI (Gatchina) The tract of slow muons and pions beam exists at LNP JINR					
Resources requirements	Design dept. LNP JINR (hours)	2000	1000	1000		
	LNP JINR workshop (hours)	5000	1000	2000	2000	
	Phasotron (hours)	1200	100	600	500	
	Computer SUN (hours)	1600	400	400	400	400
Finance sources	JINR	22400	5100	7100	8100	2100
	PNPI	40000				
	Grants "Fundam. nucl. physics" project 1.3.5.-12	20000	3000	3000	3000	3000
	RFBR 95-02-07498	10000				
	95-02-03780	8000				
	96-02-18932	12000				
	99-02-17943	12000	4000	4000	4000	

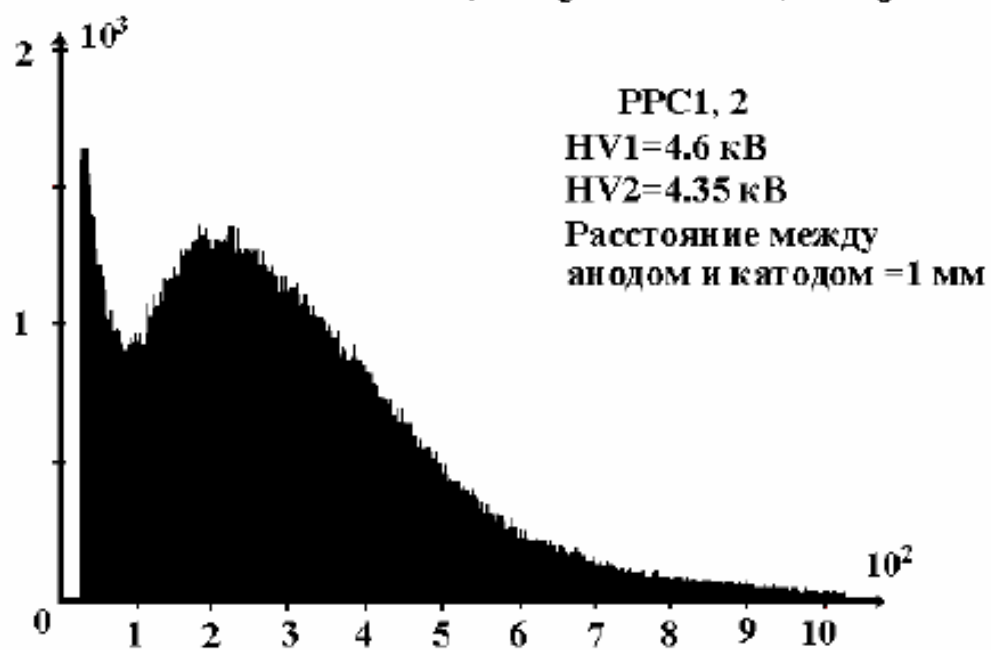
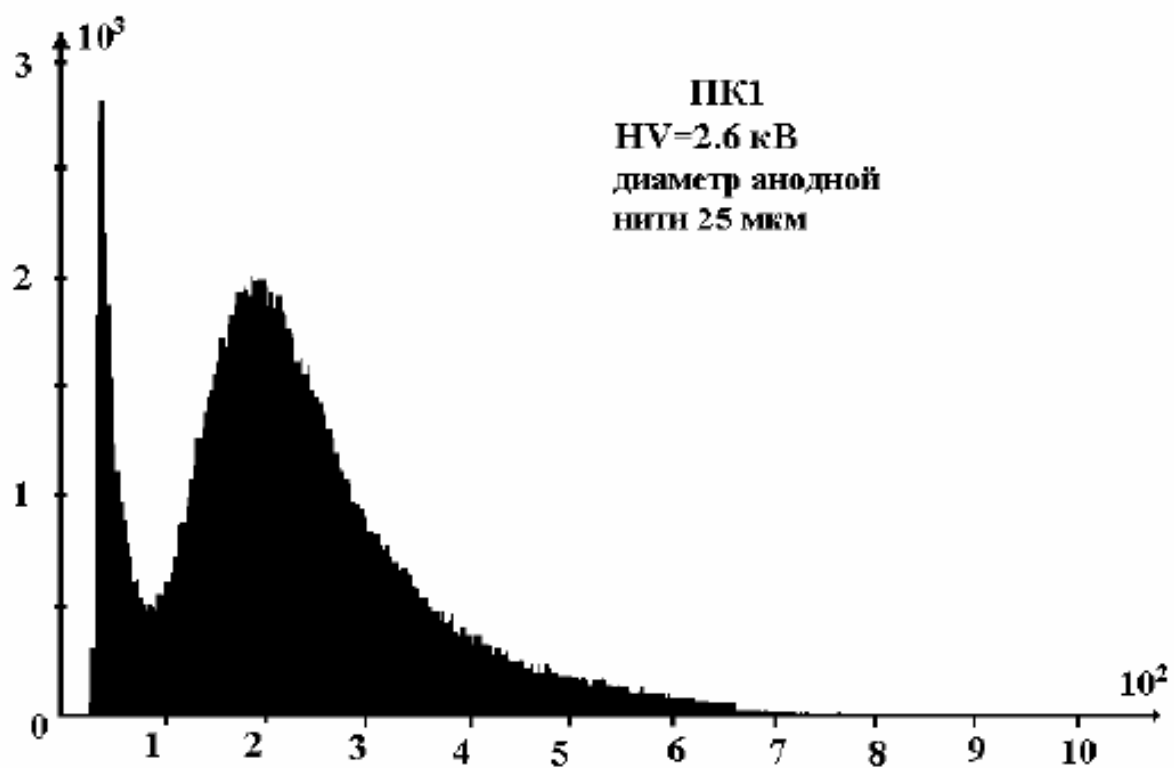
## Cost and schedule summary for the project

**FAMILON**

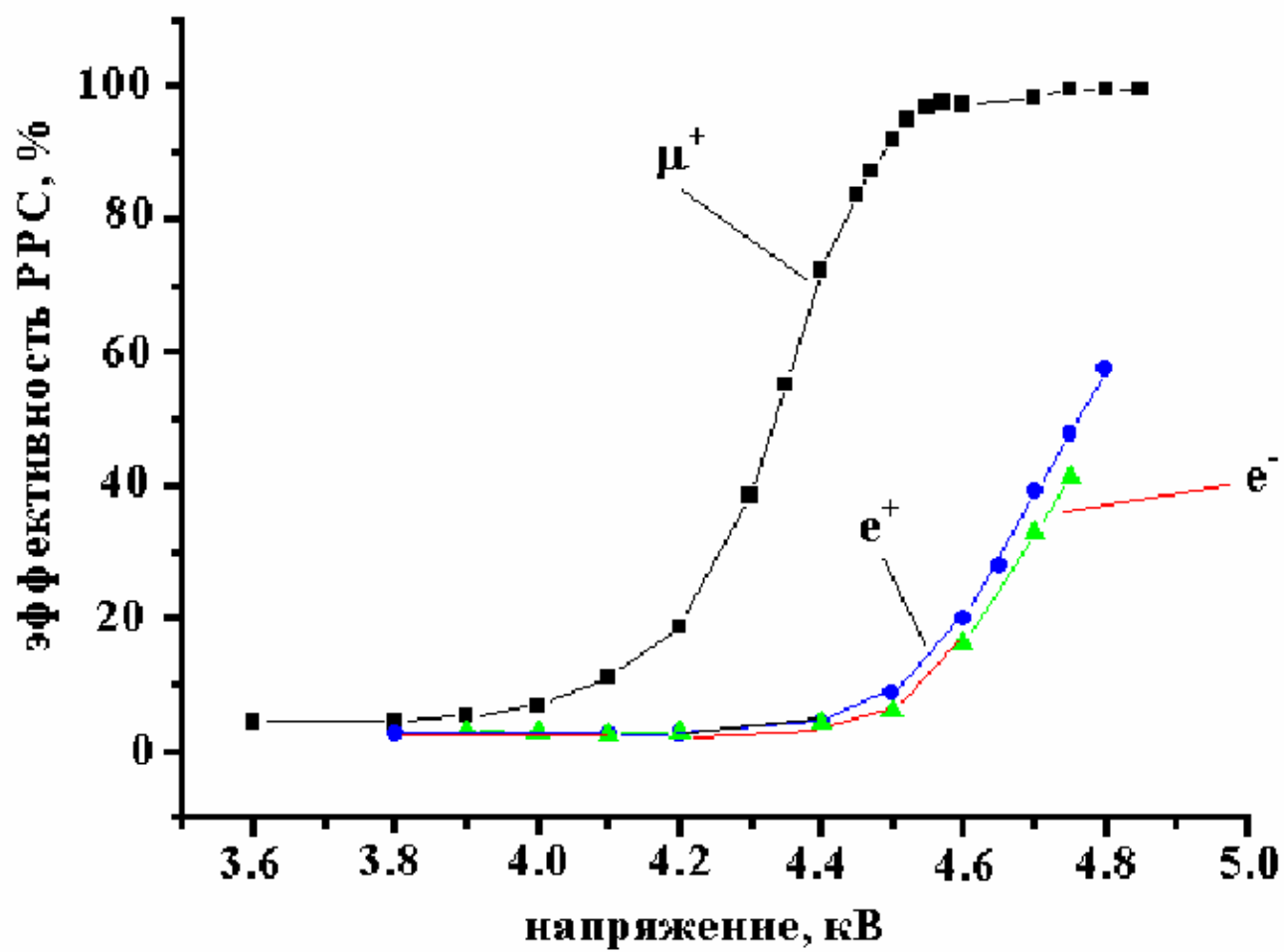
N Item	Full cost	1999	2000	2001	2002
1. Phasotron (hours)	1200	100	600	500	
2. Computer SUN (hours)	1600	400	400	400	400
3. Computer connection, \$	400	100	100	100	100
4. Design dept. LNP(hours)	2000		1000	1000	
5. LNP workshop (hours)	5000	1000	2000	2000	
6. Materials, \$	4000	1000	1000	2000	
7. Equipment, \$	6000	2000	2000	2000	
8. External contracts, \$	4000	1000	1000	1000	1000
9. Visits, \$					
a) abroad					
b) domestic	8000	1000	3000	3000	1000
Sum, \$	22400	5100	7100	8100	2100

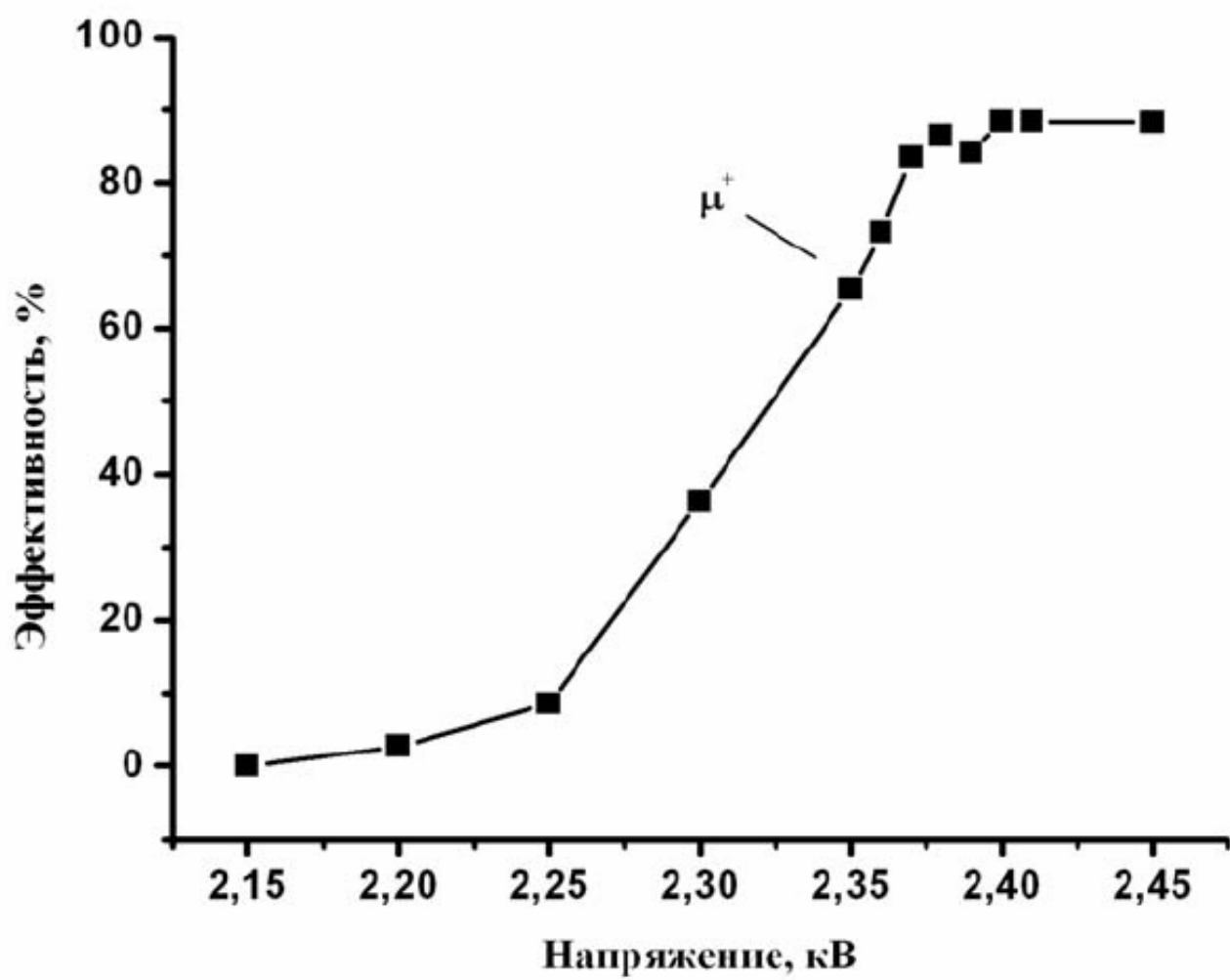












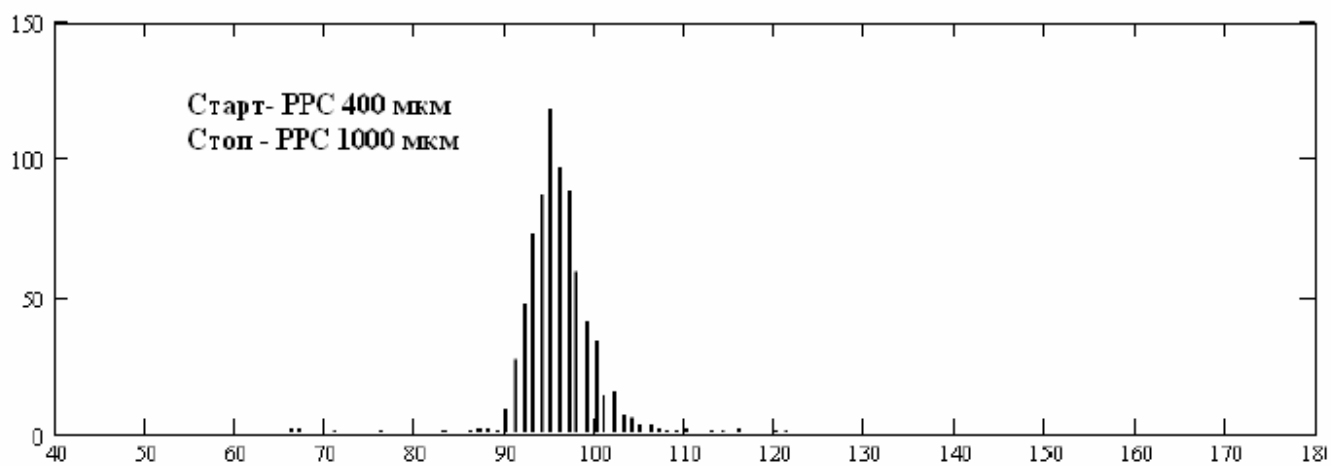


Рис.11. Временное разрешение PPS (в одном канале гистограммы 0.23 нс.).

