

Лаборатория редких распадов

☞ Состав лаборатории

- ☞ Гордеев В.А. Зав.лаб. Д.ф.м.н.
- ☞ Елкин Ю.В. С.н.с. К.т.н.
- ☞ Комаров Е.Н. С.н.с. К.ф.м.н.
- ☞ Шеглов Ю.А. С.н.с. К.ф.м.н.
- ☞ Ивочкин В.Г. С.н.с.
- ☞ Левченко М.Г. Н.с. К.ф.м.н.
- ☞ Воробьев С.И. М.н.с
- ☞ Косьяненко С.В. М.н.с.
- ☞ Виноградова Л.Л. Ст.лабор.иссл.

Участие в проектах

1. ФАМИЛОН (ЛЯП ОИЯИ)
2. μ SR (ЛЯП ОИЯИ, ПИЯФ)
3. МАП 2 (ПИЯФ)
4. Муон
5. D-ZERO (FNAL)
6. Методические разработки

РОССИЯ

2005

Эксперимент
ФАМИЛОН

ИЯФ
С-Петербург

ОИЯИ
Дубна

ИТЭФ,
ИИМ,
МФТИ
Москва

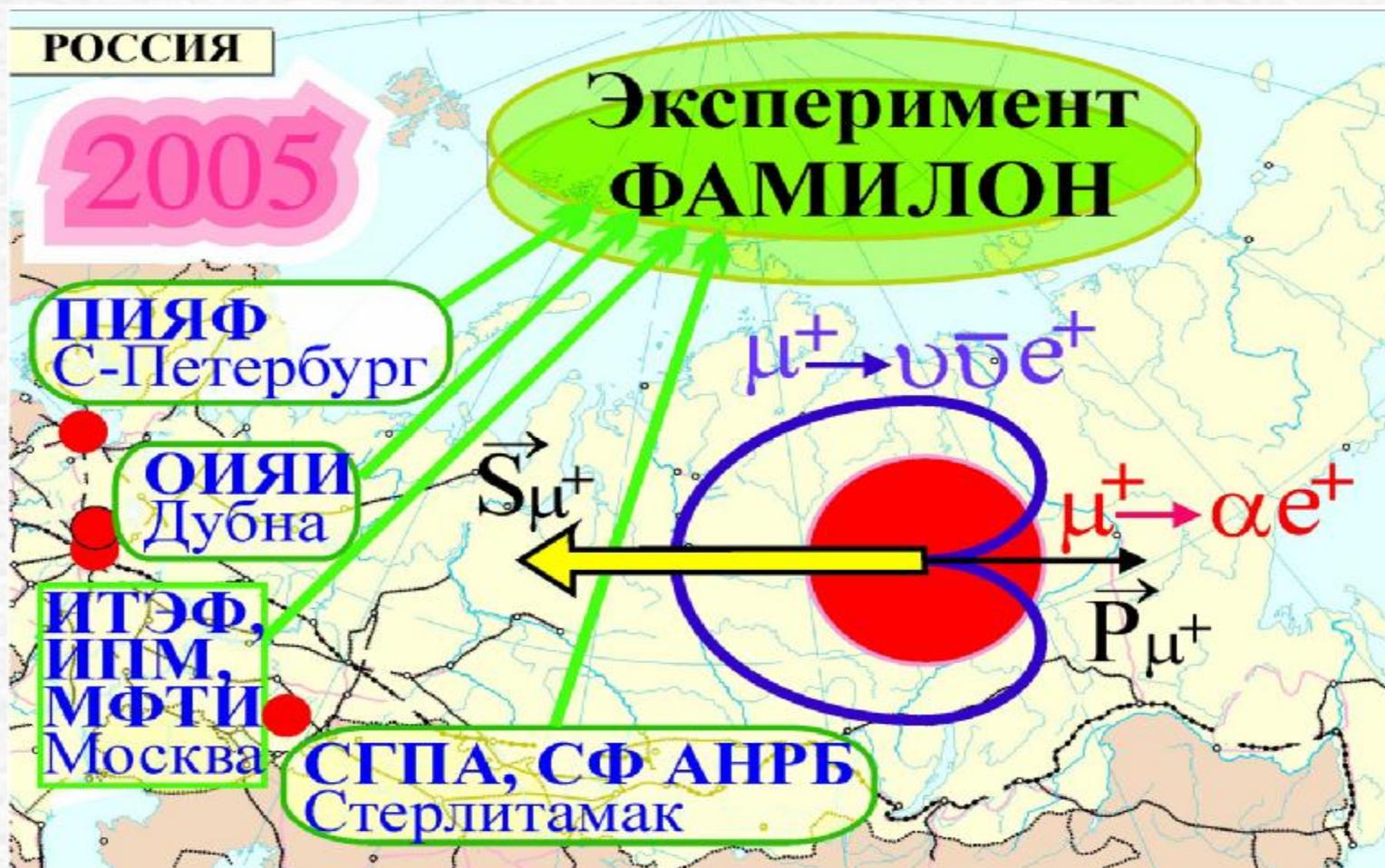
СГПА, СФ АНРБ
Стерлитамак

$\mu^+ \rightarrow \nu \bar{\nu} e^+$

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

S_{μ^+}

P_{μ^+}



**Dzhelepov Laboratory of Nuclear Problems
Investigations at Phasotron**
(users' request facility)

OPERATION OF PHASOTRON (hours)
03.02-29.04.2003

Fundamental Investigations:

DUBTO - Resonant behaviour of the both the $pp\pi^-$ and $nn\pi^+$ systems, produced in $\pi^4\text{He}$ interaction.

MUON – Investigation of the muon properties and the muon interactions with matter.

FAMILON - The study of the two-particle muon decay on an electron and Goldstone's massless boson.

μ -CATALISIS- Measurements of muon catalyzed fusion cycling rate temperature dependence in a binary mixture D/T in the temperature range 40-300 K.

Applied investigations:

Cancer therapy;

SAD- Energy Amplifier

Machine development:

Upgrade of the Phasotron and its beam channels;

Design of external injection in the Phasotron.

Medicine	667
DUBTO	357
Energy Amplifier (SAD)	65
Nuclear Spectroscopy (YASNAPP)	111
Machine development	198
MUON	238
TOTAL ACTUAL TIME IN 2003	1805
PLANNED TIME IN 2003	2370

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

F.Welczek, Phys.Rev., 1982, 49,1549.

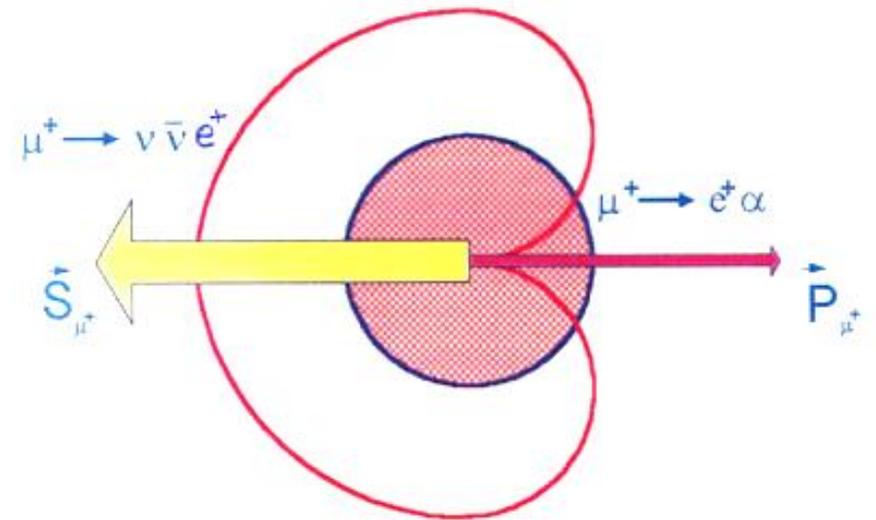
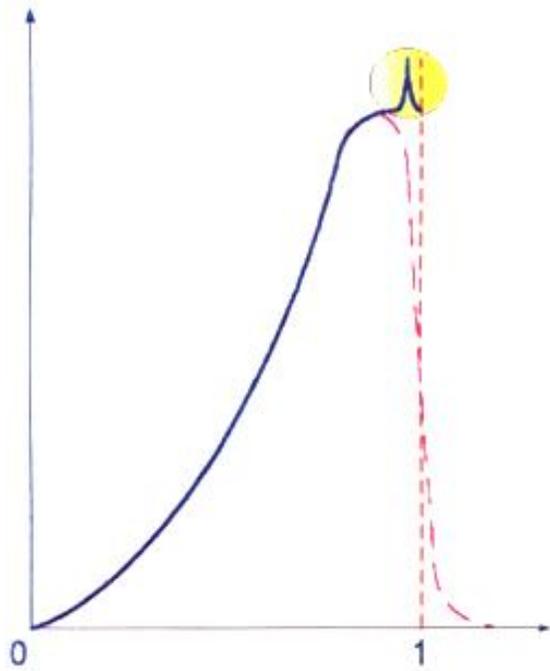
G.Gelmini, S.Nussinov, T.Yanagida, Nucl.Phys.,
1983, B219, 31.

A.Anselm, N.Uraltsev, 1983, ZhETF, 84, 1961.

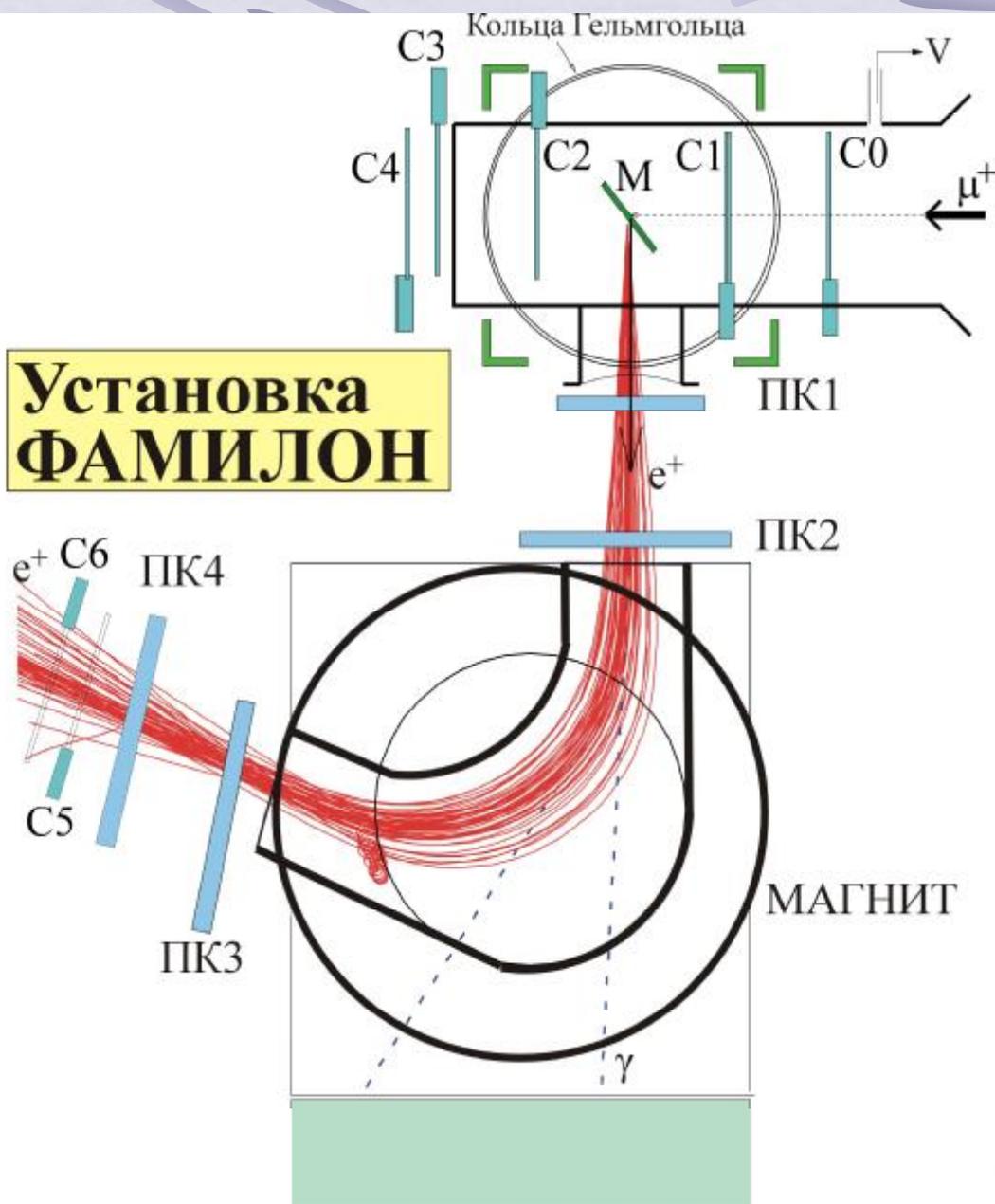
$$s \textcircled{R} d + a$$

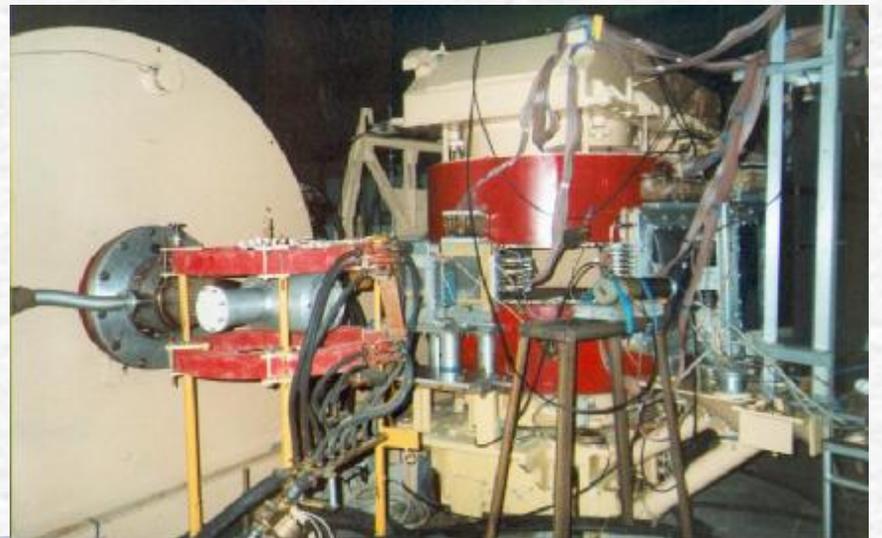
$$m \textcircled{R} e + a$$

$$n_H \textcircled{R} n_L + a$$



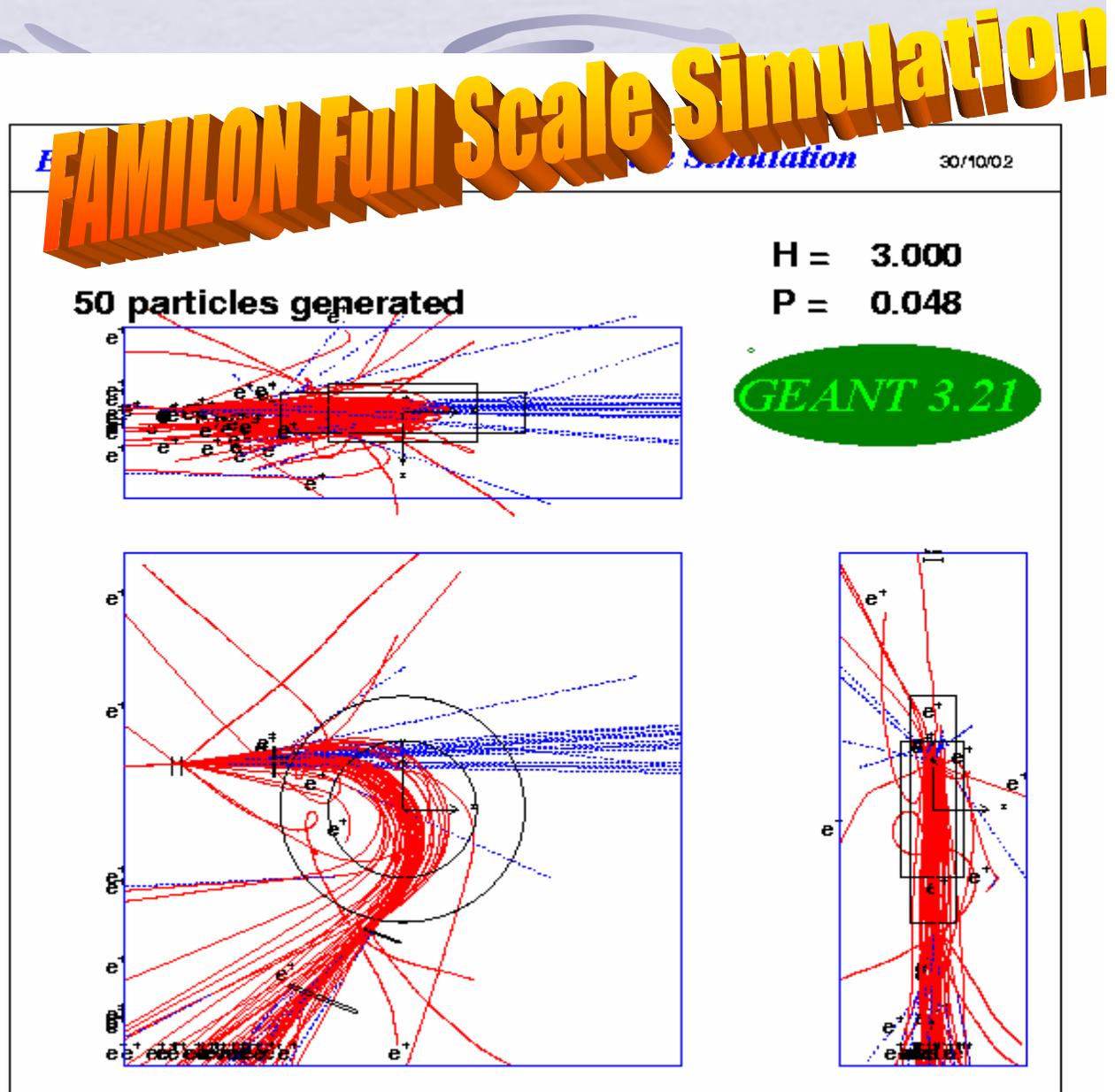
Установка ФАМИЛОН





The aims of simulation procedure were:

1. Optimization of the geometry arrangement of the set-up elements.
2. Analysis of the action of the density substances along the positron trace.
3. Evaluation of the positron momentum measurement precision.
4. Calculation of the positron detection efficiency.



FAMILON: Angle measurement precision

defines the distance between blocks of prop. chambers behind magnet.

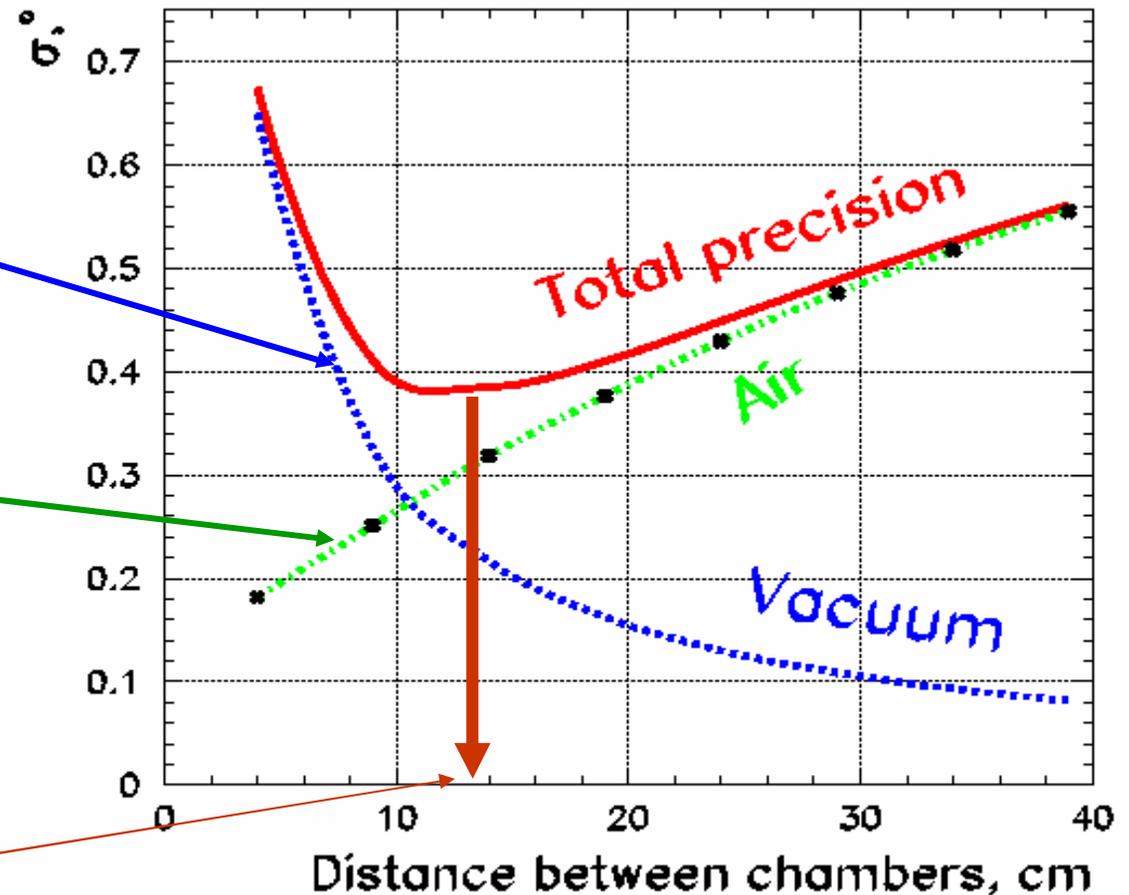
Two factors must be taken into account:

1. Errors in measuring of coordinates due to discrete disposition of sensitive wires in proportional chambers.

2. Positron multiple scattering in air between the chamber samples.

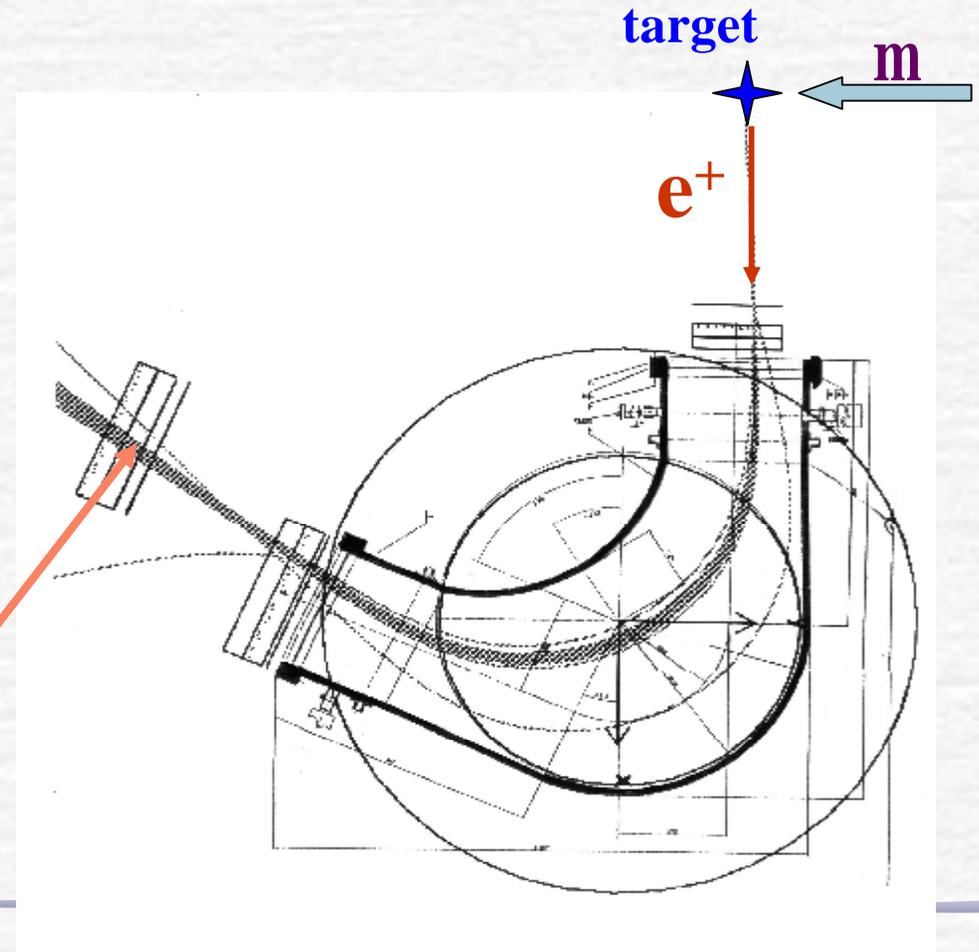
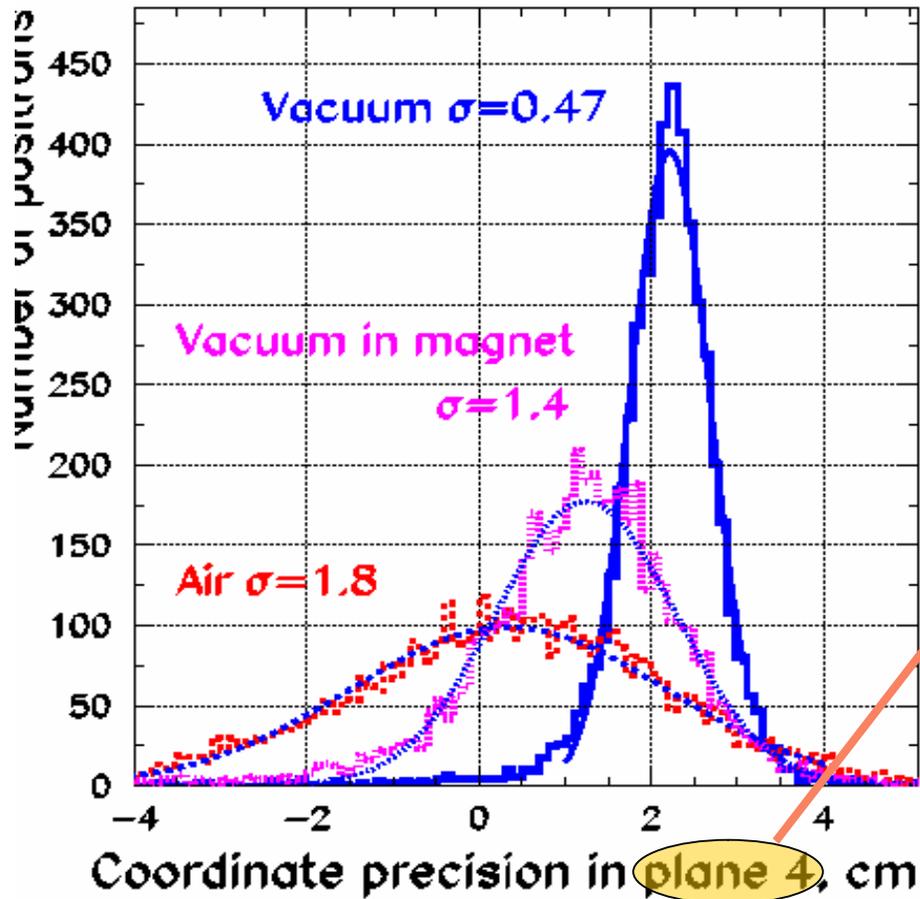
Both factors depends on distance between the samples.

Optimal distance is determined by the minimum of the total precision.



Coordinates measurement precision

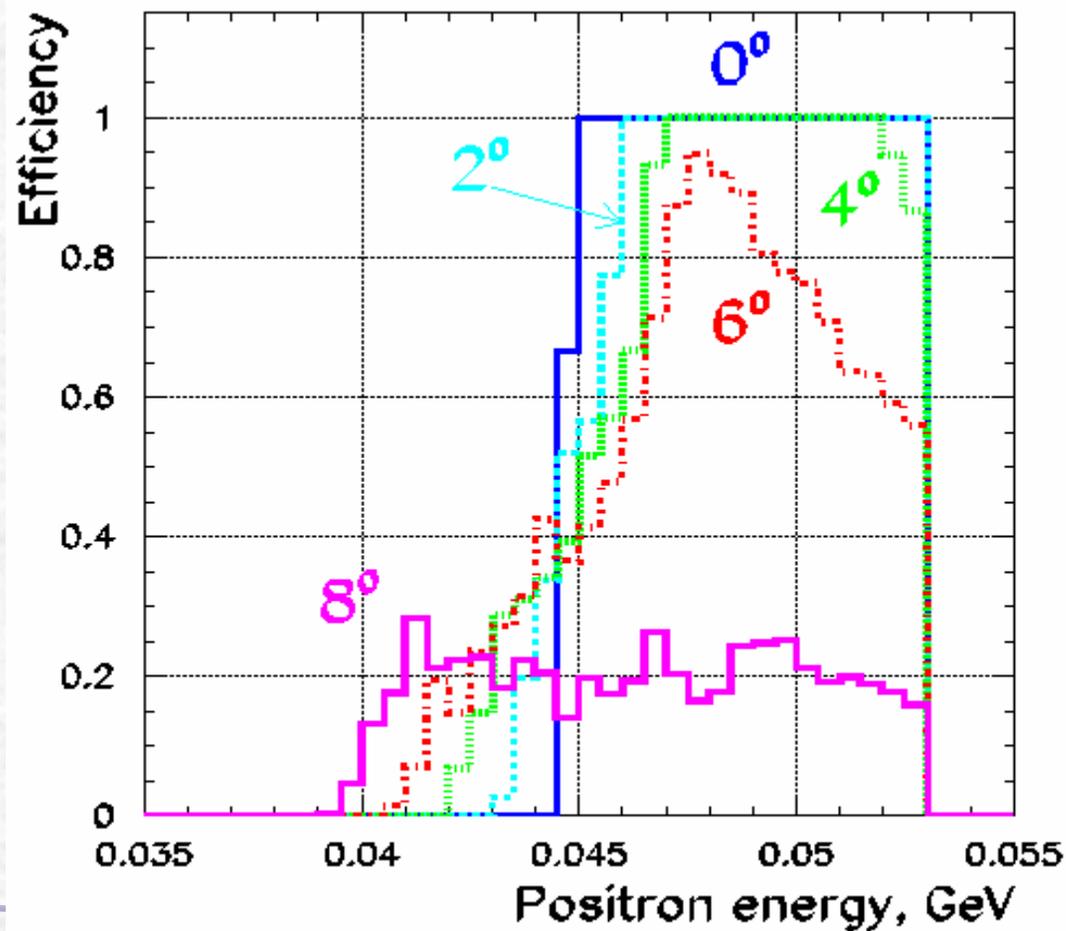
Momentum measurement precision is determined by **coordinate precision**



Motne Kario efficiency evaluation

Efficiency of positron registration ε depends on energy E and angle θ of positron $\varepsilon = F(E, \theta)$.

ε is defined by geometrical disposition of the magnetic spectrometer elements: size of the magnetic field region, scale and location of the proportional chambers and distance between the target and spectrometer.

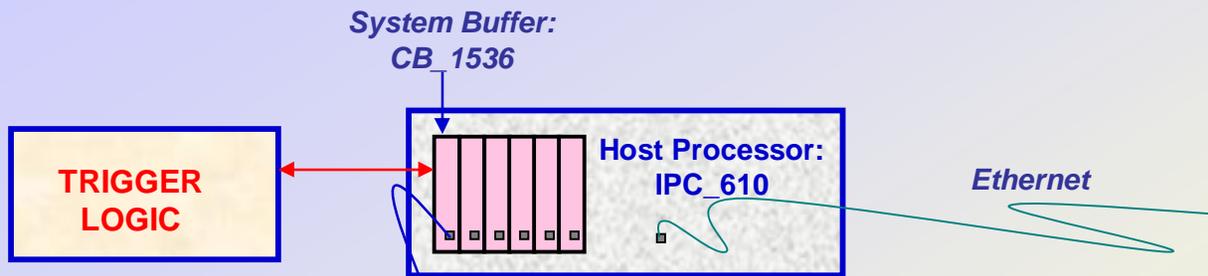


Predicted relative precision S_p/P of the positron momentum measurement for different Sut-up modification.

1. Extreme precision (vacuum elsewhere) -	$5 \cdot 10^{-4}$
2. Maximal precision for the available design of proportional chambers (vacuum + 3 plane of the) -	$2.5 \cdot 10^{-3}$
3. Vacuum only in inside of the magnet -	$5 \cdot 10^{-3}$
4. Helium elsewhere -	$3 \cdot 10^{-3}$
5. Air elsewhere -	$9 \cdot 10^{-3}$
6. <i>Vacuum inside of the magnet, helium in the residual volume -</i>	<i>$2.6 \cdot 10^{-3}$</i>

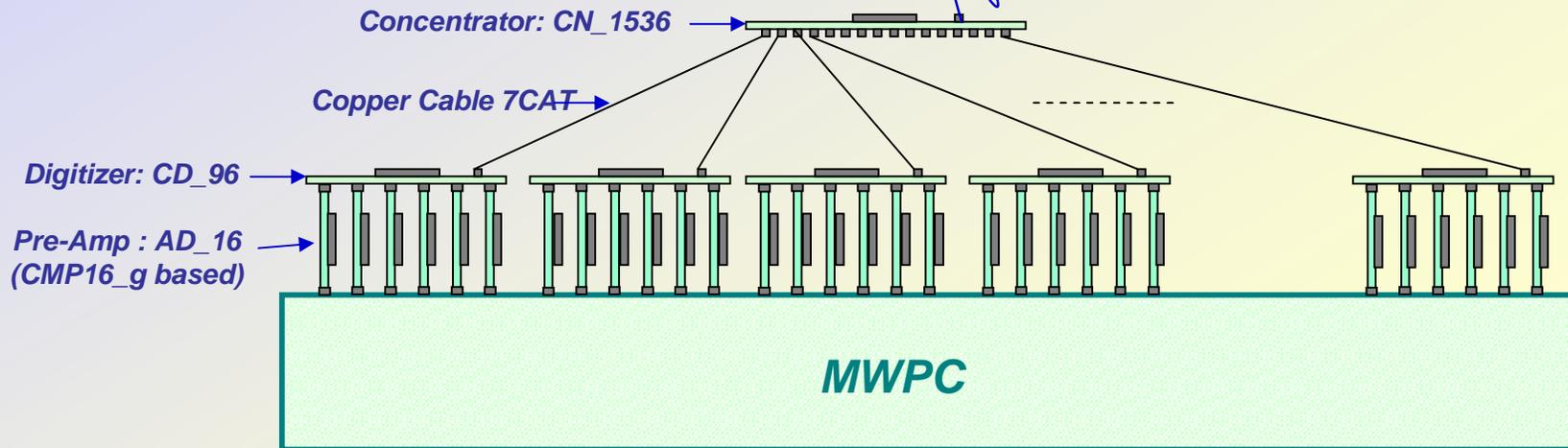
CROS3_PWC Архитектура

1000 Channel in 2005
Parameters:
Delay 10 – 1280 ns Gate
10 – 640 ns Trigger
Rate ~100KHz



Counting Room

Detector Area



В течение 2006 г. производились конструкторские и производственные работы по следующим направлениям:

1. Закупка комплектующих, монтаж и настройка 96-канальных модулей кодирования CDR_96;
2. Закупка комплектующих, монтаж и настройка модулей концентраторов ССВ_16;
3. Закупка комплектующих, монтаж и настройка модулей системного интерфейса CSB;
4. Разработка тестового стенда для настройки линейки модулей системы;
5. Тестирование линии оптической связи прикамерной электроники с платой системного интерфейса;
6. Разработка программного обеспечения для настройки системы;
7. Разработка встроенных программ прошивки микросхем с программируемыми логическими связями;
8. Запуск системы в тестовом режиме.



В 2006 году выполнены следующие работы по разработке верхнего уровня программного обеспечения эксперимента:

Разработан графический интерфейс в среде Microsoft Visual Studio для управления разнообразными тестовыми и рабочими процедурами в подсистемах CROS3 и CAMAC.

Разработан класс Hst – универсальное средство для накопления и отображения гистограммной измерительной информации.

Разработана цепочка взаимно порождаемых классов Par, Shc, Trk, Cfg, Run для инкапсуляции групп функций используемых на различных этапах управления аппаратурой.

Разработаны средства для создания, редактирования и хранения файлов конфигурации.

Разработаны средства для инициирования аппаратуры CROS3 и наиболее употребительных модулей CAMAC. Обеспечена возможность расширения используемых аппаратных средств.

Накоплен и испытан набор тестов для проверки подсистем различной конфигурации и с различными параметрами управления.





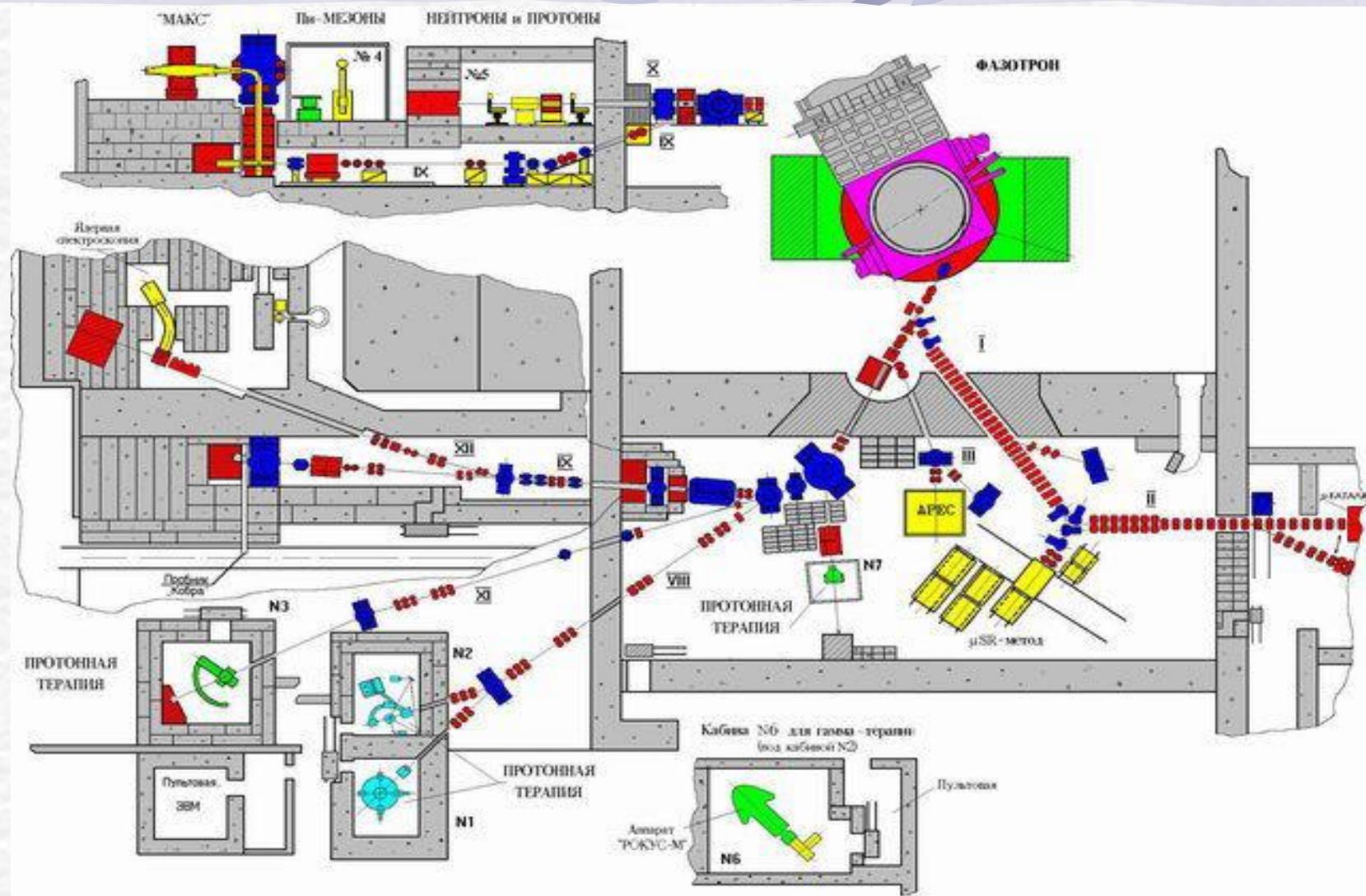


СХЕМА ПУЧКОВ ФАЗОТРОНА ДЛЯ ОИИИ

Планы по эксперименту ФАМИЛОН на 2007 год

- ☛ **Формулировка основных задач по проекту на 2007г.**
- ☛ - Проведение на синхроциклотроне ПИЯФ тестовых и физических измерений (в эксперименте по исследованию квазиупругого рассеяния протонов на ядрах) с использованием системы считывания информации CROS3.
- ☛ - Проведение на фазотроне ЛЯП ОИЯИ работ по восстановлению тракта поверхностных мюонов (ликвидация последствий аварии марта 2005 г.).
- ☛ - Реконструирование установки ФАМИЛОН после завершения восстановительных работ на фазотроне ЛЯП.
- ☛ - Проведение тестовых и физических измерений на установке ФАМИЛОН с использованием системы считывания информации CROS3

TWIST

The TRIUMF Weak Interaction Symmetry Test

Goal: A high precision measurement of the positron (T_e) and ($\cos\theta_e$) spectrum from m -decay to test the SM predictions for the weak interaction

The *TWIST* Collaboration

TRIUMF

Ryan Bayest †
Yuri Davydov
Jaap Doornbos
Wayne Faszer
David Gill
Peter Gumplinger
Robert Henderson
Jingliang Hu
John A. Macdonald §
Glen Marshall
Dick Mischke † †
Art Olin
Robert Openshaw
Tracy Porcelli †
Jean-Michel Poutissou
Renee Poutissou
Grant Sheffer
Bill Shin † †

Alberta

Andrei Gaponenko
Peter Kitching
Rob MacDonald
Maher Quraan
Nathan Rodning §
John Schaapman
Glen Stinson

British Columbia

Blair Jamieson
Mike Hasinoff

Montreal

Pierre Depommier

Regina

Ted Mathie
Roman Tacik

Kurchatov Institute

Vladimir Selivanov
Vladimir Torokhov

Texas A&M

Carl Gagliardi
Jim Musser
Robert Tribble
Maxim Vasiliev

Valparaiso

Don Koetke
Paul Nord
Shirvel Stanislaus

§ Deceased

Graduate Students

† also UVic

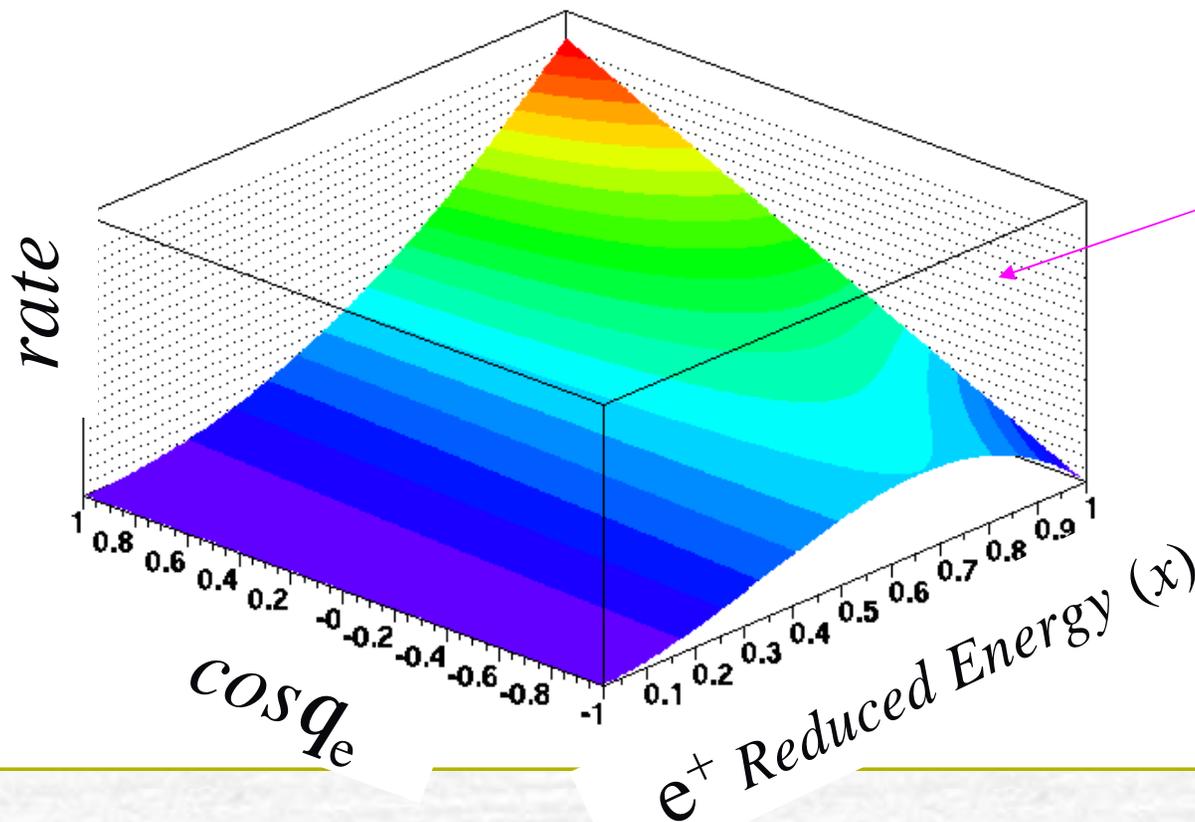
‡ also UNBC

‡ ‡ also Saskatchewan

† † also LANL

e^+ spectrum in $x, \cos q_e$

$$\text{rate} \sim x^2 \left[3 - 3x + \frac{2}{3} r (4x - 3) + 3hx_o \left(\frac{1-x}{x} \right) + P_m \mathbf{x} \cos q_e \left(1 - x + \frac{2}{3} d (4x - 3) \right) \right]$$

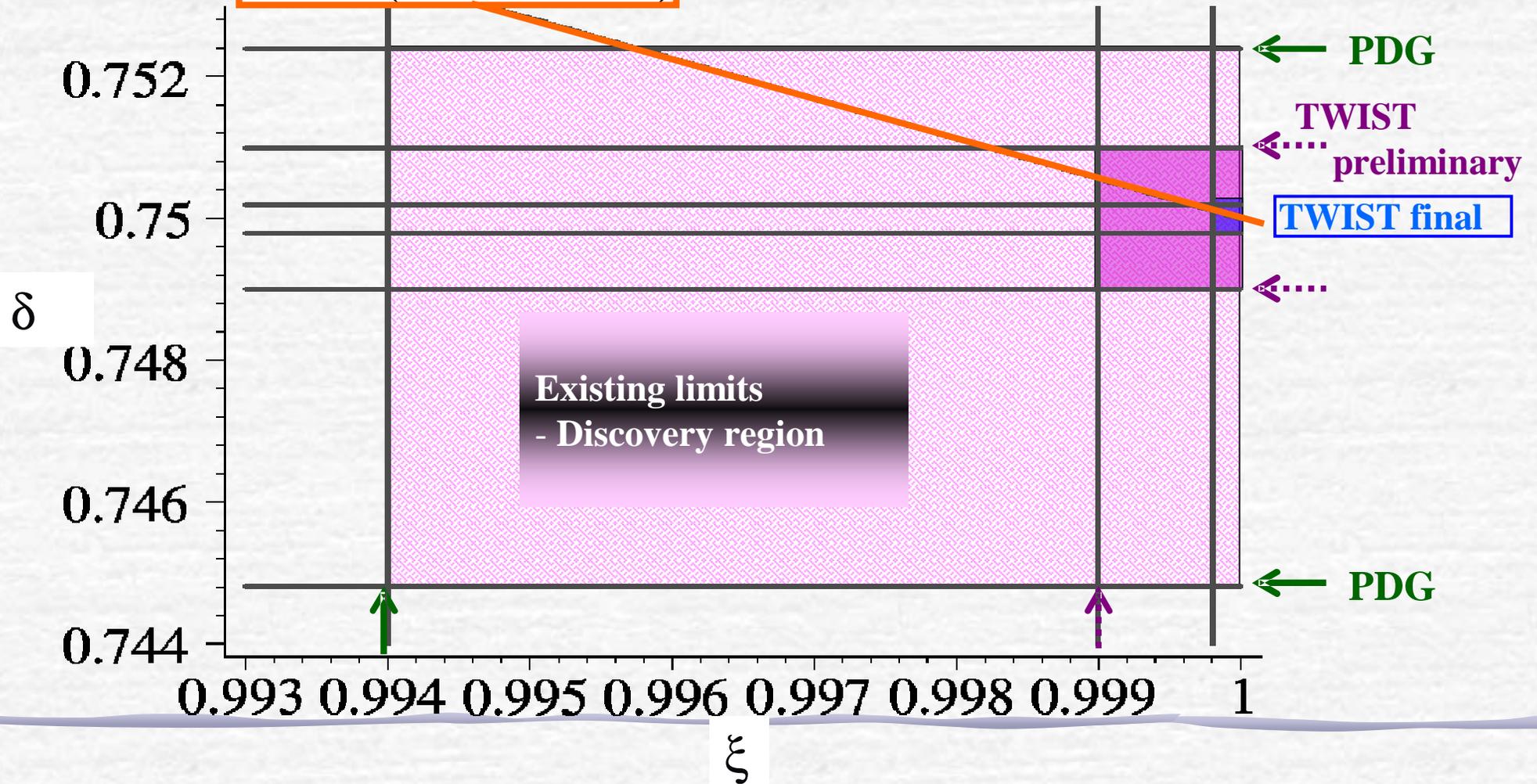


TWIST --

- will measure the e^+ spectral shape to very high precision
- ↓
- will extract r, x, d to a few parts in 10^4
-
- h is being measured at PSI

Anticipated *TWIST* sensitivity to right-handed currents in muon decay

$$Q_R^m = \frac{1}{2} \left(1 + \frac{1}{3}x - \frac{16}{9}xd \right)$$



Left/Right Symmetric Model

Two weak bosons with mass eigenstates M_1 and M_2

$$M_{W_L} = M_1 \cos z - M_2 \sin z$$

$$M_{W_R} = e^{iw} (M_1 \sin z + M_2 \cos z)$$

z Left/Right mixing angle;

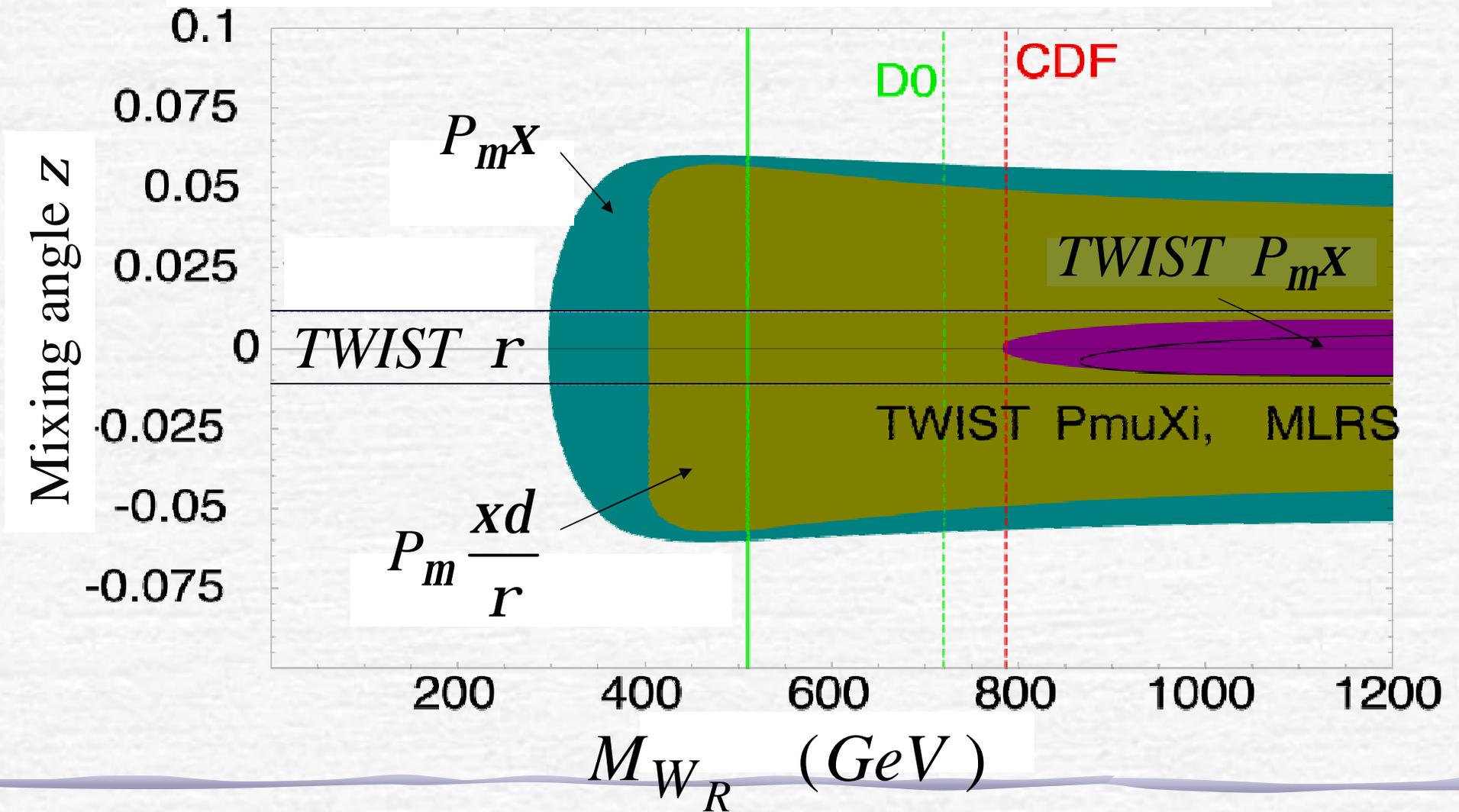
$$M_{W_{SM}} \approx M_{W_L}$$

$$w = \frac{M_1^2}{M_2^2} \ll 1$$

$$z = \sqrt{\frac{1}{2} - \frac{2}{3}r}$$

$$w = \sqrt{\frac{2}{3}r - \frac{1}{2}x}$$

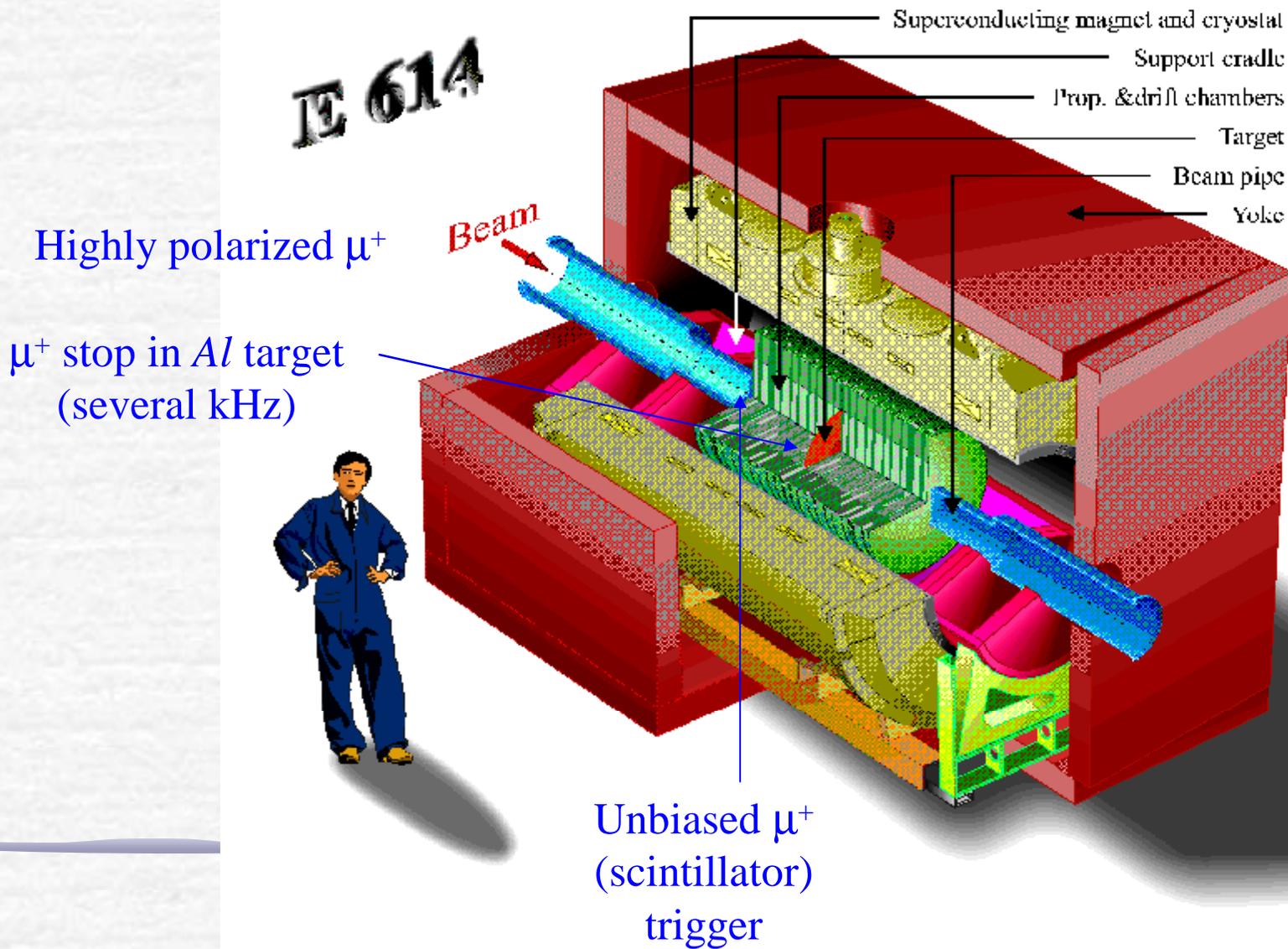
Left/Right Mixing constraints – Anticipated *TWIST* Sensitivity



The *TWIST* program:

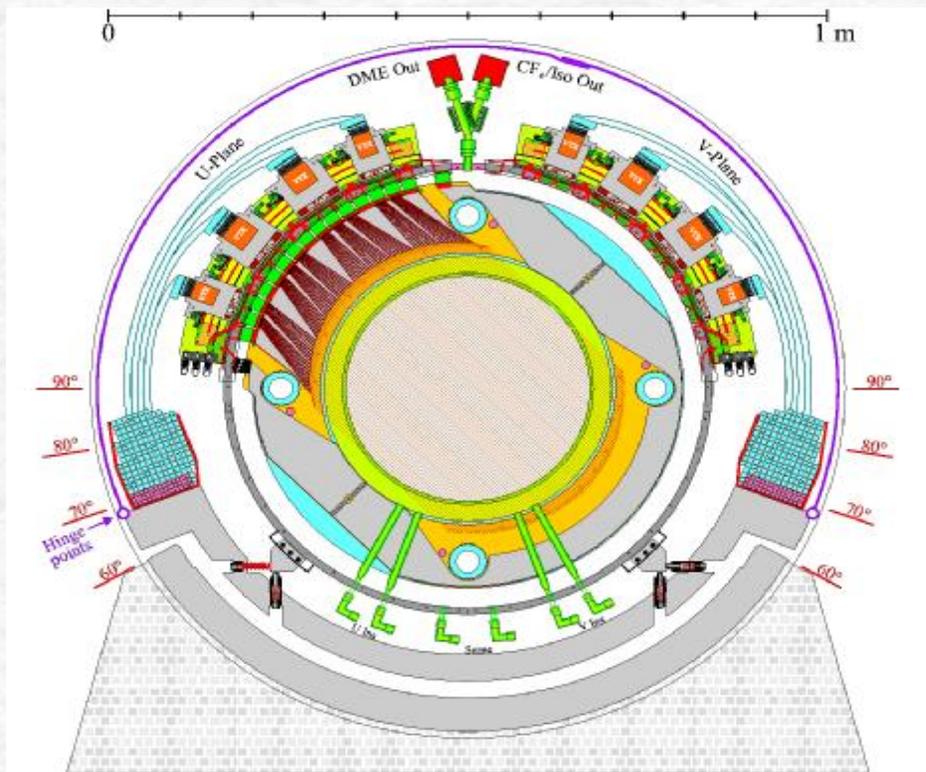
- Collect *high precision data* to obtain the e^+ spectrum from m -decay as a function of x and $\cos q_e$
- Detailed *study of systematic* errors in *TWIST*
- Extract the *best values* of the spectral parameters *r, h, x, d* *simultaneously* (the first time this has been done)
- Obtain a precision in *r, x, d* (a) of 10^{-3} and (b) a *few parts in 10^4* ($\sim 10^{-3}$ precision for *h*)
- Compare *r, h, x, d* from our fit with Standard Model values

Obtain *high precision data* on the e^+ spectrum

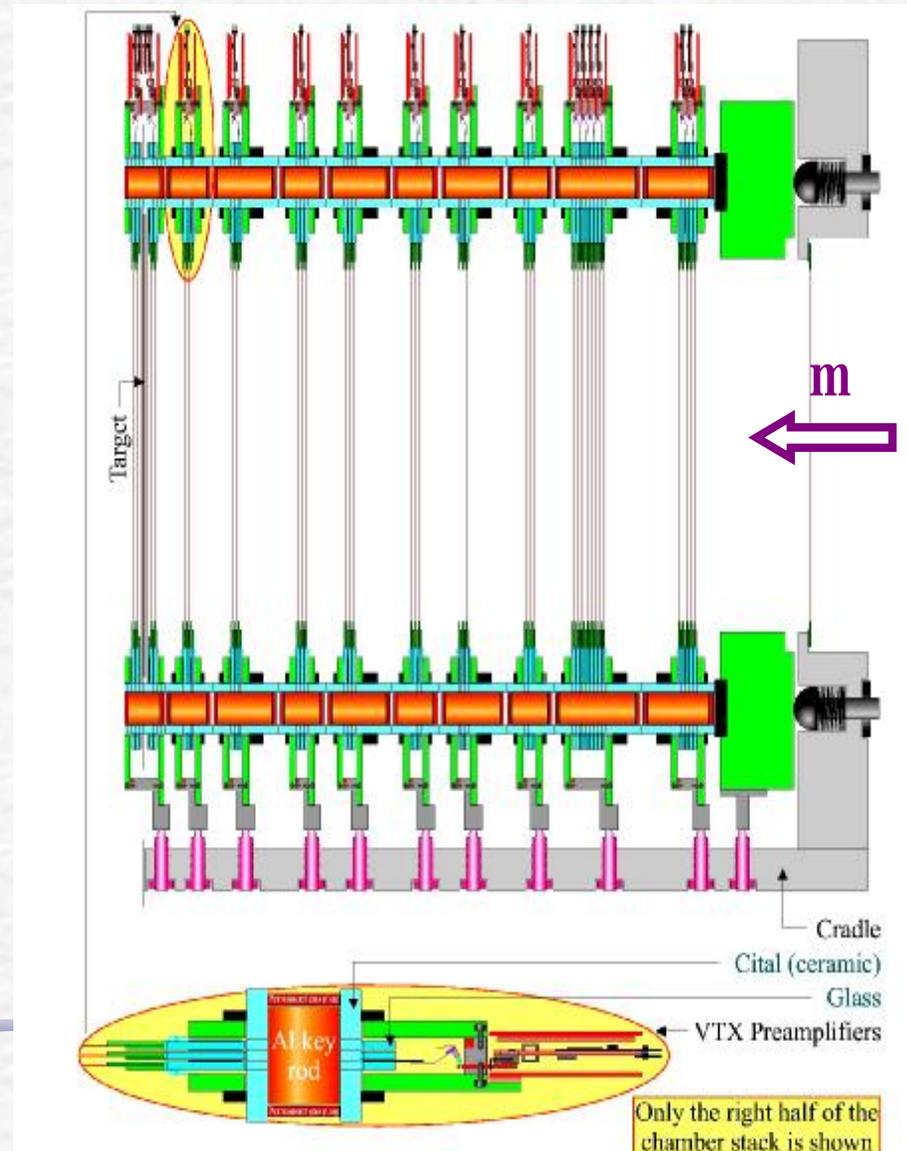


Chambers & half detector

Planar drift chambers sample positron track



Use 44 drift planes,
and 12 PC planes

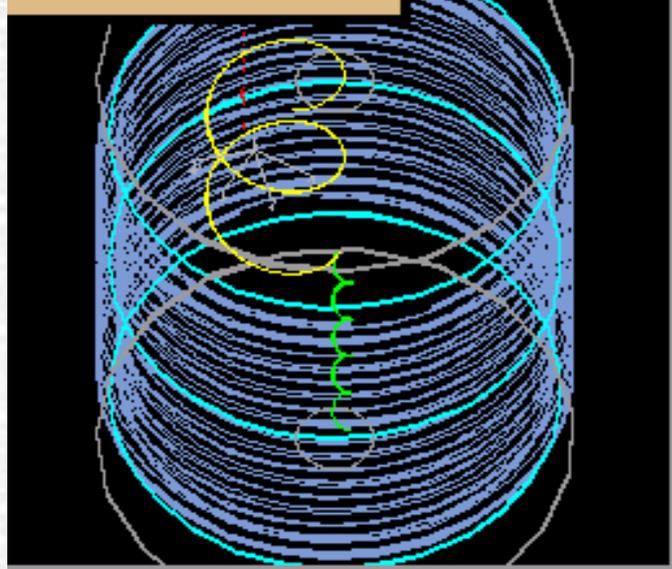




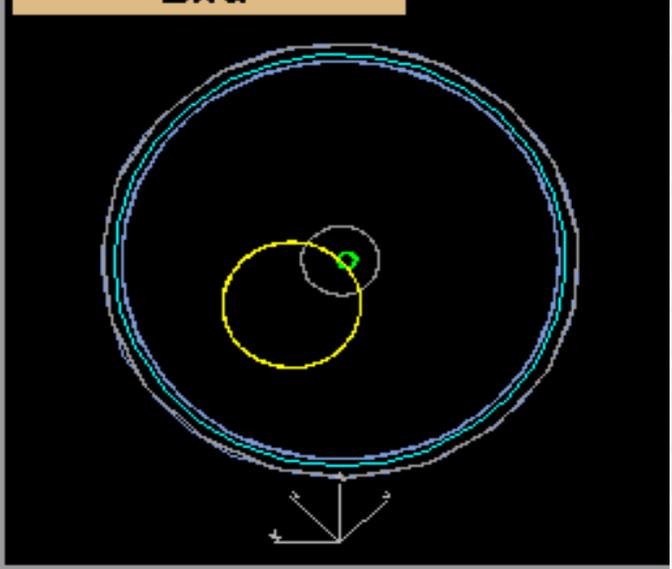


Typical decay event

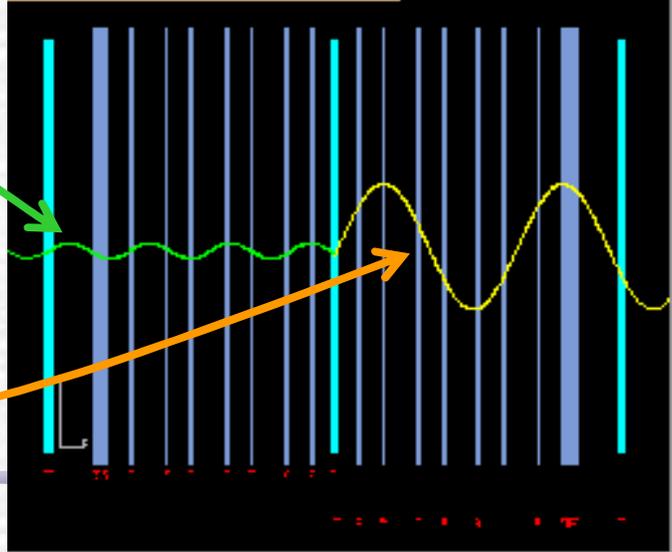
Run 3993 Event 10, Window



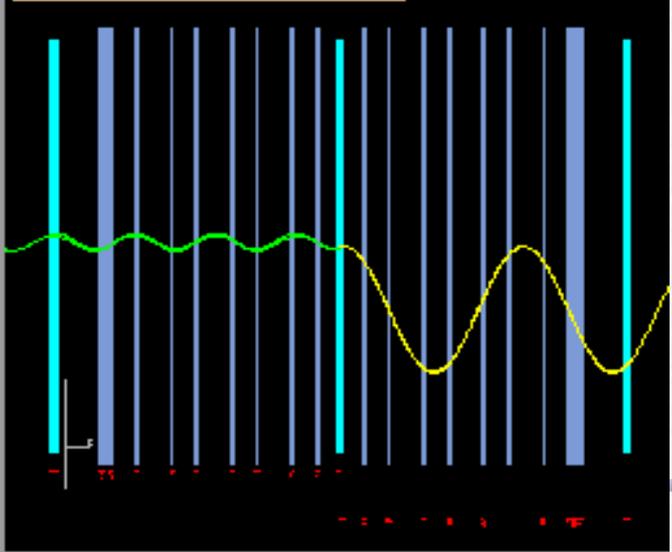
End



Top Right Z-U

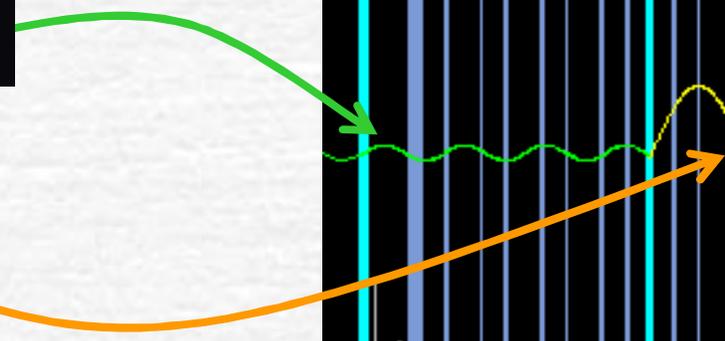


Bottom Right Z-V



m

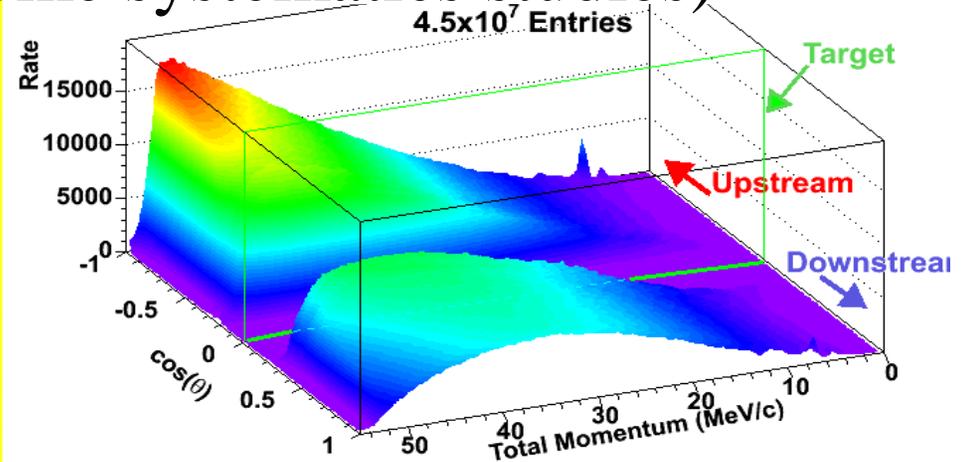
e⁺



TWIST Data

- High data rates (few kHz) → Data sets of 10^9 muon decay events in ~ *two weeks*
- TWIST* is *systematics* limited. (High data rates and computational resources are essential for studying systematic effects.)
- In 2002-03, ~ 6×10^9 muon decay events on tape.
- Standard data set ~ **300M triggers** → **~58M useful events** (smaller samples for some systematics studies)

Reconstructed muon decay spectrum



The *TWIST* timeline:

• 2004

- Data in hand for measurement of r, d to 10^{-3}
- Study of systematic errors (for 10^{-3}) *nearly complete*
- Publish measurement of r, d at 10^{-3} in 2004.
- Take data for measurement of $P_{III}x$ - for precision of 10^{-3} - publish 2004/05

• 2005/06

- Take data for measurement of r, h, x, d to a precision of a *few parts in 10^4* ($\sim 10^{-3}$ precision for h)

BOTTOM LINE: Compare r, h, x, d from our fit with Standard Model values \rightarrow *New Physics?*

μ SR - проекты

1. μ SR - исследования в ПИЯФ по программе В.П.Коптева (С.И.Воробьев, Е.Н.Комаров)
2. Создание установки на пучке поверхностных мюонов фазотрона ЛЯП ОИЯИ для исследования магнетиков корреляционным μ SR - методом
3. Подготовка проекта по исследованию μ SR - методом производных аминокислот (совместно с НИИЯП БГУ и НИИФХ АНБ, Минск)
4. Участие в подготовке эксперимента по исследованию μ SR - методом магнитных феррожидкостей (совместно с ЛЯП ОИЯИ)

Корреляционный μ SR - метод

- Обычный мюонный эксперимент позволяет оценить среднее соотношение объемов доменов различных сортов по отношению амплитуд прецессии на различных частотах.
- Корреляционный мюонный эксперимент позволяет оценить дисперсию соотношения объемов доменов, вызванную статистическим разбросом размеров.
- В рамках определенной модели это позволяет определить размер доменов.

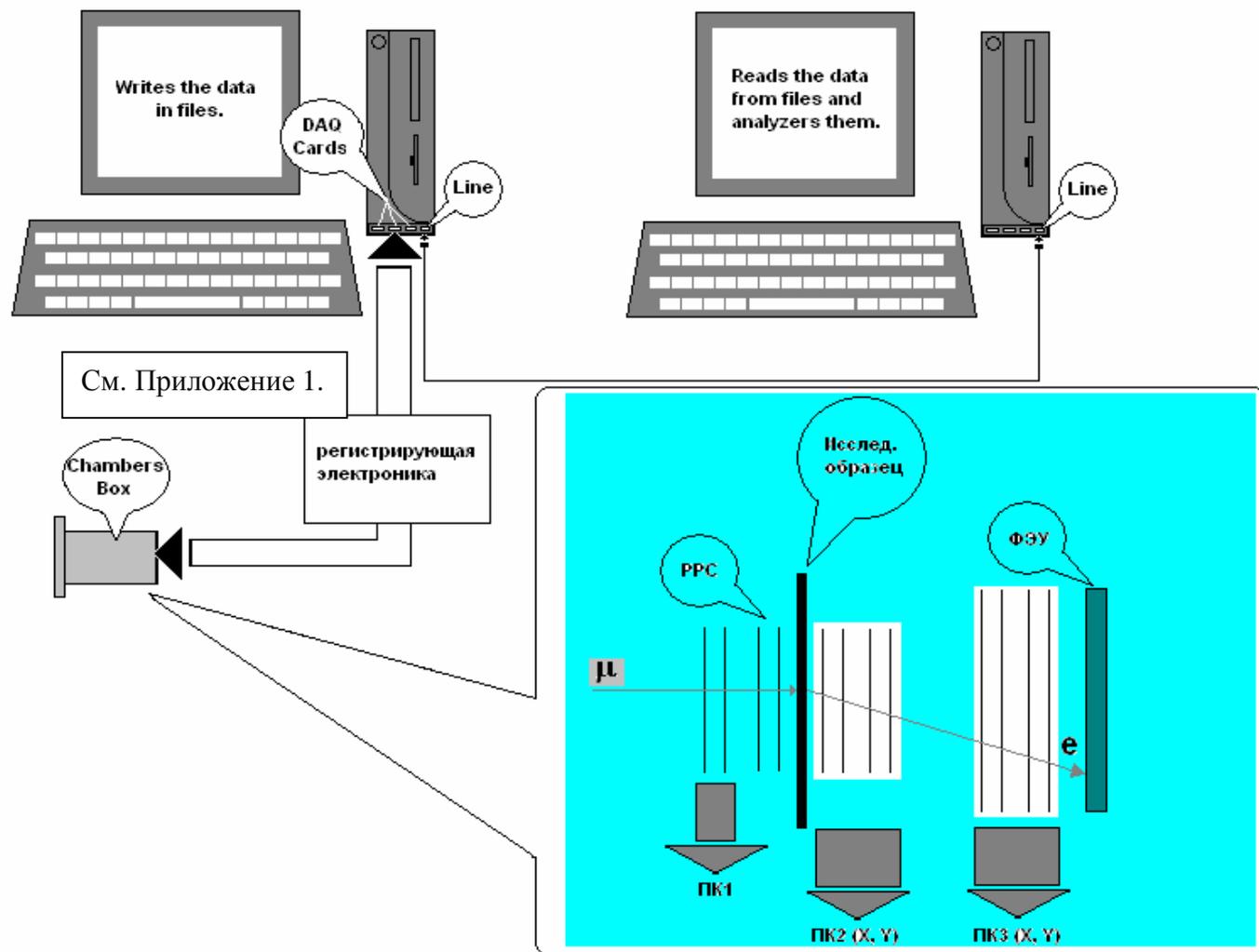


Рис.1. Схема постановки эксперимента.

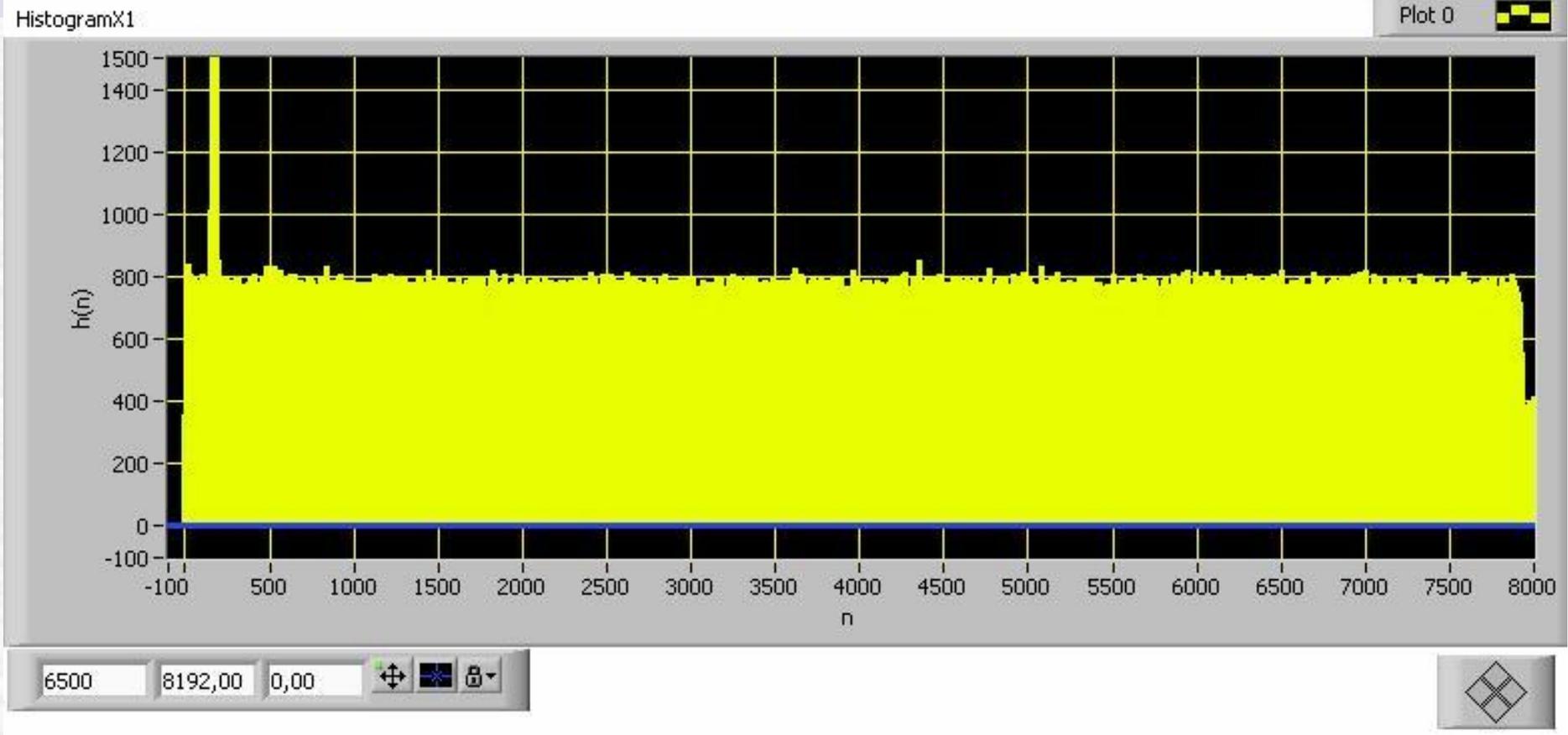


Рис. 8. Работа TDC (то же самое, что и рис. 7).

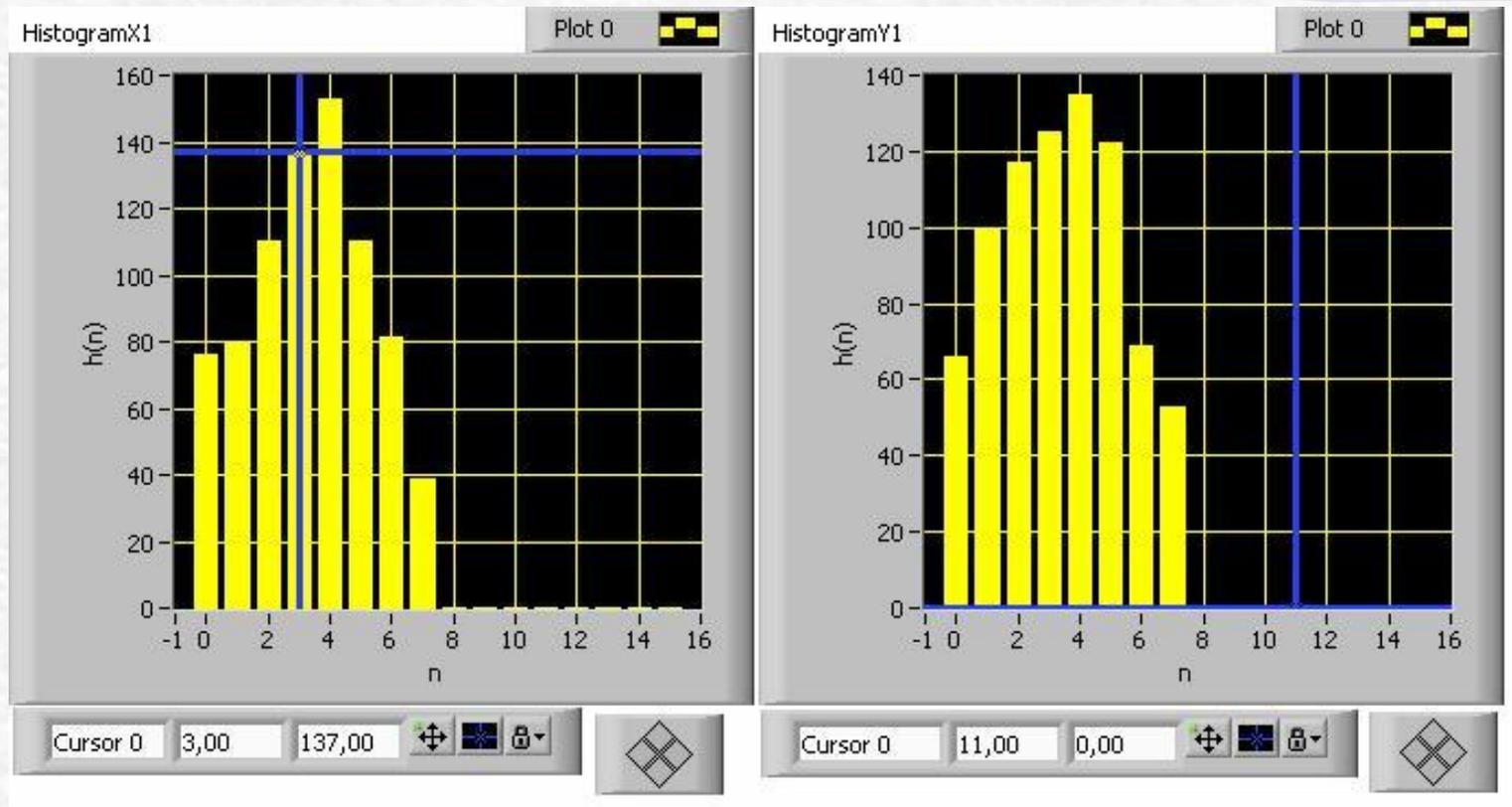
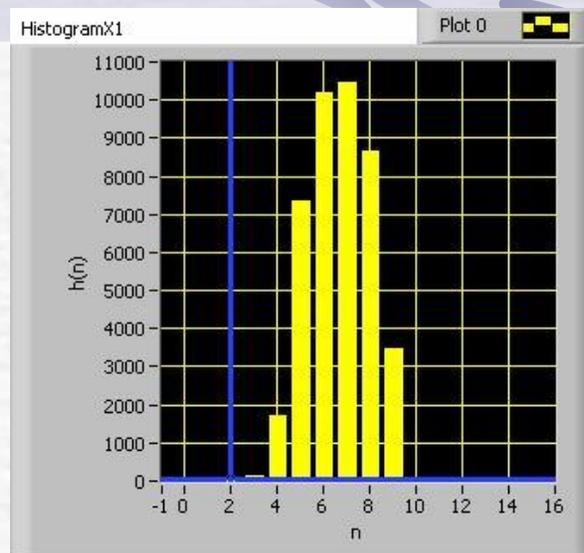
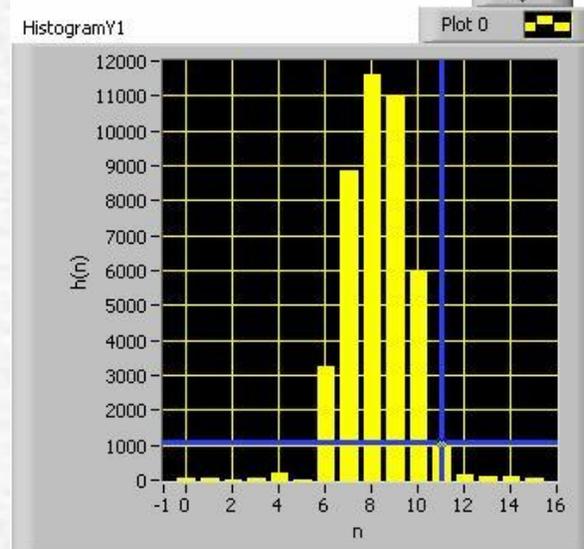


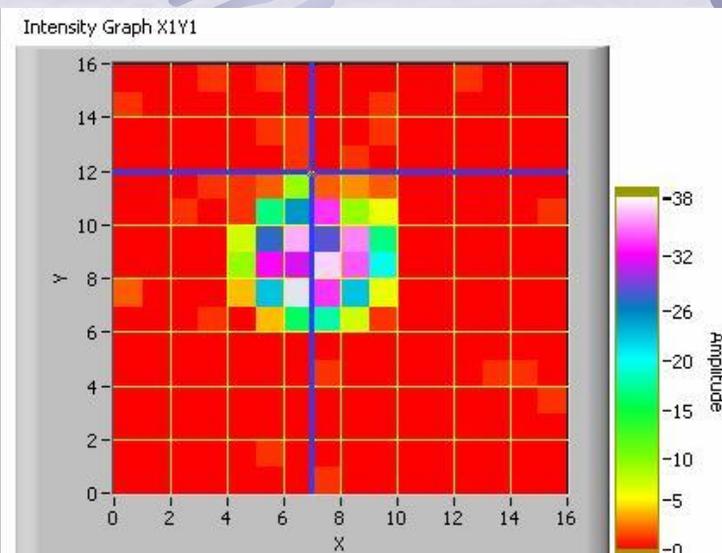
Рис. 10. Координатная система ПК2 (X1, Y1).



Cursor 0 2,00 63,00

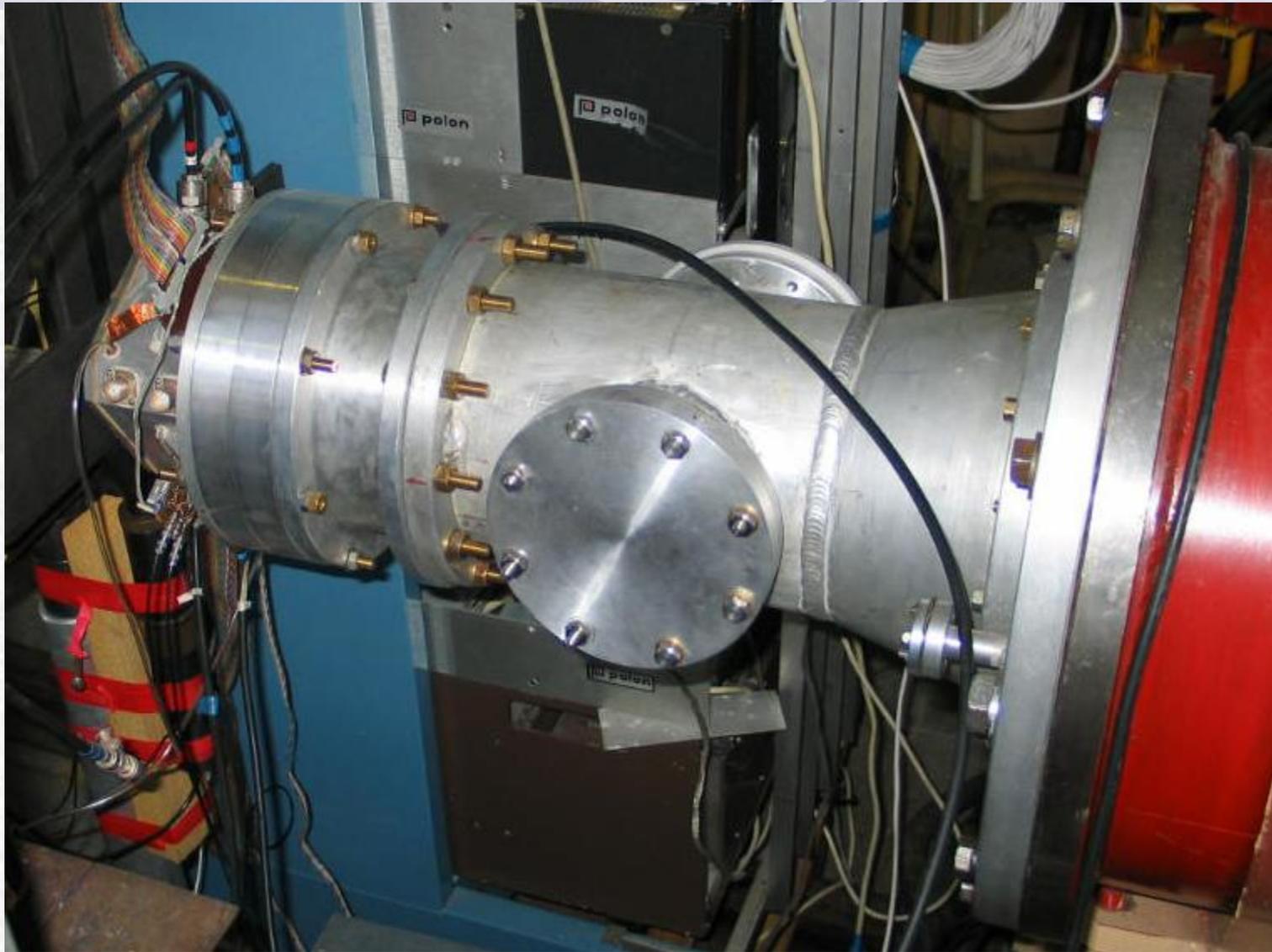


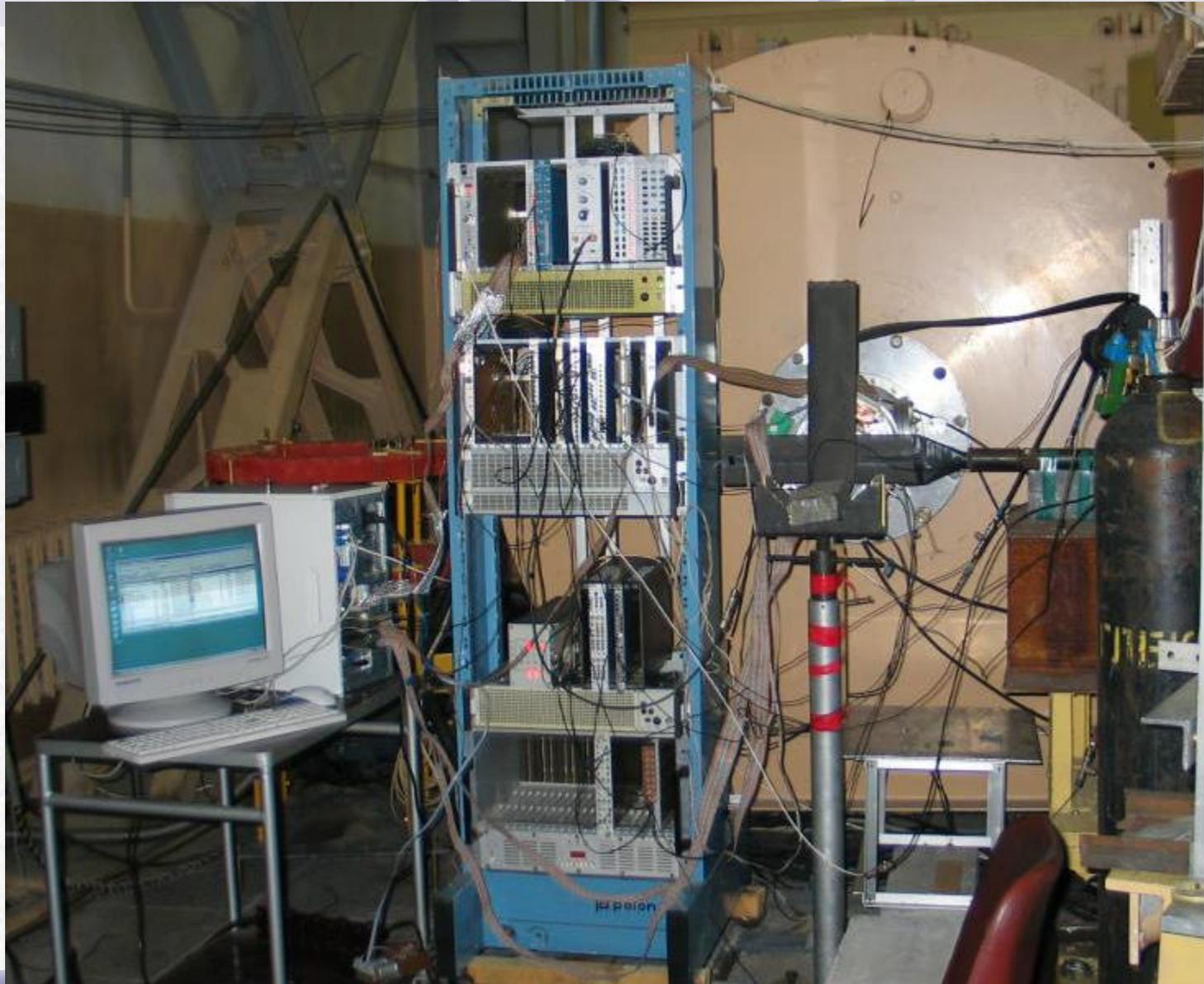
Cursor 0 11,00 1080,00



Cursor 0 7,00 12,00 0,00

Рис. 11. Координатная система ПКЗ(X_2 , Y_2).





Исследование производных аминокислот μ SR - методом

- ☛ Целью данной работы является проведение
- ☛ μ SR – экспериментов и расчетов методами
- ☛ квантовой химии для оценки влияния свойств
- ☛ внешней среды (концентрация раствора,
- ☛ ионная сила раствора, кислотность) на
- ☛ структуру и состояние производных (солей)
- ☛ аминокислот.

Исследование феррожидкостей с наночастицами мюонным методом

Изучить возможность применения положительных мюонов для

- Измерения магнитного поля внутри нанокластеров
- Исследования динамических особенностей магнетизма наночастиц
- Изучения особенности феррожидкостей с различными наполнителями (Me-Fe₂O₄, Me - Mg, Zn, Co, ...)

Основная преграда – сложность выделения сигнала от мюонов в кластерах

Состав

Магнитный материал

(или что-то иное)

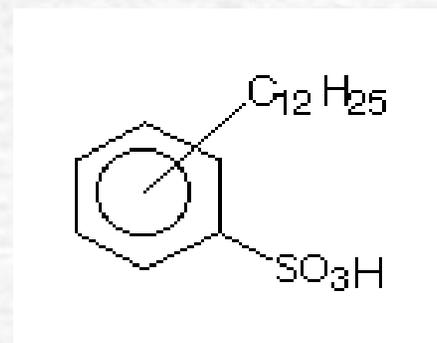
+

Dodecyl
benzenesulphonic
acid

+

Растворитель

(вода, спирт, ...)



Coctab

Dodecyl benzenesulphonic acid

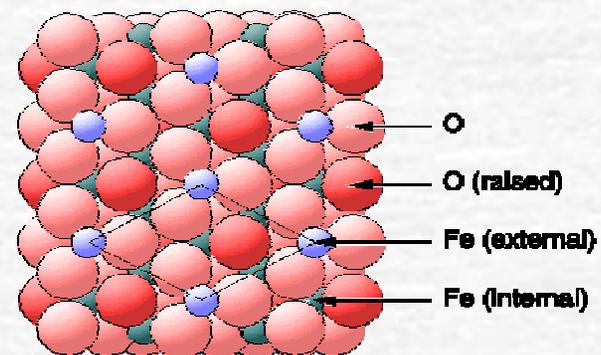
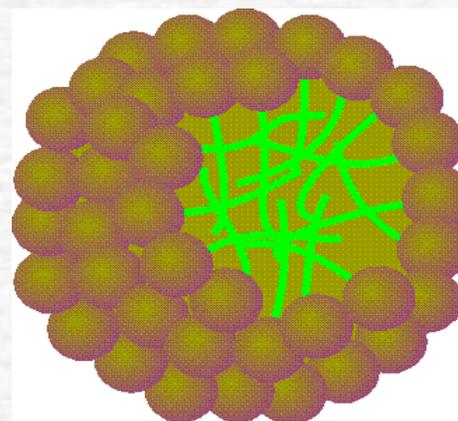
Molecular Mass 326 g/mol Physical Characteristics Viscous brownish liquid,

mp: 10°C, bp: 315°C.

Soluble in water, alcohol, ether.

Current Uses Antistatic agent, emulsifier.

Applications General use.



Игра вязкости и магнетизма



Планы по μ SR – исследованиям на 2007 год

1. μ SR - исследования в ПИЯФ по программе В.П.Коптева
2. Подготовка аппаратуры на пучке мюонов С/Ц ПИЯФ для проведения мюониевых экспериментов.
3. Исследование μ SR - методом производных аминокислот (совместно с НИИЯП БГУ и НИИФХ АНБ, Минск)
4. Исследование μ SR - методом магнитных феррожидкостей (совместно с ЛЯП ОИЯИ)

Методические исследования

PPC - детектор

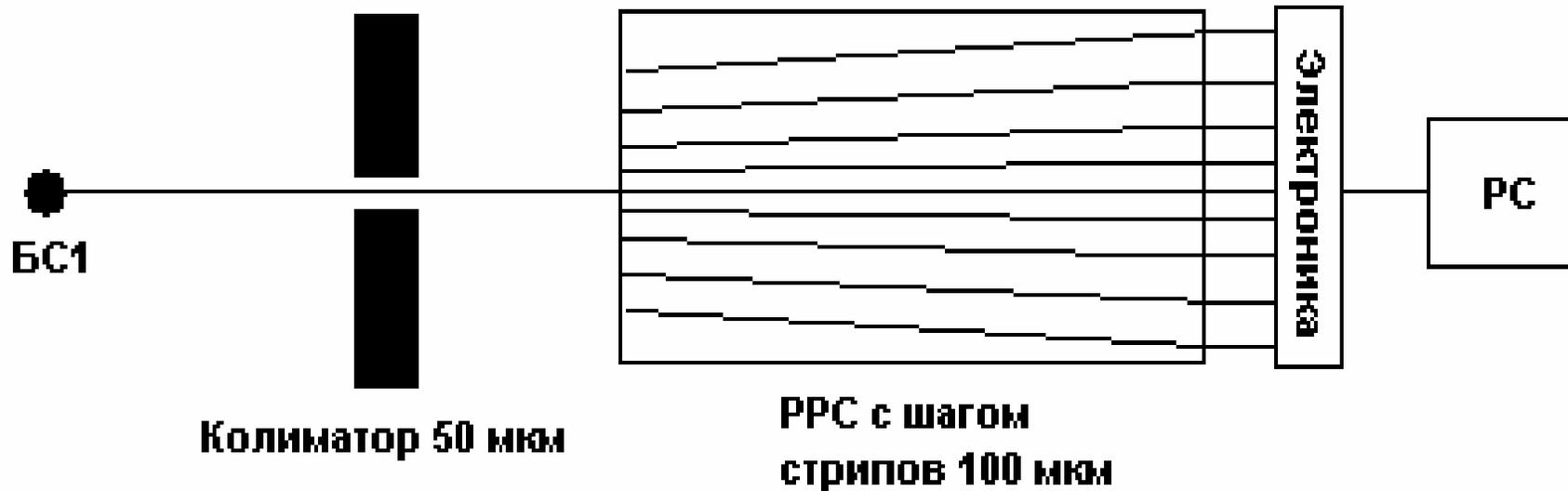


Рис.1 Схема установки для определения пространственного разрешения позиционно чувствительной PPC.



Рис.2 Фотография установки для определения пространственного разрешения позиционно чувствительной РРС.

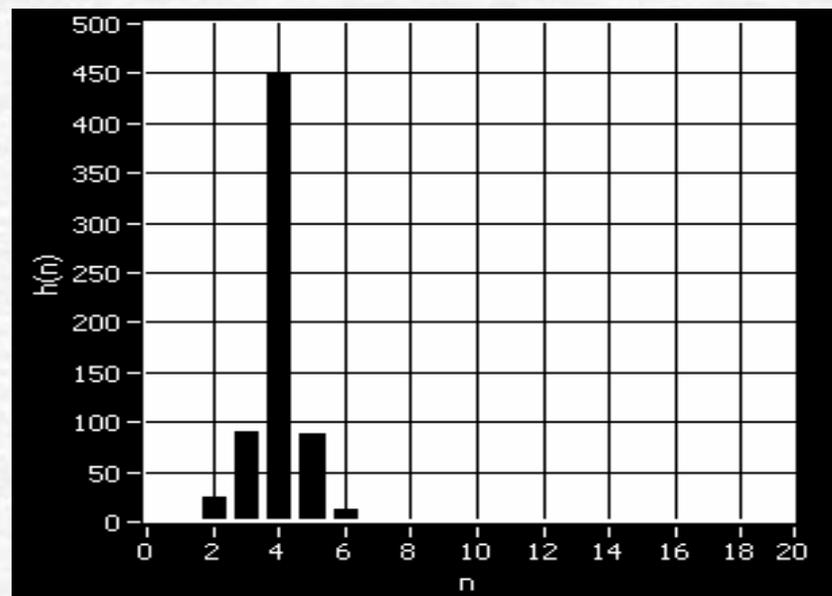
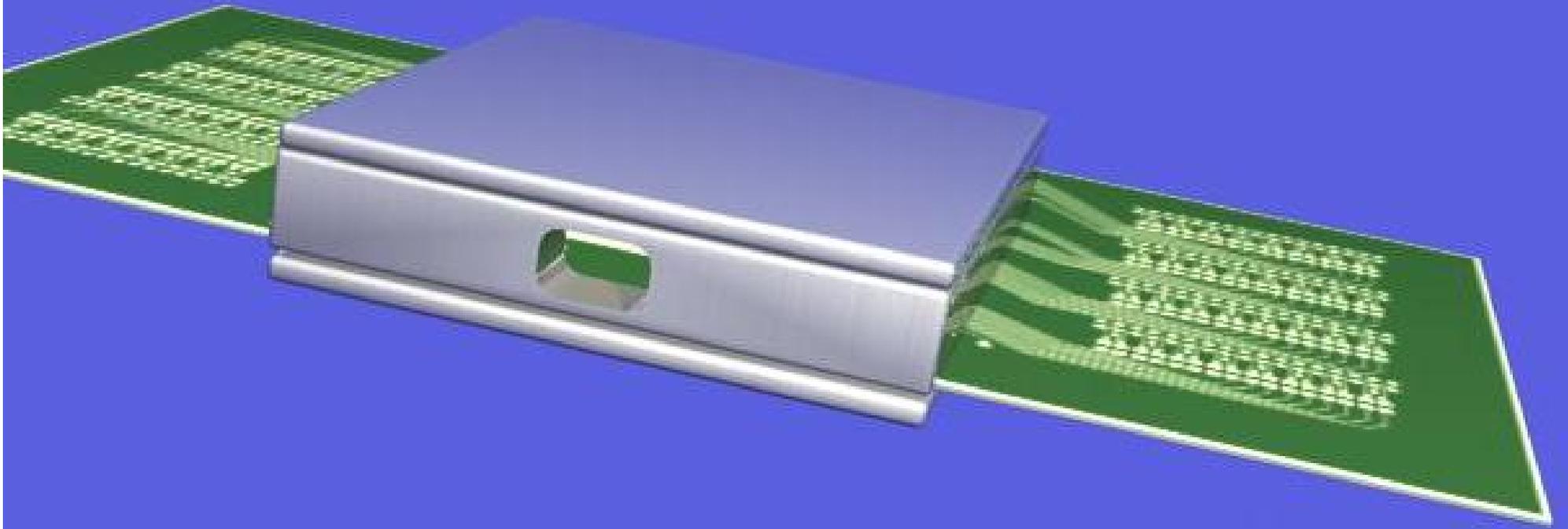


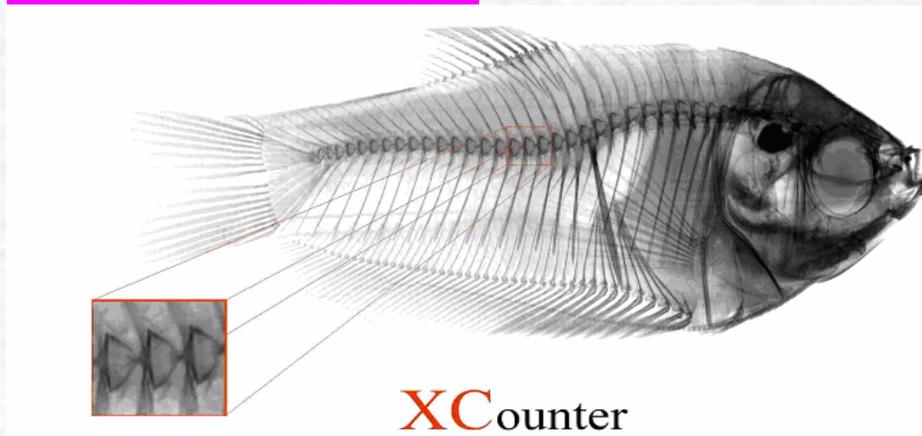
Рис.3 Пространственное разрешение РРС, при ширине коллиматора 50 мкм. Цена деления канала 100 мкм. Рабочий газ CO_2 или $\text{ArCO}_2(90/30)$

G P S D



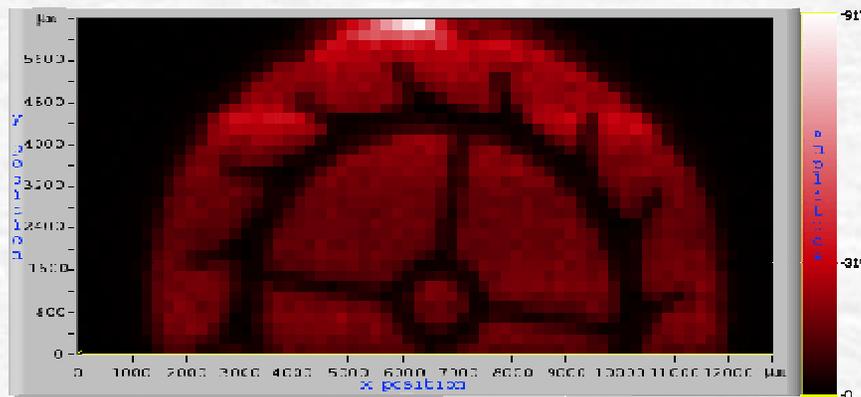
Области применения

Биотехнологии



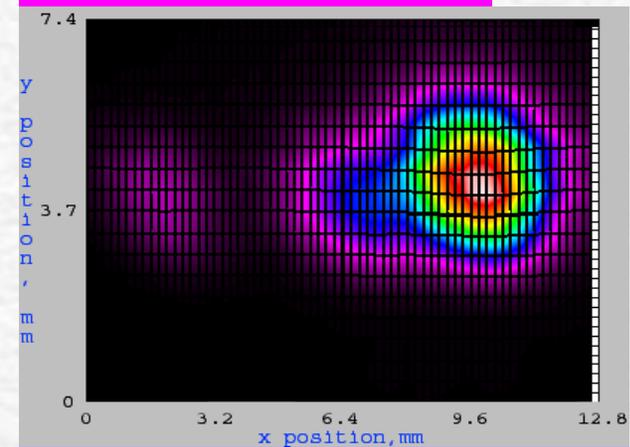
Реальный размер рыбки 50 x 50 мм. Источник X-ray 17 кЭв.

Индустрия

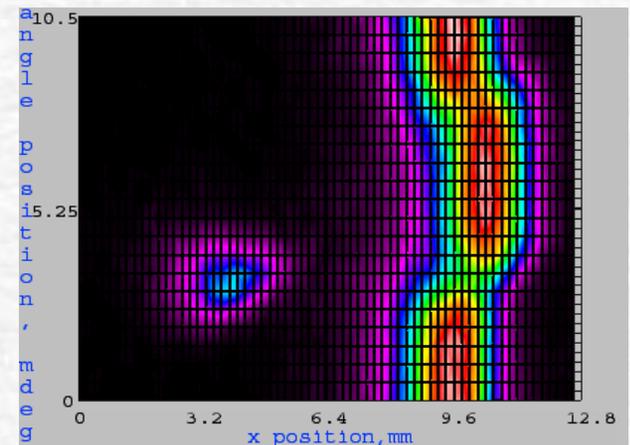


Храповой механизм. Размер точки 200 x 200 мкм. Источник X-ray 18 кЭв.

Физика



Пространственное сканирование кристалла. Пик слева каналирование, справа прямой пучок с началом отражения. Белый цвет соответствует максимуму счёта, чёрный минимуму. Источник релятивистские протоны.



Угловое сканирование кристалла. Пик слева каналирование, справа прямой пучок переходит в отраженный. Белый цвет соответствует максимуму счёта, чёрный минимуму. Источник релятивистские протоны.

Характеристики

- Высокая нагрузочная способность для X-ray, и заряженных частиц ($\sim 10^6$ частиц/мм²*с) .
- Высокое пространственное разрешение (~ 50 мкм).
- Счётный режим.
- Отсутствие оптического преобразователя.
- Низкие собственные шумы.
- Не нуждается в триггерировании.

Кон

- Позиционно чувствительный детектор (вид сбоку).

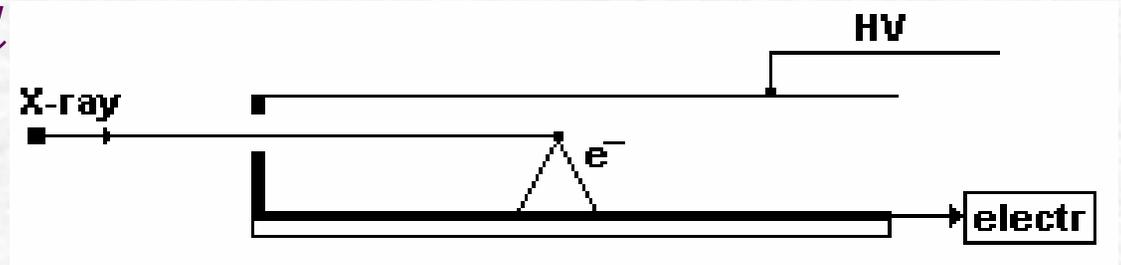


Рис.1.

- Схема установки для определения пространственного разрешения (вид сверху).

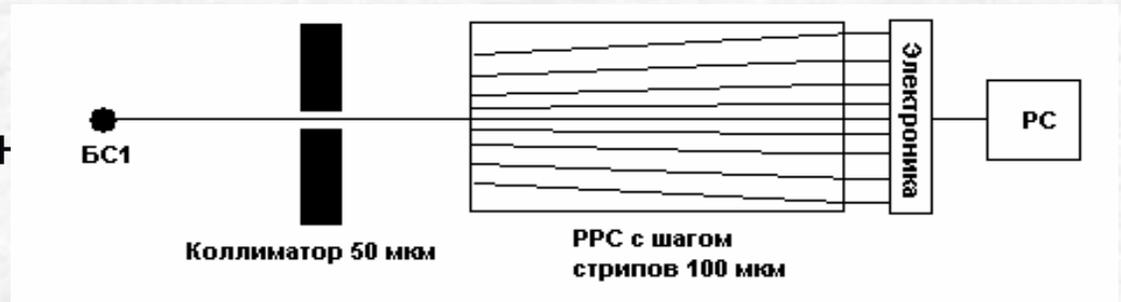


Рис.2.

5. Публикации 2006 г.

1. С.И. Воробьев, В.А.Гордеев, К.И.Грицай и др. Плоскопараллельный счетчик для разделения медленных мюонов и релятивистских позитронов. Препринт ОИЯИ Р13-2006-20, Дубна, 2006, 14 с.

2. В.А.Гордеев, К.Е.Гусев, В.С.Демидов и др. Эксперимент ФАМИЛОН. Алгоритмы реконструкции импульсов позитронов в программе «АЛЬФА-РЕК». Препринт ИТЭФ 2-06, Москва, 2006, 25 с.

3. В.А.Гордеев. Статус эксперимента ФАМИЛОН. Доклад на XL Зимней школе ПИЯФ по физике атомного ядра и элементарных частиц. Санкт-Петербург, Репино, 20 – 26 февраля 2006 года

4. Koptev V. mSR – investigations in PNPI in 2005 year. Доклад на 40^{ой} Зимней школе ПИЯФ.

Доклад на 40^{ой} Зимней школе ПИЯФ. mSR – studies of local magnetic field distributions in $(Pd_x Fe_{1-x})_{0,95} Mn_{0,05}$. S.G. Barsov, S.I. Vorobyev, A.L. Getalov, V.P.Koptev, S.A. Kotov, S.M. Mikirtychyants, G.V. Scherbakov.

5. С.Г. Барсов, С.И. Воробьев, Е.Н. Комаров, В.П. Коптев, С.А. Котов, С.М. Микиртычьянц, Г.В. Щербаков. Исследование потерь поляризации мюонов в пластических сцинтилляторах и кварце mSR – методом. Препринт ПИЯФ – 2668, Гатчина-2006, 11 с.

6. С.Г. Барсов, С.И. Воробьев, В.П. Коптев, С.А. Котов, С.М. Микиртычьянц, Г.В. Щербаков, Л.А. Аксельрод, Г.П. Гордеев, В.Н. Забенкин, И.М. Лазебник. Изучение магнитных свойств сплава $(Pd_x Fe_{1-x})_{0,95} Mn_{0,05}$ с помощью поляризованных мюонов и нейтронов. Препринт ПИЯФ – 2688, Гатчина-2006, 17 с.

7. С.Г. Барсов, С.И. Воробьев, В.П. Коптев, С.А. Котов, С.М. Микиртычьянц, Г.В. Щербаков, Л.А. Аксельрод, Г.П. Гордеев, В.Н. Забенкин, И. М. Лазебник. Изучение магнитных свойств сплава $(Pd_x Fe_{1-x})_{0,95} Mn_{0,05}$ с помощью поляризованных мюонов и нейтронов. Принятая публикация в ФТТ.

8. С.Г. Барсов, С.И. Воробьев, В.П. Коптев и др. mSR – установка на мюонном пучке синхроциклотрона ПИЯФ РАН. Препринт ПИЯФ – 2694, Гатчина-2006, 17 с.

9. С.Г. Барсов, С.И. Воробьев, В.П. Коптев, С.А. Котов, С.М. Микиртычьянц, Г.В. Щербаков. Исследование магнитных свойств гомогенных медно-марганцевых сплавов. Направлено для печати в ФТТ.