

ЛМФ - 2009 год

*Лаборатория мезонной физики ОФВЭ*

**Отчет о ходе выполнения научно-исследовательской работы  
«Барионная спектроскопия и физика с  $\eta$ -мезонами.»**

**Зав. лабораторией д.ф.-м.н. В.В.Сумачёв.**

# ЛМФ - 2009 год

## Выполненные этапы в 2009 году:

а) На  $\pi$ -мезонном канале СЦ ПИЯФ продолжен цикл экспериментов по измерению сечений реакции  $\pi^-p \rightarrow \eta n$  в около пороговой области импульсов (до 730 МэВ/с). В 2009 году выполнен эксперимент по измерению сечения реакции  $\pi^-p \rightarrow \eta n$  при импульсе 730 МэВ/с. В процессе подготовки к дальнейшим исследованиям осуществлен успешный запуск жидкодейтериевой мишени.

б) Реализуется программа совместного эксперимента ПИЯФ-ИТЭФ «ЭПЕКУР» по поиску узких нуклонных резонансов. За счет средств ЛМФ и при финансовой поддержке ОФВЭ осуществлено изготовление восьми дрейфовых камер для эксперимента «ЭПЕКУР». Изготовлены пропорциональные камеры с шагом 1 мм и фольговыми электродами для формирования пучка № 322 ускорителя ИТЭФ. Изготовленная аппаратура доставлена в ИТЭФ.

Во втором фокусе пучка № 322 ускорителя ИТЭФ полностью собрана установка для набора данных по упругому  $\pi N$ -рассеянию и в марте-апреле 2009 года набрано 473 млн. событий рассеяния на жидководородной мишени при 14 импульсах в интервале 940 - 1135 МэВ/с (шаг по импульсу 15 МэВ/с).

В период с 21 по 27 декабря 2009 года в ИТЭФ состоится очередной методический сеанс по подготовке к набору статистики при более высоких импульсах пионов.

# ЛМФ - 2009 год

в) На электронном микротроне МАМІ выполнены два цикла по набору статистики на водородной и дейтериевой мишенях на установке “Crystal Ball”.

Сотрудники ПИЯФ участвовали в измерениях на установке “Crystal Ball”.

В 2009 году осуществлен переход на поляризованную мишень.

В июне 2009 состоялось заседание РАС по программе работ на ускорителе в Майнце. Одобрена программа исследований на следующие 2 – 4 года. В эту программу включены измерения двойных поляризационных параметров в реакции фоторождения пионов ( для получения полного набора наблюдаемых, необходимого для восстановления амплитуд фоторождения) и продолжение экспериментов по фоторождению  $\eta$  и  $\eta'$  – мезонов.

Подробнее о выполненной программе расскажет в своём выступлении Александр Борисович Старостин.

г) На электронном ускорителе ELSA с энергией электронов до 3.5 ГэВ (Бонн, Германия) с использованием модернизированной экспериментальной установке для исследования фоторождения нейтральных мезонов (основой которой является многокристальный спектрометр полного поглощения Crystal Barrel), продолжены измерения двойных поляризационных параметров в фоторождении пионов. Конечной целью является выполнение «полного» опыта.

Подробнее о выполненной программе расскажет в своём выступлении Игорь Владимирович Лопатин.

# ЛМФ - 2009 год

д) В 2009 году создана новая коллаборация **V1**, которая планирует использовать пучок S на ускорителе ELSA (Бонн, Германия). Для планируемых этой коллаборацией исследований ОМК ОФВЭ изготавливает 8 больших дрейфовых камер.

Наши сотрудники приглашены для участия в **V1** коллаборации.

е) Продолжались работы по подготовке нового парциально-волнового анализа пион-нуклонного рассеяния в первой резонансной области (до 725 МэВ/с).

# ЛМФ - 2009 год

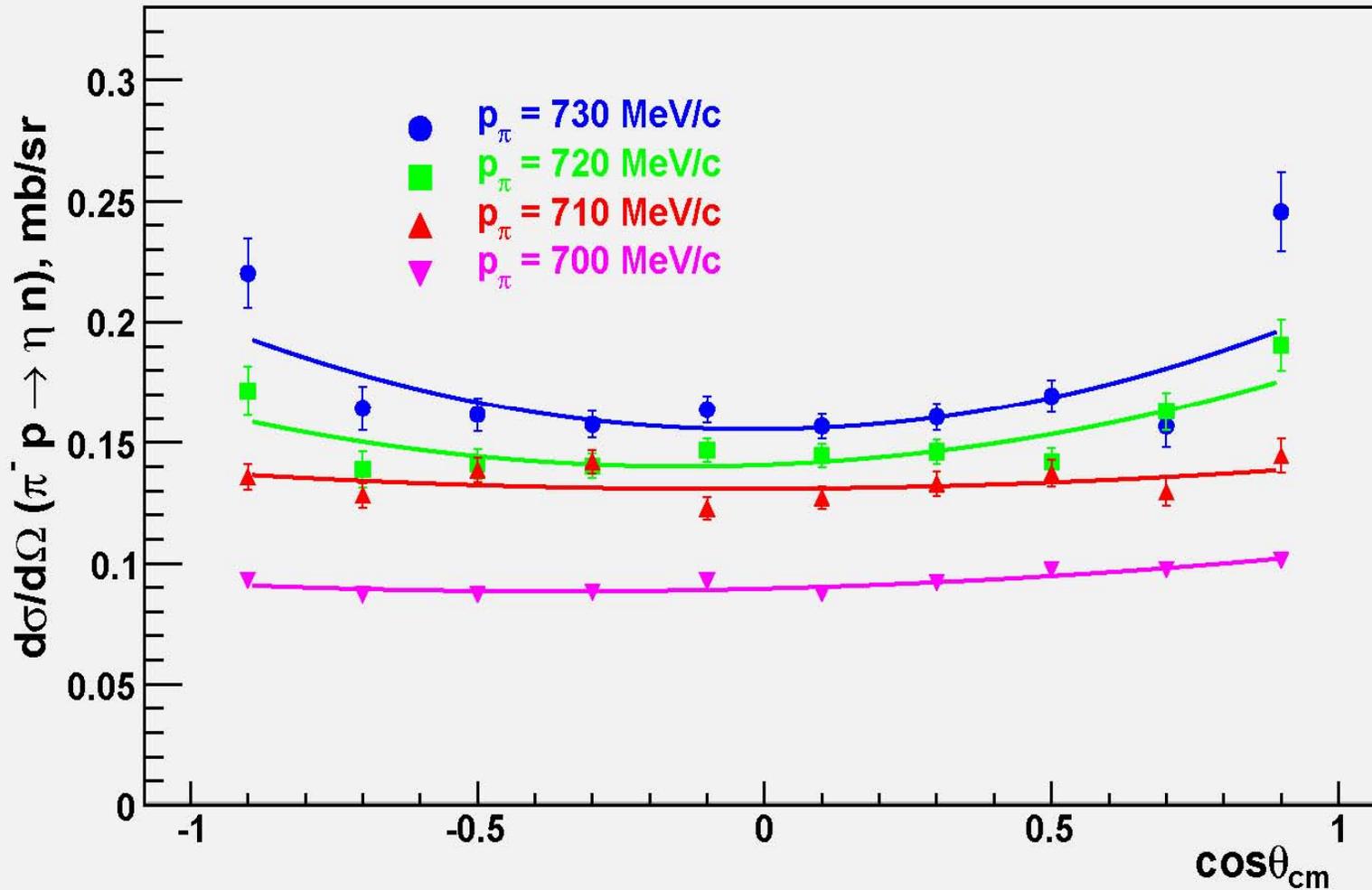
а) В ПИЯФ в своё время был разработан и изготовлен спектрометр нейтральных мезонов. Он представляет собой двух плечевую установку, каждое плечо которой – электромагнитный калориметр полного поглощения, состоящий из 24 кристаллов CsI(Na). Мозаичная структура калориметров позволяет измерить не только энергию, но и угол эмиссии попавшего в калориметр фотона, а, следовательно, восстановить кинематику распада  $\eta \rightarrow 2\gamma$  и на этой основе определить энергию и угол вылета  $\eta$ -мезона, образовавшегося в результате реакции.

В рамках программы исследования процесса рождения  $\eta$ -мезона на  $\pi$ -мезонном канале синхроциклотрона ПИЯФ выполнены с помощью спектрометра нейтральных мезонов измерения дифференциальных сечений реакции  $\pi^-p \rightarrow \eta n$  при импульсах налетающих пионов вблизи порога этой реакции, который составляет 685 МэВ/с. К настоящему времени выполнены измерения сечений реакции  $\pi^-p \rightarrow \eta n$  при импульсах налетающих пионов 700, 710, 720 и 730 МэВ/с. Форма дифференциальных сечений, полученных при указанных импульсах, различается весьма существенно – если при 700 МэВ/с сечения практически изотропны по углу, то при 710, 720 и 730 МэВ/с угловая зависимость анизотропна, но симметрична относительно  $\cos\theta_{cm} = 0$  (напоминает профиль тарелки). Всё это говорит о том, что если непосредственно вблизи порога процесс  $\pi^-p \rightarrow \eta n$  идёт преимущественно через образование резонанса  $S_{11}(1535)$  с его последующим распадом по каналу  $\eta N$ , то при более высоких импульсах заметно проявляется D-волна, в то время как P-волна практически отсутствует.

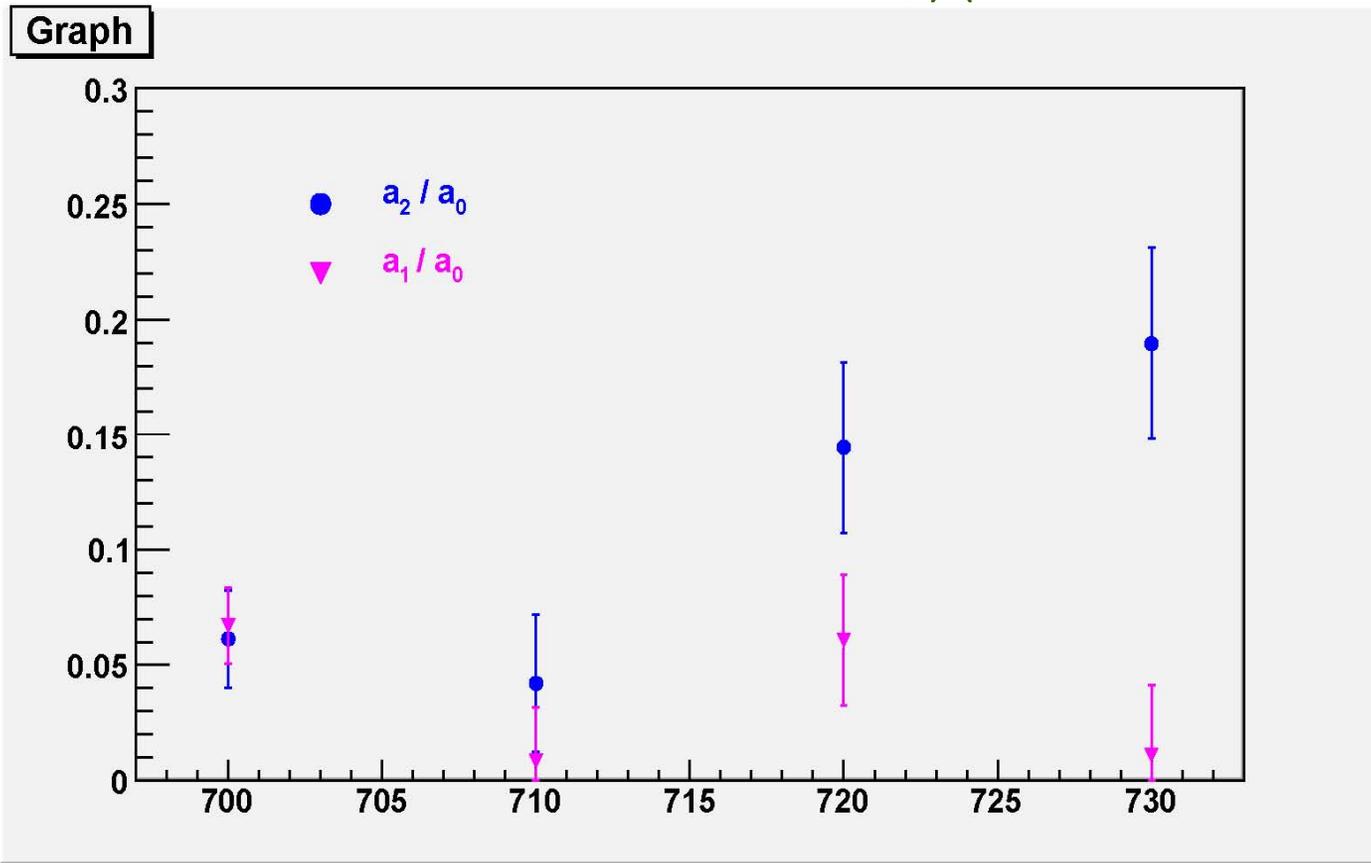
Систематические ошибки измерений не превышают  $\pm 5\%$

# ЛМФ - 2009 год

Graph



# ЛМФ - 2009 год



В области вблизи порога рождения  $\eta$ -мезона амплитуду можно представить в виде суммы ограниченного числа парциальных амплитуд (S-, P- и D-волны):

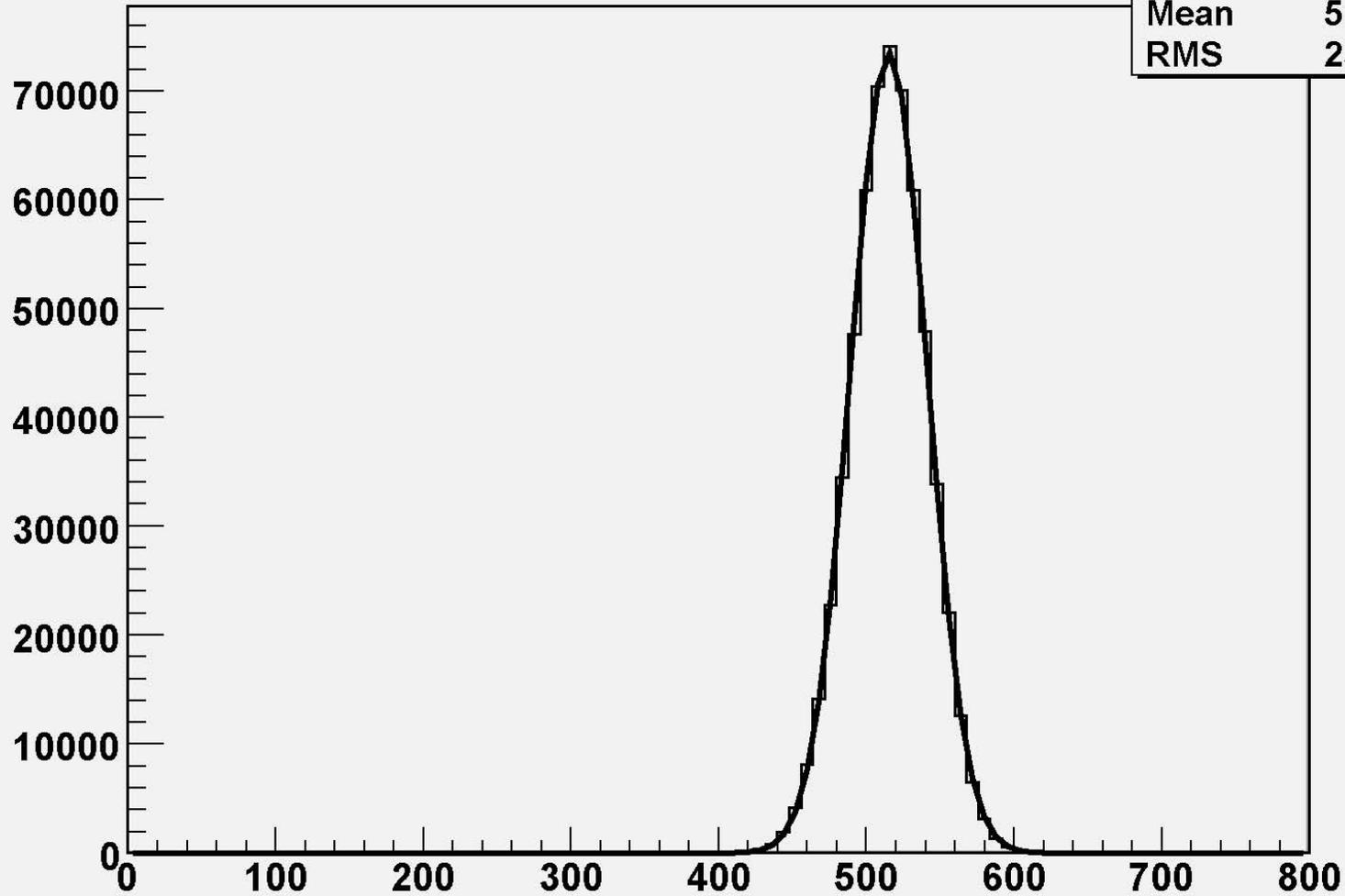
$$F_\eta = A_S + A_P \cdot \cos\Theta + A_D \cdot P_2(\cos\Theta). \text{ Здесь } P_i - \text{ полиномы Лежандра.}$$

Импульсную зависимость парциальных амплитуд можно учесть, разложив их в ряд по степеням импульса в с.ц.м.  $p_\eta^*$ . Учитывая только первые члены в разложении, получаем:  $A_S = a$ ;  $A_P = b \cdot p_\eta^*$ ;  $A_D = c \cdot (p_\eta^*)^2$ , где  $a, b, c$  – константы, не зависящие ни от угла, ни от импульса.

# ЛМФ - 2009 год

invariant mass of gg total

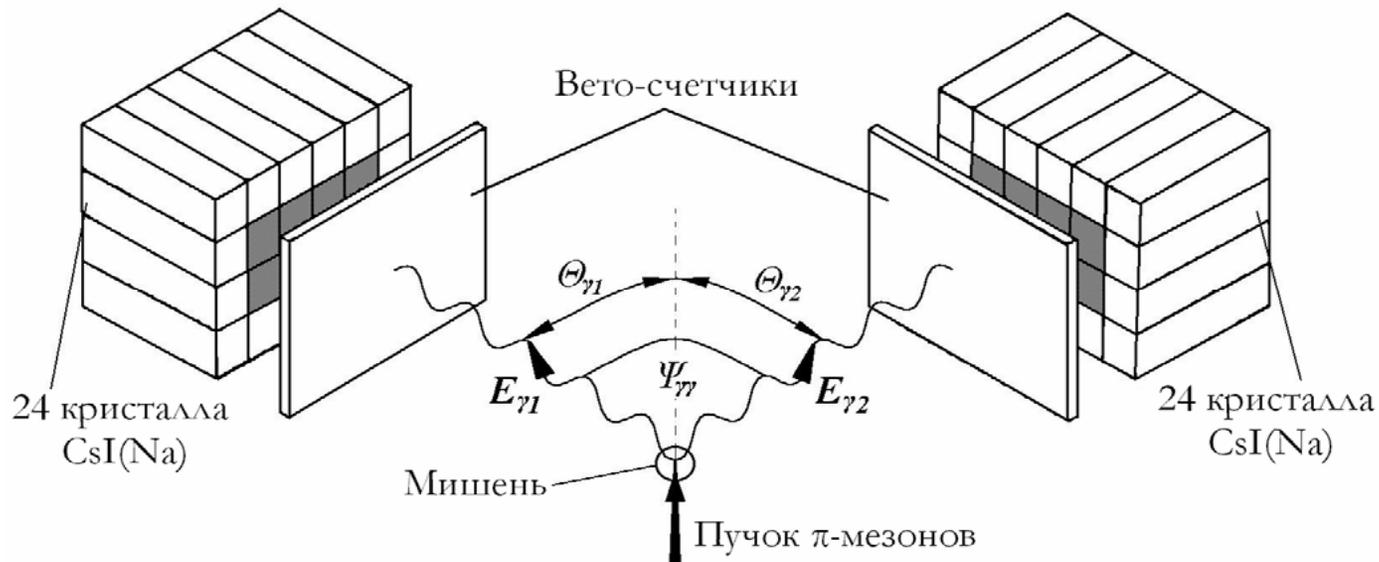
invmg	
Entries	598562
Mean	515.4
RMS	25.92



# ЛМФ - 2009 год

Основной принцип спектрометра – определение полной энергии образовавшегося  $\eta$ -мезона  $E_\eta$  и угла  $\theta_\eta$ , под которым он образовался, на основе измерения энергий двух фотонов от распада  $\eta \rightarrow \gamma\gamma$  и углов их вылета. Спектрометр состоит из двух электромагнитных калориметров полного поглощения, каждый из которых представляет собой матрицу из 24 кристаллов CsI(Na).

Калориметры спектрометра расположены таким образом, чтобы в одном эксперименте можно было измерить дифференциальные сечения процесса  $\pi-p \rightarrow \eta p$  в угловом диапазоне от  $0^\circ$  до  $180^\circ$  в системе центра масс; всего в этом диапазоне получено десять статистически обеспеченных значений сечения.



# ЛМФ - 2009 год

В дальнейших планах коллектива ЛМФ – эксперименты по изучению рождения  $\eta$ -мезона на связанном нуклоне в реакциях  $\pi^+d \rightarrow \eta p(p)$  и  $\pi^-d \rightarrow n(\eta n)$ , проводимые с использованием жидкодейтериевой мишени. Сопоставление дифференциальных сечений этих реакций с сечениями процесса  $\pi-p \rightarrow \eta n$  даст возможность оценить того, насколько ядерная среда модифицируют характеристики нуклонных резонансов, а отклонение от единицы величины отношения сечений  $R = (\pi^+d \rightarrow \eta pp) / (\pi^-d \rightarrow \eta nn)$  может служить мерой нарушения изоспиновой инвариантности в процессе рождения  $\eta$ -мезона, что, в свою очередь, даст возможность определить важную физическую величину – угол  $\pi^0-\eta$  смешивания.

На следующем этапе исследований планируется выполнить измерения асимметрии процесса  $\pi-p \rightarrow \eta n$  в эксперименте с использованием поляризованной протонной мишени. Проведение парциально-волнового анализа этого процесса, включающего не только и сечения, но и значения асимметрии, позволит с большей точностью определить величину фундаментальной константы – длины  $\eta N$ -рассеяния, и также улучшить наше знание природы резонанса  $S_{11}(1535)$ .

## Барионные мультиплеты в стандартной кварковой модели . (Introductory remarks on baryon spectroscopy R. H. Dalitz, 1976)

Адроны, состоящие из трёх кварков в стандартной модели могут иметь два типа возбужденных состояний:

- (a) Вращательные возбужденные состояния.
- (b) Радиальные возбужденные состояния (пульсации).

Предложенная Гринбергом  $SU(6) \times O(3)$  кварковая модель успешно описывает низко лежащие мультиплеты наблюдаемые для резонансных возбуждённых состояний барионов в том смысле, что известные резонансы идентифицированы как принадлежащие соответствующему мультиплету.

Имеются три типа  $SU(6)$  мультиплетов трёх кварковых систем: полностью симметричные мультиплеты (S), включающие 56 возбуждённых состояний; мультиплеты со смешанной симметрией (M), включающие 70 возбуждённых состояний; антисимметричные состояния (A), включающие 20 возбуждённых состояний.

## **R.H.Dalitz and G.Hoehler комментарии.**

“ It is clear that we still need much more information about the existence and parameters of many baryon states, especially in the  $N=2$  mass region, before this question of non-minimal  $SU(6) \times O(3)$  supermultiplets can be settled.”

(R.H.Dalitz, Introductory remarks on baryon spectroscopy, Oxford, 5-9 July, 1976.)

“The first problem is that the notion of a resonance is not well defined. The ideal case is a narrow resonance far away from the thresholds, superimposed on slowly varying background. It can be described by a Breit-Wigner formula and is characterized by a pole in the analytic continuation of the partial wave amplitude into the low half of the energy plane. The speed plot has a maximum at the resonance position and the resonance is seen in other channels, unless it is forbidden by a selection rule.

Unfortunately, in  $pN$ -scattering only the  $D(1232)$  resonance corresponds approximately to this picture. The other resonances occur frequently near thresholds of inelastic channels, and the background is not slowly varying. ....

In this situation, the “Review of Particle Properties” can only give a collection of resonance-like phenomena. They show a continuous transition from textbook-type resonances to tiny wiggles on a large background.”

(G.Hoehler, The  $pN$  Resonances in the Particle Data Table,

submitted at “Physics with light mesones and the Second International Workshop on  $pN$  Physics”, December 1987)

## Сравнение результатов анализов и предсказаний моделей для числа $N^*$ and $\Delta$ -резонансов.

References	$N^*$ – resonance number	$\Delta$ – resonance number
Rev. of Part. Phys. (1980)	26	19
Rev. of Part. Phys. (2008)	21	22
KH80	21	18
KA84	18	16
CMB (Phys.Rev.D 20 1979 )	16	13
T.P.Vrana et al.( nucl-th/9910012 )	14	13
SM95 (Phys.Rev.C 52 1995 )	13	8
FA02 ( Phys.Rev.C 69, 2004 )	10	7
SP06 ( nucl-th/0605082 )	13	9
S.Capstick et al.(Phys.Rev.D 49,1994)	40	27
U.Loring et al.(hep-ph/0103289)	99	82
Skyrme model (Phys.Rev.D31,1985)	10	13
J.Vijande et al.( hep-ph/0312165 )	19	21

**Всего в издании PDG 2008 приведено ( $N^*$ ,  $\Delta$ ,  $\Lambda$ ,  $\Sigma$  и др.) 136 основных и возбужденных состояний, часть которых принадлежат трём 70-плетам и четырём 56-плетам. То есть должно быть всего не менее 434 состояний барионов, если заполнить эти мультиплеты .**

# ЛМФ - 2009 год

## Сводка результатов анализа по поиску $N^*$ and $\Delta$ резонансов (from I.I.Strakovsky)

- Стандартный PWA может получать только широкие резонансы, но не шире ( $G < 500$  MeV), имеющие вероятность распада в упругий канал не менее 4% ( $BR > 4\%$ )
- PWA исключает слишком узкие резонансы  $G < 30$  MeV
- Our study does not support several  $N^*$  and  $D^*$  reported by PDG2006:
  - \*\*\*  $D(1600)P33$ ,  $N(1700)D13$ ,  $N(1710)P11$ ,  $D(1920)P33$
  - \*\*  $N(1900)P13$ ,  $D(1900)S31$ ,  $N(1990)F17$ ,  $D(2000)F35$ ,  $N(2080)D13$ ,  
 $N(2200)D15$ ,  $D(2300)H39$ ,  $D(2750)I313$
  - \*  $D(1750)P31$ ,  $D(1940)D33$ ,  $N(2090)S11$ ,  $N(2100)P11$ ,  $D(2150)S31$ ,  
 $D(2200)G37$ ,  $D(2350)D35$ ,  $D(2390)F37$
- Our study does suggest several 'new'  $N^*$  and  $D^*$ :
  - \*\*\*\*  $D(2420)H311$
  - \*\*\*  $D(1930)D35$ ,  $N(2600)I111$  [no pole]
  - \*\*  $N(2000)F15$ ,  $D(2400)G39$
  - new  $N(2245)H111$  [**CLAS ?**]

# ЛМФ - 2009 год

Резонанс  $N(1710)P_{11}$  - что о нём известно.

(From I.I.Strakovsky.)

[W.-M. Yao *et al.* [RPP] J Phys G 33, 1 (2006)]

$\chi SA$		1710 [inp]	~40 [est]
PWA-BW	Ref	Mass(MeV)	Width(MeV)
	KH79	1723± 9	120± 15
	CMU80	1700±50	90± 30
	KSU92	1717±28	480±230
	GW06	not seen	
PWA-Pole		Re(MeV)	-2xIm(MeV)
	CMU80	1690±20	80± 20
	CMU90	1698	88
	KH93	1690	200
	GW06	not seen	

PDG06=PDG04

No BW, No pole, No Sp

[Sp(W)]

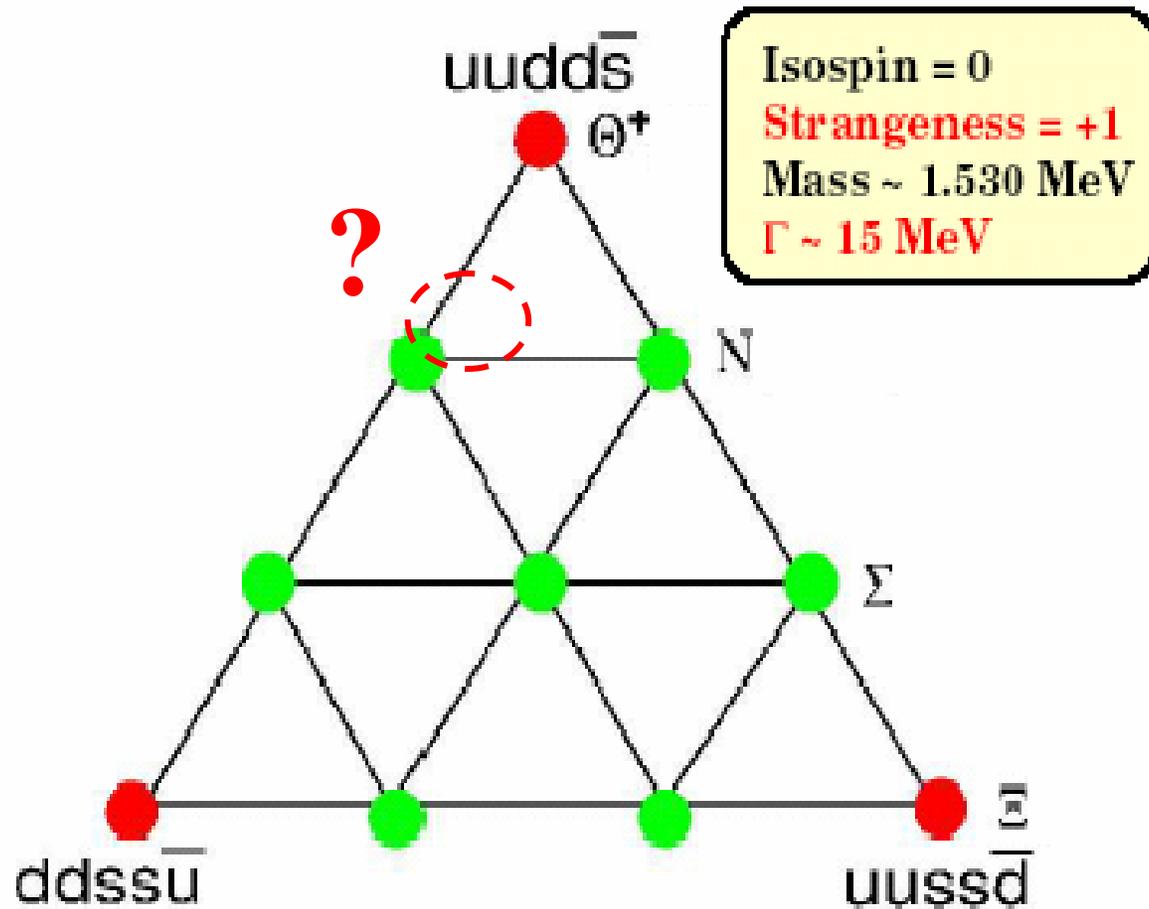
- The spread of  $\Gamma$ , selected by PDG, is very large
- It would be more natural for the same unitary multiplet (with  $\Theta^+$  and  $N^*$ ) to have comparable widths

## Pentaquark antidecuplet

$[\bar{10}]$  Spin =  $\frac{1}{2}$

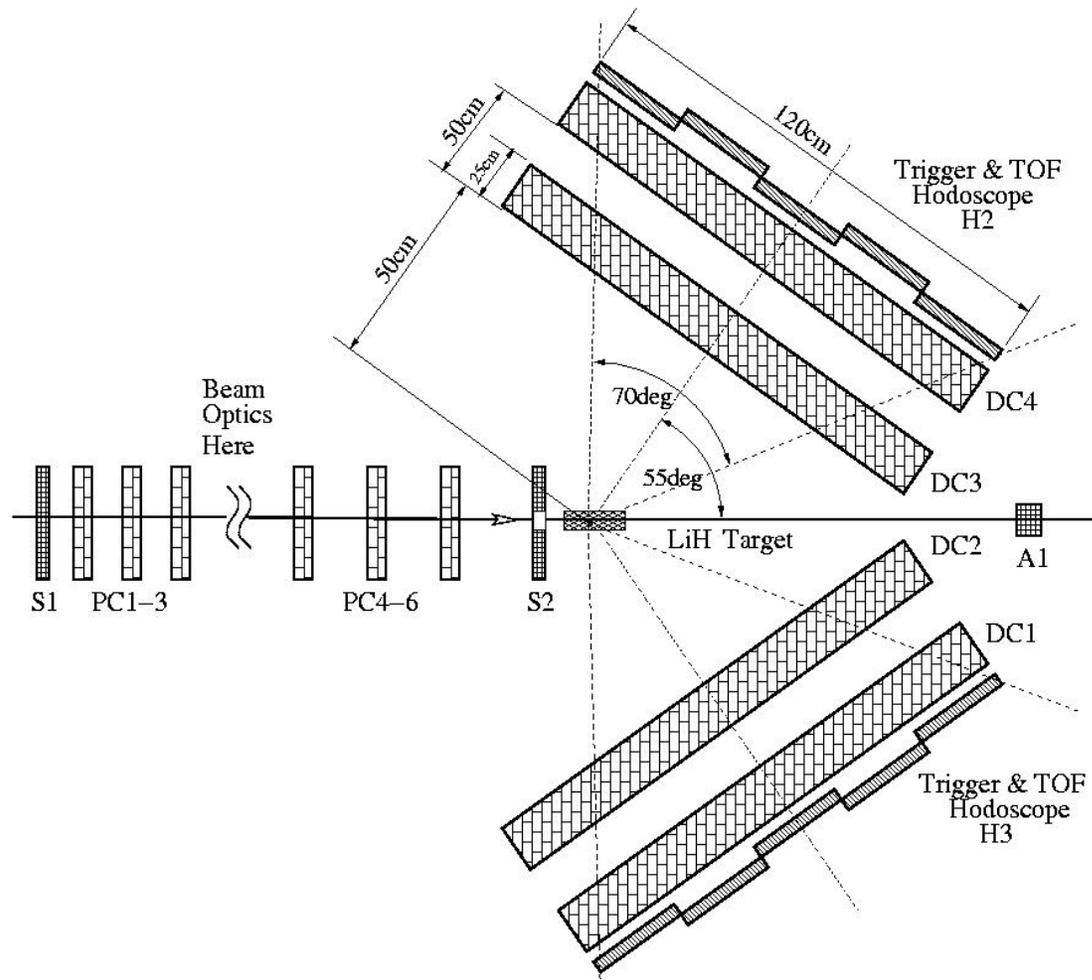
NEW MULTIPLET

D.Diakonov et al. Z. Phys A359, 1997, 305



# ЛМФ - 2009 год

б) Реализуется программа совместного эксперимента ПИЯФ-ИТЭФ «ЭПЕКУР» по поиску узких нуклонных резонансов. На пионном пучке № 322 ускорителя ИТЭФ достигнуто импульсное разрешение  $\Delta P/P=0.09\%$ .



- Method: measure differential cross-section at the angles 40-120° CM as function of the invariant mass of  $\pi p$ -system.

- “Formation”-type experiment: invariant mass resolution (0.7 MeV) is based on the high momentum resolution (0.1%) of the magneto-optic channel.

- We want to reach statistic resolution as high as 0.5 %

- We can get clear evidence for a narrow (2-20 MeV) resonance even if its elasticity is only 1%.

- Main parts of experimental setup are liquid hydrogen target and proportional and drift chambers.



### What is special in our experiment:

- “Formation”-type experiment.
- Extremely high invariant mass resolution ( $\sim 0.6$  MeV), provided by high momentum resolution of the magneto-optic channel 0.1%.
- Magnetless spectrometer with drift chambers.
- Liquid hydrogen target.
- Very small amount of matter on the particle paths.
- High statistical precision: 0.5% for elastic scattering and 1% for  $K\Lambda$ -production.

### Not only pentaquark...

- Precise cross section measurements:

$\pi^- p \rightarrow \pi^- p$ :  $d\sigma/d\Omega$  – 0.5% statistical precision and 1 MeV momentum step

$\pi^- p \rightarrow K^0 \Lambda$ :  $\sigma_{\text{REAC}}$  – 1% statistical precision and the same step

$\Rightarrow$  Very important data for PWA

- Usual resonance P11 N(1710)\*\*\*

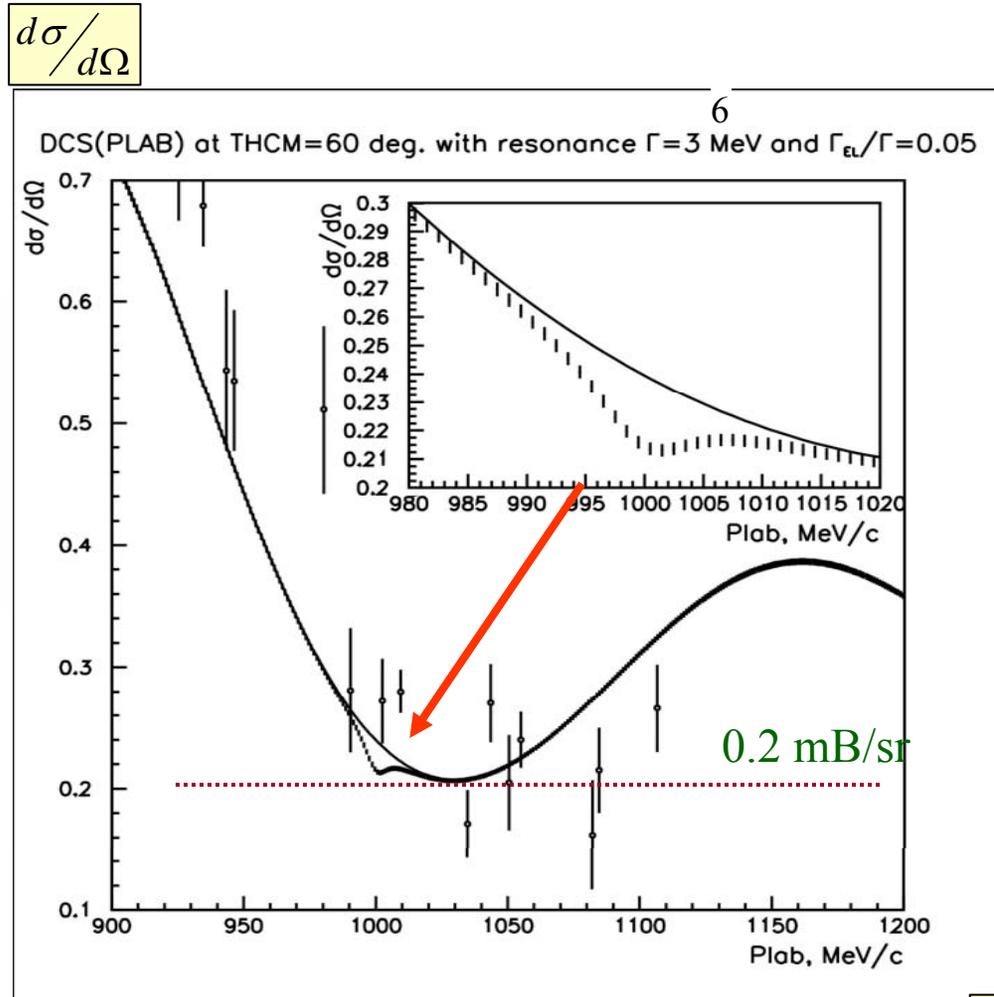
•  $\Lambda$ -polarization in the reaction  $\pi^- p \rightarrow K^0 \Lambda$  - an order of magnitude better precision than the best data available now - NIMROD (78)

# ЛМФ - 2009 год

## Expected effect

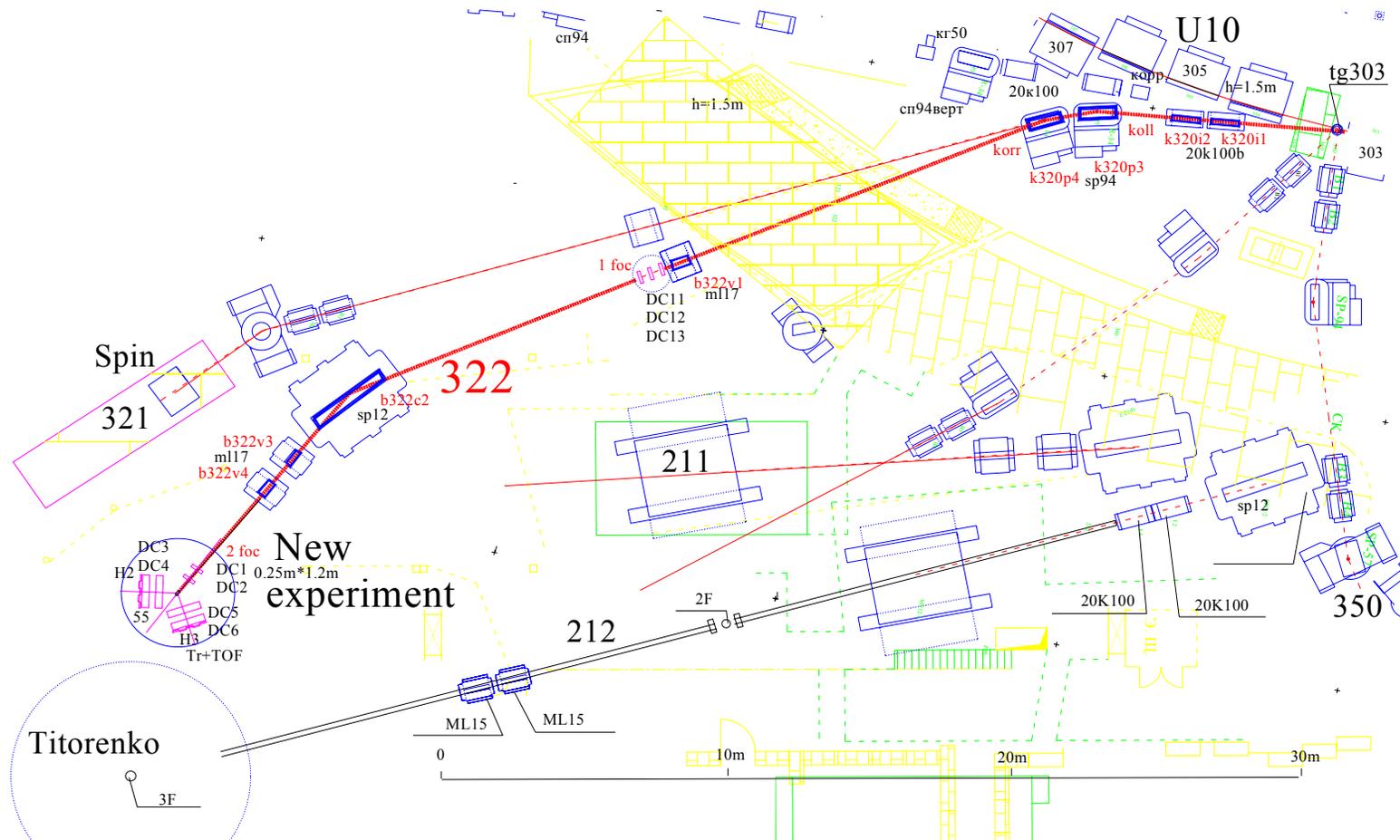
### Differential cross section of the $\pi^- p \rightarrow \pi^- p$ elastic scattering

- ▶ Existing data doesn't allow to find a narrow structure
- ▶ Our idea is to measure differential elastic cross section with the statistical error 0.5% and step in the invariant mass 0.6 MeV
- ▶ We will cover angle range 30—120° in the center of mass frame and momentum range 900—1200 MeV/c ( $M_R=1610--1770$  MeV)
- ▶ With fixed beam line settings we can cover about 30 MeV in the invariant mass. Then we can go in 15 MeV overlapping steps



# ЛМФ - 2009 год

Канал 322 был спроектирован специально для опытов с точным измерением импульса налетающих частиц. План канала показан на рисунке. При наладке канала в 1976 году [2] при помощи сцинтилляционных счетчиков с поперечным размером 3мм было достигнуто разрешение по импульсам около  $dP/P = \pm 0.06\%$ .



План канала 322 с новой установкой и соседних каналов 321 и 212.

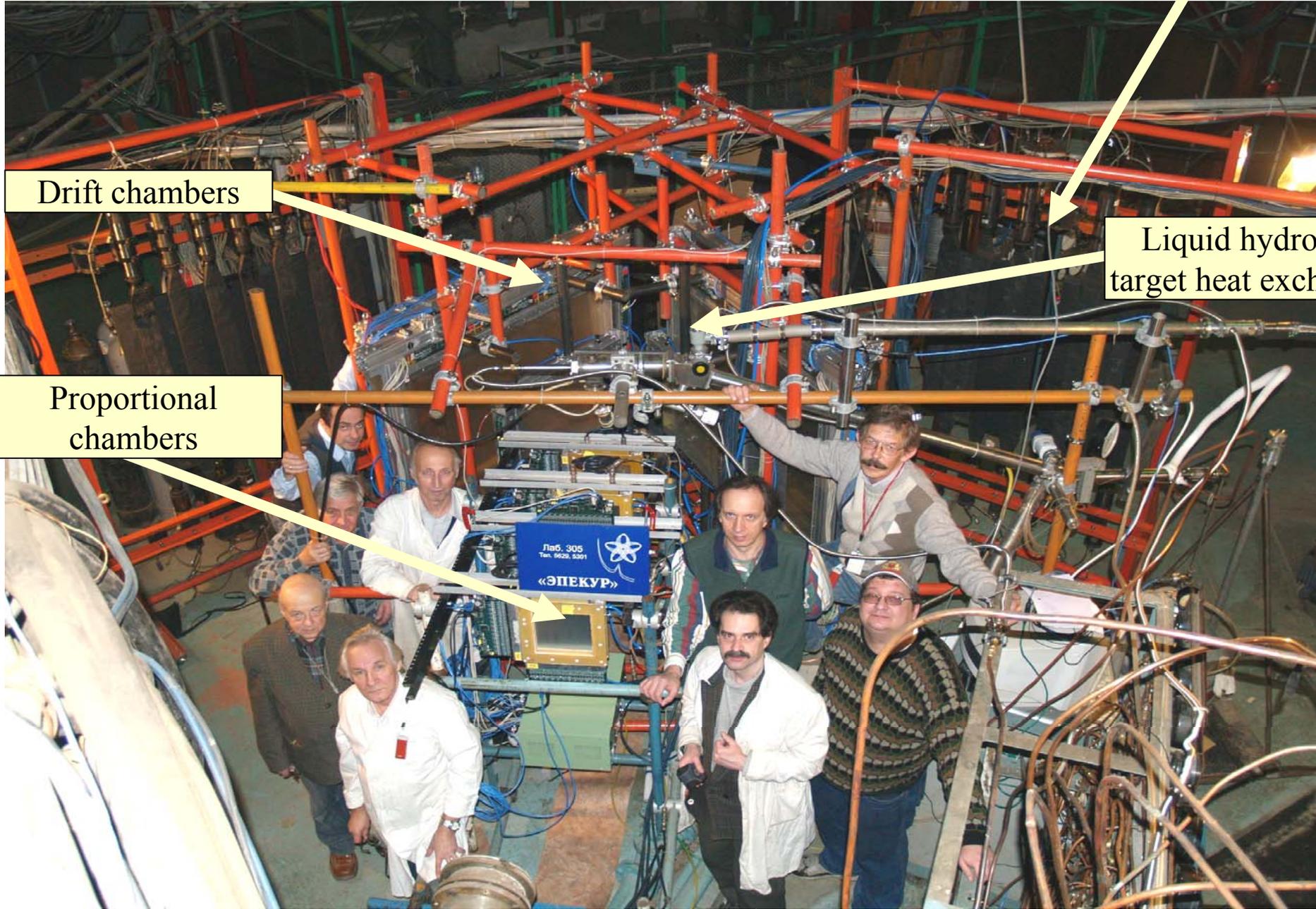
# ЛМФ - 2009 год

Hodoscope

Drift chambers

Liquid hydro  
target heat exch

Proportional  
chambers



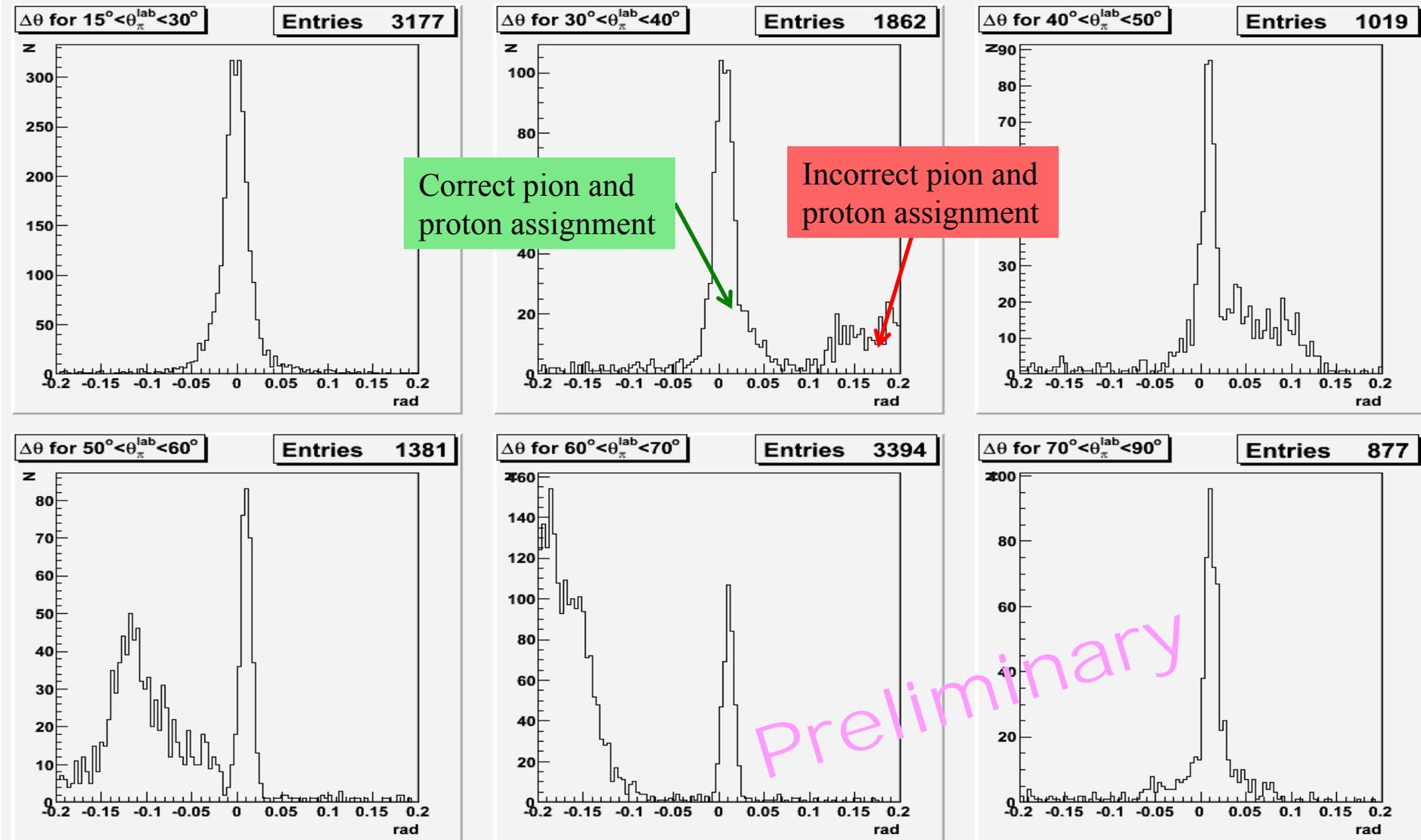
**Measurement of the differential cross section in elastic  $\pi^-p$  scattering at the pion channel of the ITEP accelerator.**

**( April 2009,  $473 \cdot 10^6$  cob.)**

**Information about statistics from run March-April 2009**

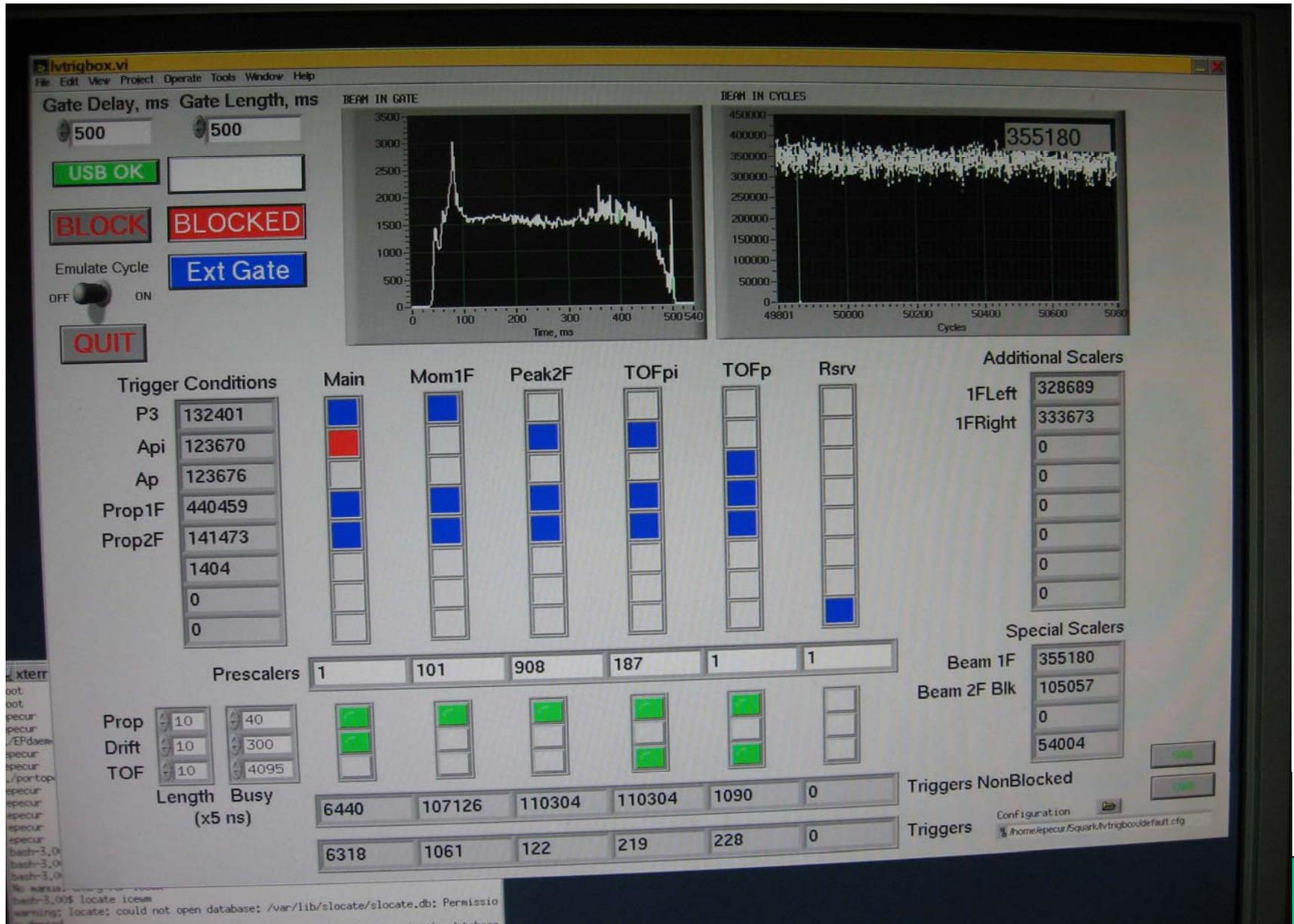
Momentum (MeV/c)	Triggers	Size (Mb)
940	28471194	7354
955	31040346	8062
970	34621416	9881
985	39099209	10299
1000	38293063	10060
1015	36900000	9818
1030	39782780	10348
1045	38293817	10135
1060	40700000	10642
1075	38262212	9859
1090	34642196	8732
1105	27291091	7578
1120	35061766	9059
1135	10772000	2775

# Elastic events selection

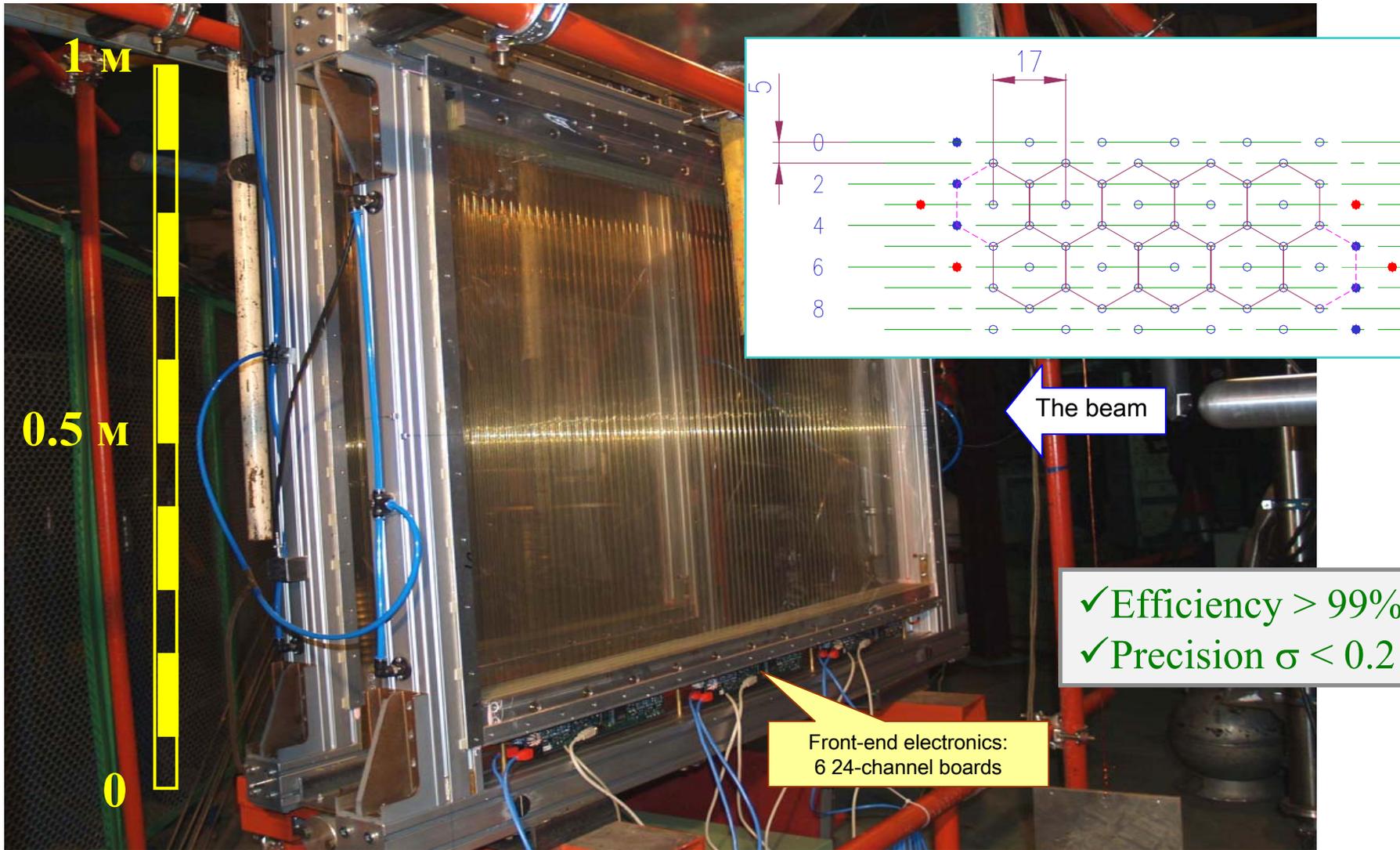


# ЛМФ - 2009 год

## U 10 - pion beam.



# ЛМФ - 2009 год



Drift chamber module “X” (wires along the short side) under test at ITEP accelerator. A “Y” module be seen behind the “X” module.

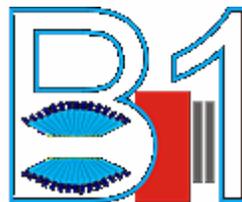
✓ Efficiency  $> 99\%$   
✓ Precision  $\sigma < 0.2$

Front-end electronics:  
6 24-channel boards

# ЛМФ - 2009 год

е) В 2009 году организовалась новая коллаборация на основе Физического института Боннского университета. Одной из главных составляющих новой установки будет магнитный спектрометр для частиц вылетающих вперед. Для их регистрации планируется использовать дрейфовые камер большого формата. Такие камеры изготавливаются в настоящее время в ОМК ОФВЭ. Сотрудники ПИЯФ приглашены к участию в новой коллаборации.

## B1 Project

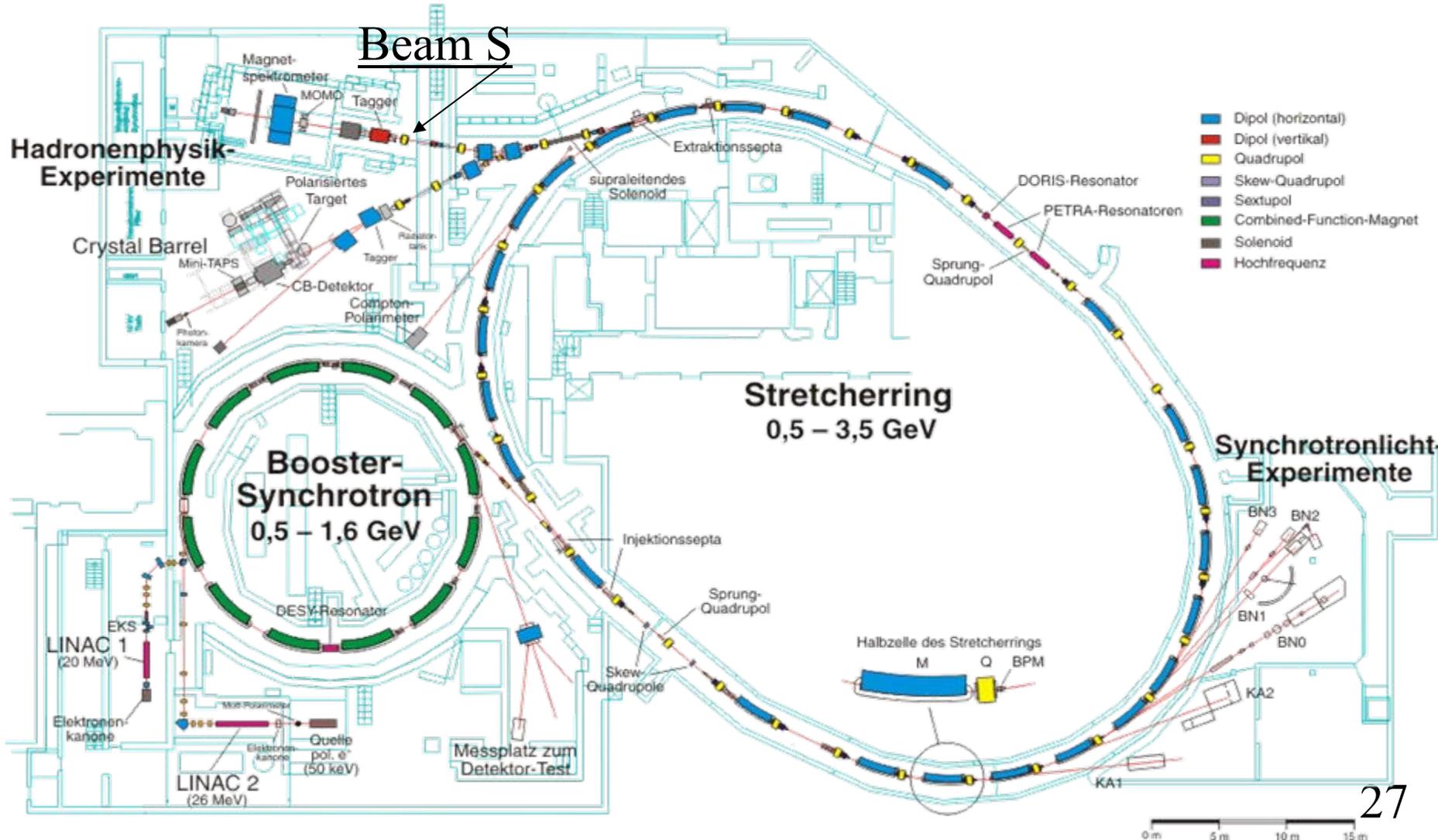


### Summary Project B1

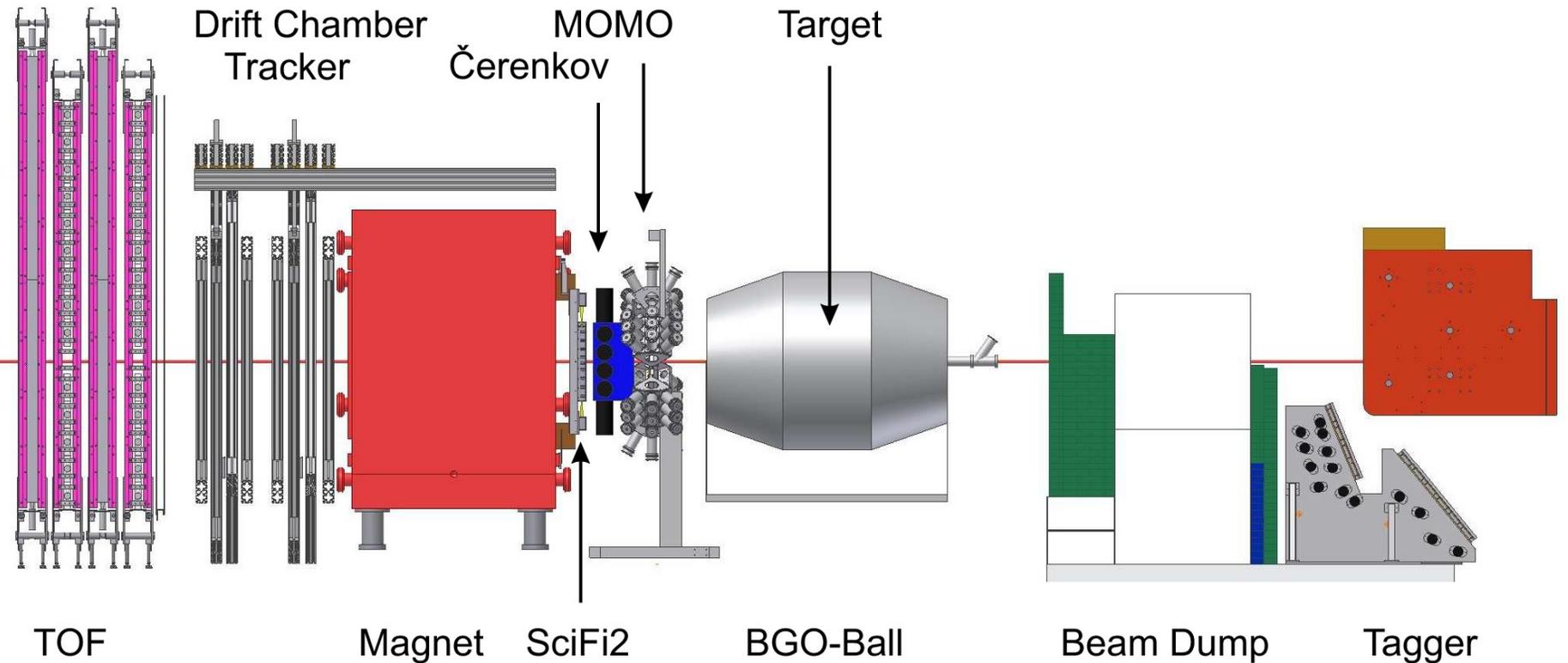
#### General information

The goal of this project is the systematic investigation of the photoproduction of mesons off the nucleon. These processes are related to the structure of both, the mesons and baryons involved. The underlying mechanisms must still be considered as poorly understood. Improved experiments will shed new light on the low-energy hadronic aspects of the strong interaction. Polarisation measurements are indispensable to characterise the relevant degrees of freedom in the production process of the different mesons, in particular the formation and role of hadronic resonances.

# Elektronen-Stretcher-Anlage (ELSA)



## Commissioning of the BGO-Open Dipole setup at beamline S of ELSA.



# ЛМФ - 2009 год

Program of the DC construction.

8 drift chambers must be produced by PNPI according to agreement 153K-300-2/2007

( **Detector Trackers №2 and №3 for B1 project.** )

Configuration	Quantity
Horizontal sensitive wires ( X )	2 chambers
Vertical sensitive wires ( Y )	2 chambers
Inclined sensitive wires ( U, V )	4 chambers

DC sensitive area		
Horizontal area	2456	mm
Vertical area	1232	mm

# ЛМФ - 2009 год



**Участники коллаборации В1.**



Камеры “U” и “V” с электроникой в ОМК ОФВЭ.

# ЛМФ - 2009 год

ж)Продолжались работы по подготовке нового парциально-волнового анализа в интервале импульсов до 725 МэВ/с (совместно с учеными Института физики г.Хельсинки (Финляндия)).

## Список работ, опубликованных сотрудниками Лаборатории мезонной физики в 2009 г.

1. *Backward asymmetry measurements in the elastic pion-proton scattering at resonance energies.*

I.G. Alekseev, N.A. Bazhanov, Yu.A. Beloglazov, P.E. Budkovsky, E.I. Bunyatova, E.A. Filimonov, V.P. Kanavets, A.I. Kovalev, L.I. Koroleva, B.V. Morozov, V.N. Nesterov, D.V. Novimsky, V.V. Ryltsov, V.A. Shchedrov, A.D. Sulimov, V.V. Sumachev, D.N. Svirida, V.Yu. Trautman, and L.S. Zolin.  
*Eur. Phys. J. A, vol. 39, 163 (2009).*

## 2. Determination of Dalitz plot parameter $\alpha$ for the decay $\eta \rightarrow 3\pi^0$ with the Crystal Ball at MAMI-B.

*M. Unverzagt, P. Arguar-Bartolome, J. Ahrens, J.R.M. Annand, H.J. Arends, R. Beck, V. Bekrenev, B. Boilatt, A. Braghieri, D. Branford, W.J. Briscoe, J. Brudvik, S. Cherepnaya, R.F.B. Codling, E.J. Daunie, L.V. Fil'kov, D.I. Glazer, E. Heid, D. Hormidge, O. Juhn, V.L. Kashevarov, R. Kondratiev, M. Korolija, M. Kotulla, D. Kreambrich, B. Krusche, M. Lang, V. Lisin, K. Livingston, S. Lugert, I.J.D. MacGregor, D.M. Manley, M. Martinez-Fabrigate, J.C. McGeorge, E.F. McNicoil, D. Mekterovic, V. Metag, B.M.K. Nefkens, A. Nikolaev, D. Novotny, R.O. Owens, P. Pedroni, F. Pheron, A. Polonski, S.N. Prakhov, J.W. Price, G. Rosner, M. Rost, T. Rostomyan, S. Schadmand, D. Sober, A. Starostin, I. Supek, C.M. Tarbert, A. Thomas, D.P. Watts, and F. Zehr.*

*Eur. Phys. J. A, vol. 39, 169 (2009).*

## 3. Linear polarized photon beams at ELSA and measurement of the beam asymmetry in $\pi^0$ -photoproduction off the proton.

*D. Elsner, B. Bantes, O. Bartholomy, D.E. Bayadilov, Yu.A. Beloglazov, R. Bogendörfer, R. Castelijns, V. Crede, A. Ehmanns, K. Essig, R. Ewald, I. Fabry, K. Fornet-Ponse, M. Fuchs, Ch. Funke, A.B. Gridnev, E. Gutz, S.K. Höffgen, P. Hoffmeister, I. Horn, I. Jaegle, J. Junkersfeld, H. Kalinowsky, Frank Klein, Friedrich Klein, E. Klempt, M. Konrad, N. Kotulla, B. Krusche, H. Löhner, I.V. Lopatin, J. Lotz, S. Lugert, D. Menze, T. Martens, J. Messchendorp, V. Metag, C. Morales, M. Nanova, D.V. Novinski, D. Novotny, M. Ostrick, L.M. Pant, H. van Pee, M. Pfeiffer, A.V. Sarantsev, Ch. Schmidt, H. Schmieden, B. Schoch, S. Shende, A. Süle, V.V. Sumachev, T. Szczepanek, U. Thoma, D. Trnka, D. Walther, Ch. Weinheimer, and C. Wendel*  
*(the CBELSA/TAPS Collaboration).*

*Eur. Phys. J. A, vol. 39, 373 (2009).*

4. Measurement of the total cross section of the reaction  $K^-p \rightarrow \Sigma^0\gamma$  between 514 and 750 MeV/c.

*T.D.S. Stanislaus, V.V. Abaev, D. Allen, C.E. Allgower, J. Alyea, M.A. Bates, V.S. Bekrenev, W.J. Briscoe, R.V. Cadman, J.R. Comfort, R. Corliss, K. Craig, A. Gibson, R. Greene, D. Grosnick, D. Isenhower, T.E. Kasprzyk, N. Knecht, D.D. Koetke, N.G. Kozlenko, S.P. Kruglov, A.A. Kulbardis, G. Lolos, I.V. Lopatin, D.M. Manley, R. Manweiler, R.A. Marušić, S. McDonald, J. Olmsted, Z. Papandreou, D. Peaslee, N. Phaisangittisakul, A.F. Ramirez, M. Sadler, S. Schlobohm, A. Shafi, H. Spinka, H.M. Staudenmaier, I.I. Strakovsky, I. Supek, J. Thoms, and S. Wolf.*

*Phys. Rev. C, vol. 79, 015203 (2009).*

5. Measurement of the slope parameter  $\alpha$  for the  $\eta \rightarrow 3\pi^0$  decay with the Crystal Ball at MAMI-C.

*S. Prakhov, B.M.K. Nefkens, J. Ahrens, J.R.M. Annand, H.J. Arends, K. Bantawa, R. Beck, V. Bekrenev, B. Boilatt, A. Braghieri, D. Branford, W.J. Briscoe, J. Brudvik, S. Cherepnya, R.F.B. Codling, E.J. Downie, D.I. Glazier, R. Gregor, E. Heid, D. Hornidge, O. Jahn, V.L. Kashevarov, J.D. Kelle, A. Knezevic, R. Kondratiev, M. Korolija, M. Kotulla, A. Koulbardis, D. Kreambrich, S. Kruglov, B. Krusche, M. Lang, V. Lisin, K. Livingston, I.J.D. MacGregor, D.M. Manley, M. Martinez, J.C. McGeorge, E.F. McNicoil, D. Mekterovic, V. Metag, A. Nikolaev, D. Novotny, M. Ostrick, R.O. Owens, P. Pedroni, F. Pheron, A. Polonski, J. Robonson, G. Rosner, M. Rost, T. Rostomyan, S. Schadmand, D. Sober, A. Starostin, I.M. Suarez, I. Supek, C.M. Tarbert, M. Thiel, A. Thomas, V. Unverzagt, Th. Walcher, D.P. Watts, and F. Zehr.*

*Phys. Rev. C, vol. 79, 035204 (2009).*

## 6. Search for the charge-conjugation-forbidden decay $\omega \rightarrow \eta\pi^0$

*A. Starostin, B.M.K. Nefkens, J. Ahrens, J.R.M. Annand, H.J. Arends, K. Bantawa, P.A. Bartolome, R. Beck, V. Bekrenev, A. Braghieri, W.J. Briscoe, J. Brudvik, S. Cherepnaya, E.J. Downie, L.V. Filkov, D.I. Glazier, R. Gregor, E. Heid, D. Hornidge, O. Jahn, T.C. Jude, V.L. Kashevarov, R. Kondratiev, M. Korolija, M. Kotulla, A. Koulbardis, S. Kruglov, B. Krusche, V. Lisin, K. Livingston, I.J.D. MacGregor, Y. Maghrbi, D.M. Manley, M. Martinez, J.C. McGeorge, E.F. McNicoil, D. Mekterovic, V. Metag, S. Micanovic, M. Ostrick, P. Pedroni, F. Pheron, A. Polonski, S. Prakhov, J. Robonson, G. Rosner, M. Rost, S. Schadmand, M.H. Sikora, D. Sober, I.M. Suarez, I. Supek, C.M. Tarbert, M. Thiel, A. Thomas, V. Unverzagt, and D.P. Watts.*

*Phys. Rev. C, vol. 79, 065201 (2009).*

## 7. Measurement of $\pi^0\Lambda$ , anti- $K^0 n$ and $\pi^0\Sigma^0$ production in $K^- p$ interactions for $p(K^-)$ between 514 and 750 MeV/c.

*S. Prakhov, B.M.K. Nefkens, C.E. Allgower, V. Bekrenev, W.J. Briscoe, J.R. Comfort, K. Craig, D. Grosnick, D. Isenhower, N. Knecht, D.D. Koetke, A. Koulbardis, N. Kozlenko, S. Kruglov, G. Lolos, I. Lopatin, D.M. Manley, R. Manweiler, A. Marušić, S. McDonald, J. Olmsted, Z. Papandreou, D. Peaslee, N. Phaisangittisakul, J.W. Price, A.F. Ramirez, M. Sadler, A. Shafi, H. Spinka, T.D.S. Stanislaus, H.M. Staudenmaier, A. Starostin, H.M. Staudenmaier, and I. Supek (the Crystal Ball Collaboration at the AGS).*

*Phys. Rev. C, vol. 80, 025204 (2009).*

## 8. Beam-helicity asymmetry in double pion photoproduction off the proton.

D. Kreambrich, F. Zehr, A. Fix, L. Roca, P. Aguar, J. Ahrens, J.R.M. Annand, H.J. Arends, R. Beck, V. Bekrenev, B. Boilatt, A. Braghieri, D. Branford, W.J. Briscoe, J. Brudvik, S.Cherepnaya, R. Codling, E.J. Downie, D.I. Glazier, P. Grabmayr, R. Gregor, E. Heid, D. Hornidge, O. Jahn, V.L. Kashevarov, A. Knezevic, R. Kondratiev, M. Korolija, M. Kotulla, B. Krusche, A. Koulbardis, M. Lang, V. Lisin, K. Livingston, S. Lagert, I.J.D, MacGregor, D.M. Manley, M. Martinez, J.C. McGeorge, D. Mekterovic, V. Metag, B.M.K. Nefkens, A. Nikolaev, P. Pedroni, F. Pheron, A. Polonsky, S.N. Prakhov, J.W.Price, G. Rosner, M. Rost, T. Rostomyan, S. Schumann, D. Sober, A. Starostin, I. Supek, C.M. Tarbert, A. Thomas, V. Unverzagt, Th. Walcher, and D.P. Watts.

*Phys. Rev. Lett.*, vol. 103, 052002 (2009).

## 9. Photoproduction of $\pi^0\eta$ on protons and the $\Delta(1700) D_{33}$ resonance.

V.L. Kashevarov, A. Fix, P. Aguar-Bartolome, L.K. Akasoy, J.R.M. Annand, H.J. Arends, K. Bantawa, R. Beck, V. Bekrenev, H. Berghäuser, B. Boilatt, A. Braghieri, D. Branford, W.J. Briscoe, J. Brudvik, S.Cherepnaya, E.J. Downie, P. Drexler, L.V. Fil'kov, D.I. Glazier, P. Grabmayr, R. Gregor, E. Heid, D. Hornidge, O. Jahn, T.C. Jude, V.A. Knezevic, R. Kondratiev, M. Korolija, M. Kotulla, A. Koulbardis, S. Kruglov, B. Krusche, V. Lisin, K. Livingston, I.J.D, MacGregor, D.M. Manley, M. Martinez, J.C. McGeorge, E.F. McNicoll, D. Mekterovic, V. Metag, S. Micanovic, B.M.K. Nefkens, R. Novotny, M. Ostrick, R.O. Owens, P. Pedroni, F. Pheron, A. Polonsky, S.N. Prakhov, J. Robinson, G. Rosner, T. Rostomyan, S. Schumann, D. Sober, A. Starostin, I.M. Suarez, I. Supek, C.M. Tarbert, M. Their, A. Thomas, V. Unverzagt, D.P. Watts, I. Zamboni, and F. Zehr.

*Eur. Phys. J. A*, vol. 42, 141 (2009).

## 10. Photoproduction of $\eta$ and $\eta'$ of mesons off protons.

V. Crede, A. McVeigh, F.V. Anisovich, J.C.S. Bacelar, B. Bantes, O. Bartholomy, D.E.Bayadilov, R. Beck, Yu.A. Beloglazov, R. Castelijns, A. Ehmanns, K. Essig, R. Ewald, I. Fabry, M. Fuchs, Chr. Funke, R. Gothe, R. Gregor, A.B. Gridnev, E. Gutz, St Höffgen, P. Hoffmeister, I. Horn, I. Jaegle, J. Junkersfeld, H. Kalinowsky, S. Kammer, Frank Klein, Friedrich Klein, E. Klempt, M. Konrad, N. Kotulla, B. Krusche, J. Langheinrich, H. Löhner, I.V. Lopatin, J. Lotz, S. Lugert, D. Menze, M. Nanova, V.A. Nikonov, D.V. Novinski, D. Novotny, M. Ostrick, L.M. Pant, H. van Pee, M. Pfeiffer, A.V. Sarantsev, Ch. Schmidt, H. Schmieden, B. Schoch, S. Shende, A. Süle, V.V. Sumachev, T. Szczepanek, U. Thoma, D. Trnka, R. Varma, D. Walther, Ch. Weinheimer, Ch. Wendel, and A. Wilson (the CBELSA/TAPS Collaboration).

*Phys. Rev. C*, vol. 80, 055202 (2009).

## 11. Photoproduction of meson pairs: First measurement of the polarization observable $I^{\wedge}$ s.

E. Gutz, V. Sokhoyan, H. van Pee, A.V. Anisovich, J.C.S. Bacelar, B. Bantes, O. Bartholomy, D. Bayadilov, R. Beck, Yu. Beloglazov, R. Castelijns, V. Crede, H. Dutz, D. Elsner, R. Ewald, F. Frommberger, M. Fuchs, Ch. Funke, R. Gregor, A. Gridnev, W. Hillert, Ph. Hoffmeister, I. Horn, I. Jaegle, J. Junkersfeld, H. Kalinowsky, S. Kammer, V. Kleber, Frank Klein, Friedrich Klein, E. Klempt, M. Kotulla, B. Krusche, M. Lang, H. Loehner, I. Lopatin, S. Lugert, D. Menze, T. Mertens, J.G. Messchendorp, V. Metag, M. Nanova, V. Nikonov, D. Novinski, R. Novotny, M. Ostrick, L. Pant, M. Pfeiffer, D. Piontek, W. Roberts, A. Roy, A. Sarantsev, S. Schadmand, Ch. Schmidt, H. Schmieden, B. Schoch, S. Shende, A. Suele, V. Sumachev, T. Szczepanek, A. Thiel, U. Thoma, D. Trnka, R. Varma, D. Walther, Ch. Weinheimer, Ch. Wendel,

e-Print: [arXiv:0912.2632](https://arxiv.org/abs/0912.2632) [nucl-ex] Dec 2009. 9pp.

# ЛМФ - 2009 год

