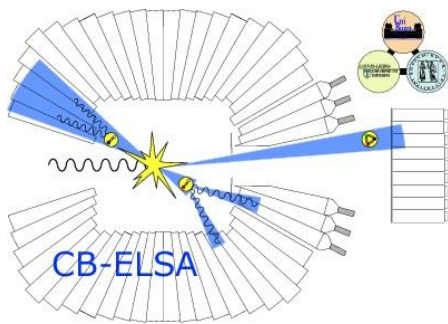


**Эксперименты Crystal Barrel и VGO-OD (Бонн, Германия):
результаты и перспективы**

«Барионная спектроскопия и физика с η -мезонами.»

Бонн, CB-ELSA

Бонн, VGO-OD



- Ускоритель ELSA
- Коллаборации CB-ELSA, BGO-OD
- Цели и задачи экспериментов
- CB-ESLA: основные публикации (2012-2014)
- Модернизация установки
- BGO-OD, Форвардный спектрометр, дрейфовые камеры
- Публикации (BGO-OD)
- Заключение

ELectron Stretcher Accelerator (ELSA)

„Elektronen Stretcher Anlage“

duty factor $\lesssim 90\%$

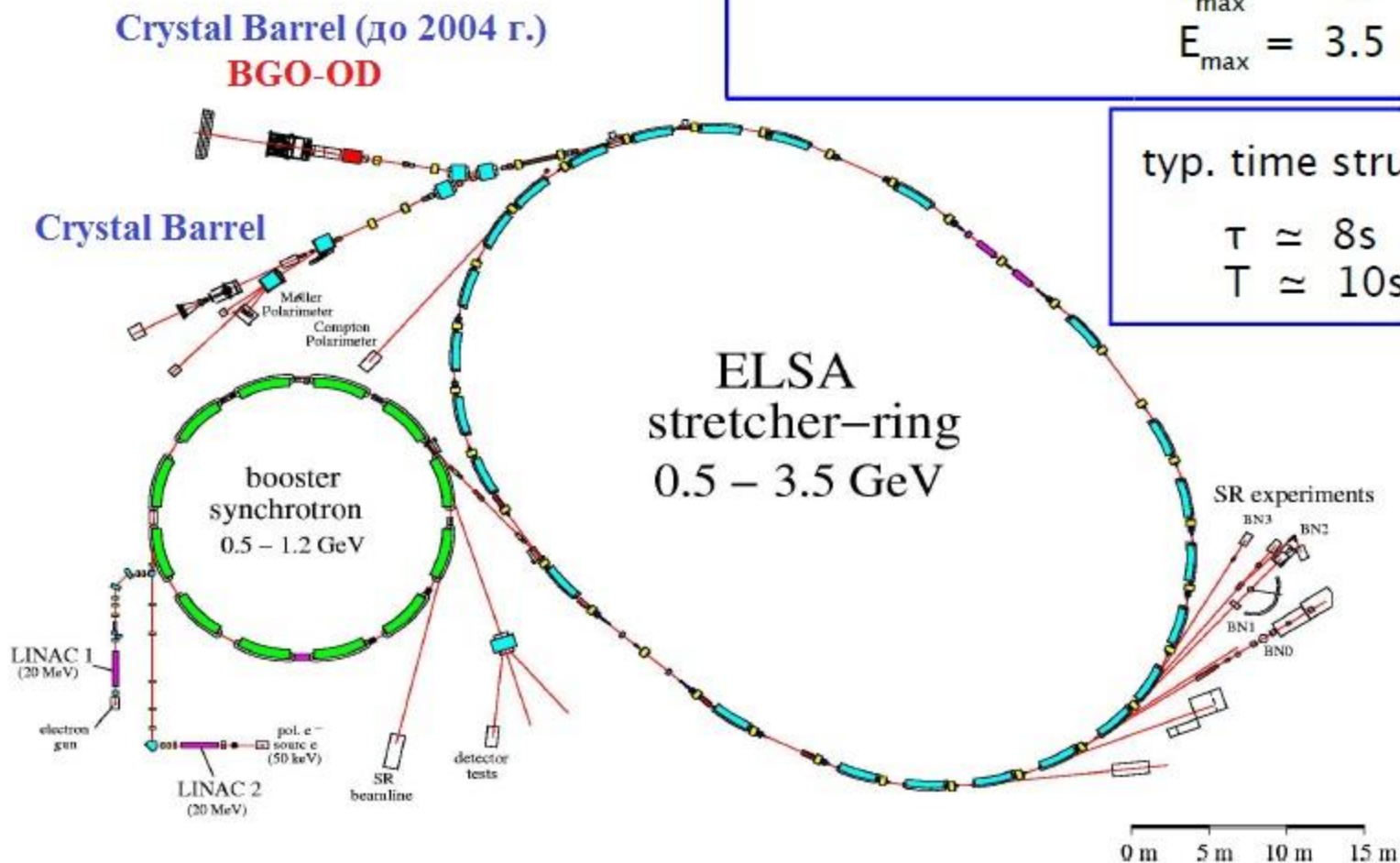
$$I_{\max} \approx 3\text{ nA}$$

$$E_{\max} = 3.5\text{ GeV}$$

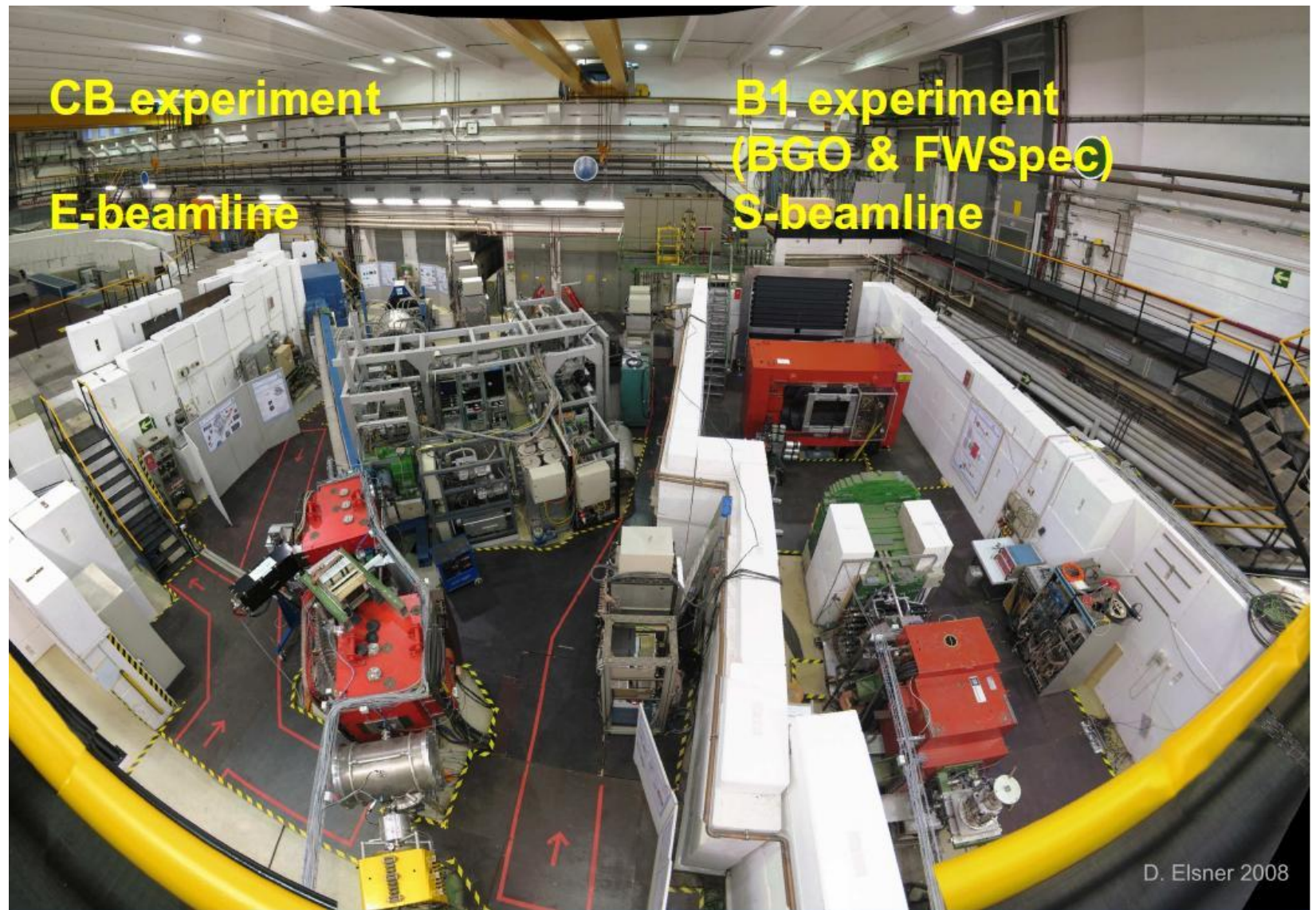
typ. time structure

$$\tau \approx 8\text{ s}$$

$$T \approx 10\text{ s}$$



ELectron Stretcher Accelerator (ELSA)



D. Novinsky (PNPI), 21.10.2014

Collaboration CB-ELSA

Helmholtz-Institut für Strahlen- und Kernphysik, Universität Bonn, Germany

Physikalisches Institut, Universität Gießen, Germany

Department of Physics, Florida State University, Tallahassee, USA

Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Russia

Kernfysisch Versneller Instituut, Groningen, The Netherlands

Physikalisches Institut, Universität Bonn, Germany

Institut für Physik, Universität Basel, Switzerland

Участники от Лаборатории мезонной физики:

Д.Е. Баядилов, Ю.А. Белоглазов, А.Б. Гриднев, И.В. Лопатин,
Д.В. Новинский, А.К. Радьков, В.В. Сумачёв ПИЯФ ОТФ

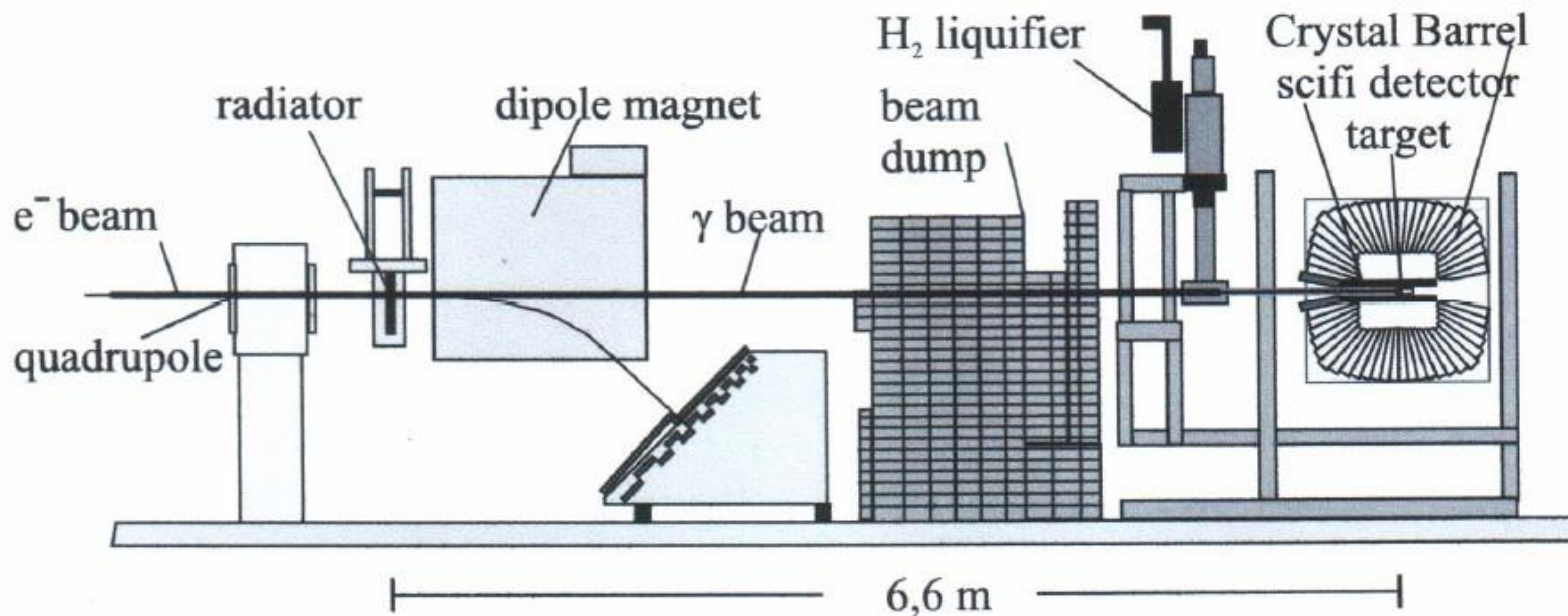
Саранцев А.В., Анисович А.В., Никонов В.А.

–BoGa(Uni-Bonn, PNPI)

Collaboration CB-ELSA

❖ Начало работ по подготовке эксперимента - 1998

❖ Запуск установки 1999-2000



➤ Сборка детектора Crystal Barrel

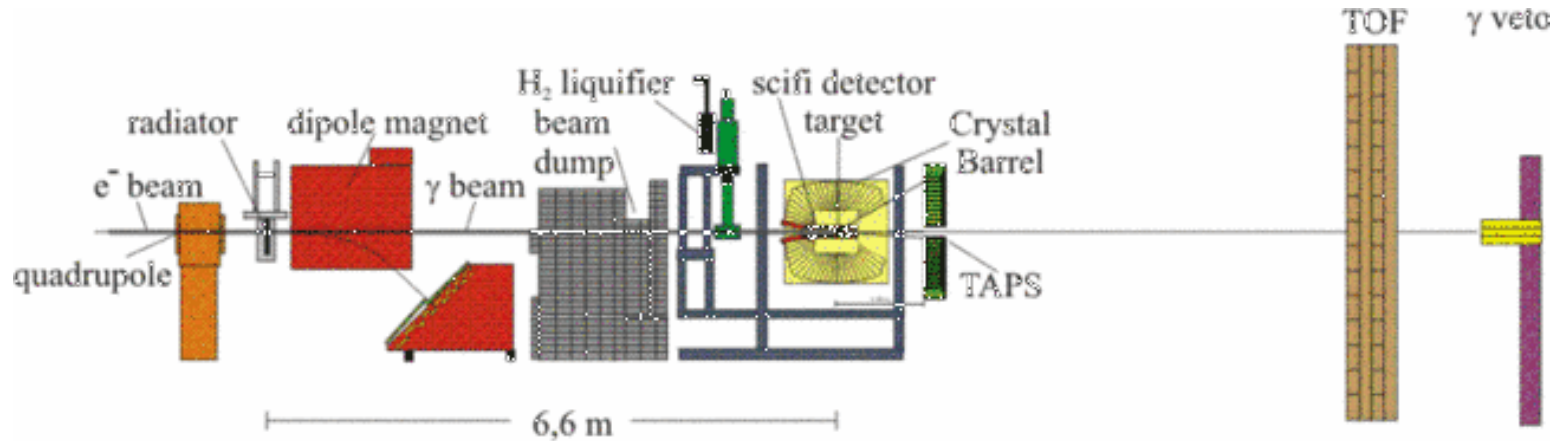
➤ Коммуникации

➤ Ремонт и испытание верхней (из двух) проп. камеры

Collaboration CB-ELSA

❖ Модернизация установки – 2000-2001

❖ Запуск установки, набор данных 2001-2004



➤ Дизайн и производство детектора меченных гамма-квантов SciFi с высоким импульсным разрешением (480 сцинтилляторов)

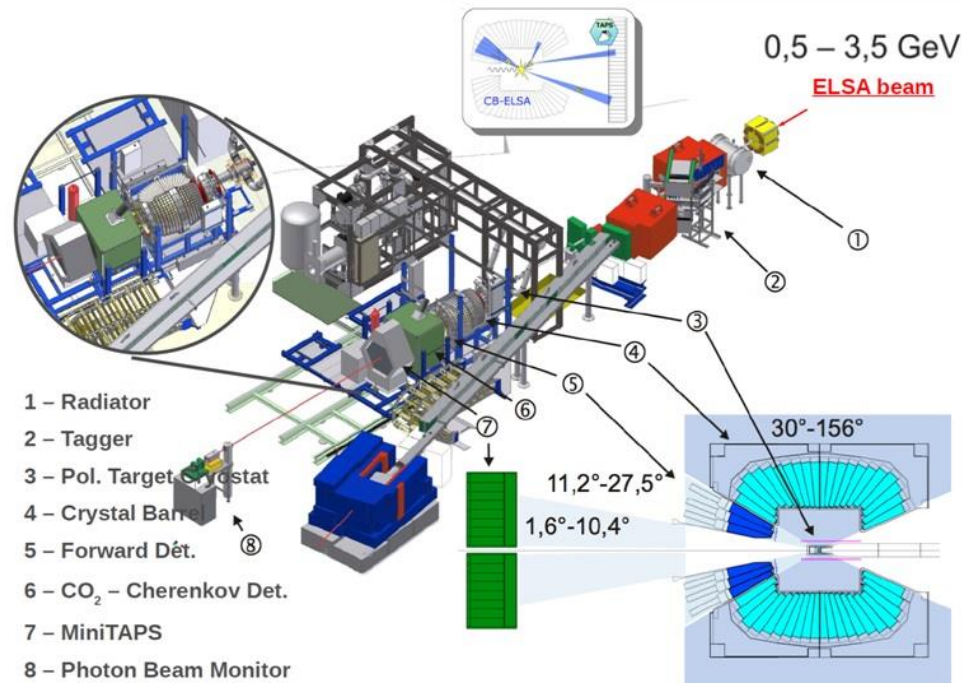
➤ Производство и настройка программноуправляемых 16-канальных дискриминаторов с минимальным порогом $\sim 5-7$ мВ

➤ Участие в наборе данных

Collaboration CB-ELSA

❖ Модернизация и перенос установки – 2004-2005

❖ Запуск установки, набор данных 2005-января 2014



➤ Дизайн и производство спектрометра для передней полусферы Forward Plug на основе кристаллов ScI(Tl) и ФЭУ (90 кристаллов), veto-counters

➤ Дизайн и производство прототипа калориметра с использованием силиконовых фотоумножителей SiPM (9 кристаллов)

➤ Закупка и проверка 16 канальных ФЭУ Hamamatsu 6568

➤ Участие в наборе данных


Collaboration CB-ELSA

Существенный этап модернизации экспериментальной установки – разработка двух дополнительных форвардных детекторов, позволяющих регистрировать фотоны и заряженные частицы, вылетающие под малыми углами – вплоть до $\pm 1^\circ$.

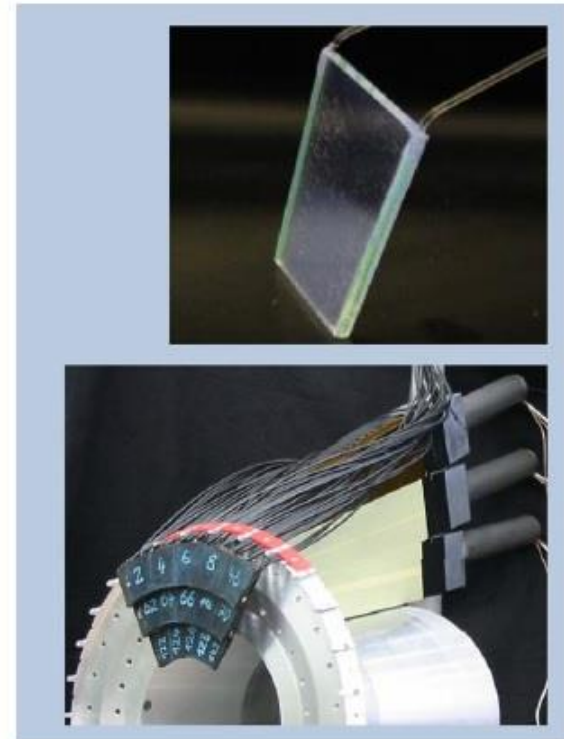
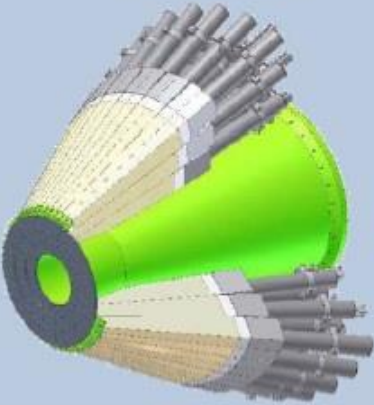
Один из них (именуемый **Forward Plug**) состоит из 90 кристаллов CsI(Tl).

The 30° Forward-Calorimeter

- 90 CsI(Tl) crystals (θ : 27.5°-11.2°)
- $\Delta\theta$: 6° $\Delta\phi$: 12°
- PMT readout
- 12-Bit dual range ADC
1 MeV – 250 MeV / 2 GeV



- free running clusterfinder (SRAM lookup-table)
1st level trigger (<70 ns)
- MultiHit TDC
- photon time resolution 1.7 ns (FWHM)



Collaboration CB-ELSA

- ❖ Финансовое обеспечение – совместный российско-германский научный грант (РФФИ-DFG), 2000-2009 гг.
- ❖ Всего было получено 3 трехлетних гранта, 108 человеко-месяцев + краткосрочные контракты (~ 20 человеко-месяцев)
- ❖ Участие в подготовке к экспериментам
- ❖ Участие в сменах (набор данных) – всего $\sim 250 \cdot 8 = 2000$ часов ($1500 \cdot 8 \cdot 2$)
- ❖ Обработка данных ($\gamma p \rightarrow \eta p$)
- ❖ Оформление нового гранта было приостановлено из-за изменений условий DFG

- ❖ Оформление нового гранта было приостановлено из-за изменений условий его предоставления (DFG)

- Проблема недостающих резонансов
- Барионная спектроскопия (массы, ширины, моды распада)
- Связанные состояния в ядрах (η , η' , ω)

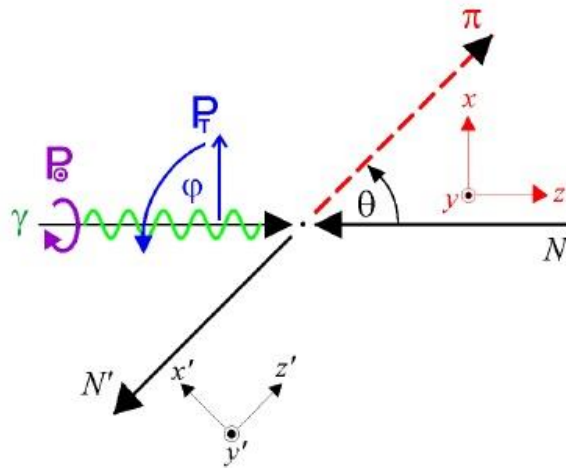
- ❖ Измерение сечений (σ , $d\sigma/d\Omega$)
- ❖ Измерение поляризационных наблюдаемых (pol. $Ream$ + H_2 , D_2)
- ❖ Измерение двойных поляризационных наблюдаемых

Photon polarization		Target polarization	Recoil nucleon polarization	Target and recoil polarizations
		X Y Z _(beam)	X' Y' Z'	X' X' Z' Z' X Z X Z
unpolarized	σ	- T -	- P -	T_x L_x T_z L_z
linear	Σ	H (-P) G	O_x (-T) O_z	(-L _z) (T _z) (L _x) (-T _x)
circular	-	F - E	C_x - C_z	- - - -

For Meson Photoproduction:

- 16 possible observables for each individual channel
- 8 are needed for complete experiment for each channel
- for amplitude analysis
- Recoil Polarization must be included

16 polarization observables
in photoproduction
of pseudoscalar mesons
 π, η, η', K



- polarized photons and polarized target

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \sigma_0 \left[1 - P_T \Sigma \cos 2\varphi \right. \\ \left. + P_x (-P_T H \sin 2\varphi + P_\odot F) \right. \\ \left. - P_y (-T + P_T P \cos 2\varphi) \right. \\ \left. - P_z (-P_T G \sin 2\varphi + P_\odot E) \right]$$

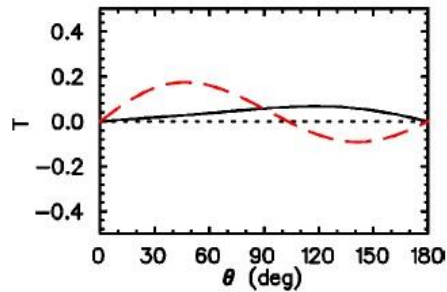
- polarized photons and recoil polarization

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \sigma_0 \left[1 - P_T \Sigma \cos 2\varphi \right. \\ \left. + P_{x'} (-P_T O_{x'} \sin 2\varphi - P_\odot C_{x'}) \right. \\ \left. - P_{y'} (-P + P_T T \cos 2\varphi) \right. \\ \left. - P_{z'} (P_T O_{z'} \sin 2\varphi + P_\odot C_{z'}) \right]$$

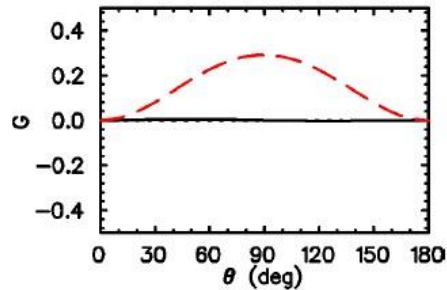
- polarized target and recoil polarization

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \sigma_0 \left[1 + P_{y'} P + P_x (P_{x'} T_{x'} + P_{z'} T_{z'}) \right. \\ \left. + P_y (T + P_{y'} \Sigma) - P_z (P_{x'} L_{x'} - P_{z'} L_{z'}) \right]$$

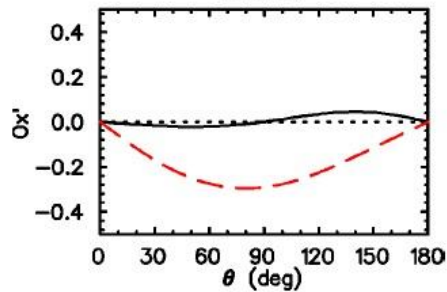
$W=1506$ MeV



T around 30° - 60° and 120° - 150°



G between 45° - 135°



Ox' between 30° - 150°

A.V. Anisovich, R. Beck, E. Klempt, V.A. Nikonov, A.V. Sarantsev, and U. Thoma. Properties of baryon resonances from a multichannel partial wave analysis, Eur.Phys.J. A48 (2012) 15

Table 2. Pion induced reactions fitted in the coupled-channel analysis and χ^2 contributions for the solution BG2011-02.

$\pi^- p \rightarrow \eta n$	Observ.	N_{data}	w_i	χ_i^2/N_{data}
[15]	$d\sigma/d\Omega$	70	20	1.47
[16]	$d\sigma/d\Omega$	84	30	2.98
$\pi^- p \rightarrow K^0 \Lambda$	Observ.	N_{data}	w_i	χ_i^2/N_{data}
[17]	$d\sigma/d\Omega$	300	30	0.90
[18,19]	$d\sigma/d\Omega$	298	30	2.30
[18,19]	P	355	30	1.77
[20]	β	72	70	1.06
$\pi^+ p \rightarrow K^+ \Sigma^+$	Observ.	N_{data}	w_i	χ_i^2/N_{data}
[21,22,23,24,25]	$d\sigma/d\Omega$	728	35	1.46
[21,22,23,24,25,26]	P	351	30	1.57
[27]	β	7	600	2.04
$\pi^- p \rightarrow K^0 \Sigma^0$	Observ.	N_{data}	w_i	χ_i^2/N_{data}
[28]	$d\sigma/d\Omega$	259	30	0.98
[28]	P	95	30	1.30

Table 3. Reactions leading to 3-body final states included in the event-based likelihood fits; likelihood values for the solution BG2011-02. CB stands for CB-ELSA; CBT for CBELSA/TAPS.

$\gamma p \rightarrow \pi^0 p$	Observ.	N_{data}
[40] (TAPS@MAMI)	$d\sigma/d\Omega$	1692
[41,42] (GDH A2)	$d\sigma/d\Omega$	164
[43] (GRAAL)	$d\sigma/d\Omega$	861
[44,45] (CB)	$d\sigma/d\Omega$	1106
[46] (CLAS)	$d\sigma/d\Omega$	592
[47] (CBT)	$d\sigma/d\Omega$	540
[43,48,49,50,51,52,53,54,55]	Σ	1492
[56] (CBT)	Σ	374
[49,50,51,57,58,59,60,61,62,63,64,65,66]	T	389
[49,50,51,66,67,68,69,70]	P	607
[71,72]	G	75
[71]	H	71
[41,42]	E	140
[69,73]	$O_{x'}$	7
[69,73]	$O_{z'}$	7
$\gamma p \rightarrow \pi^+ n$	Observ.	N_{data}
[74,75,76,77,78,79,80,81,82,83,84,85]	$d\sigma/d\Omega$	1583
[42,86] (GDH A2)	$d\sigma/d\Omega$	408
[87] (CLAS)	$d\sigma/d\Omega$	484
[55,88,89,90,91,92,93,94,95,96,97,98]	Σ	899
[93,94,99,100,101,102,103,104,105,106,107,108,109]	T	661
[93,94,110]	P	252
[72,111,112]	G	86
[111,112,113]	H	128
[42,86]	E	231

J. Hartmann, et al., The N(1520)3/2- helicity amplitudes from an energy-independent multipole analysis based on new polarization data

accepted for publication in Phys. Rev. Lett.

E. Gutz et al., High statistics study of the reaction $\gamma p \rightarrow p\pi^0\eta$

Eur. Phys. J. A50 (2014) 74

M. Gottschall et al., First measurement of the helicity asymmetry for $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ in the resonance region

Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 012003

M. Nanova et al., Determination of the η -nucleus optical potential

Phys. Lett. B727 (2013) 417

A. Thiel et al.,

Well-established nucleon resonances revisited by double-polarization measurements,

Phys.Rev.Lett. 109 (2012) 102001

R. Ewald et al.,

Anomaly in the KS Σ^+ photoproduction cross section off the proton at the K^* threshold

Phys. Lett. B 713 (2012) 180

M. Nanova et al.,

Transparency ratio in $\gamma A \rightarrow \eta' A'$ and the in-medium η' width

Phys.Lett. B710 (2012) 600-606

M. Nanova et al.,

Photoproduction of ω -mesons on nuclei near the production threshold

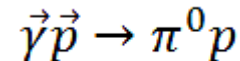
Eur. Phys. J. A47 (2011) 16

R. Ewald et al.,

Anomaly in the KS0 Σ^+ photoproduction cross section off the proton at the K^* threshold

Phys. Lett. B713 (2012) 180

A. Thiel et al.,
Well-established nucleon resonances revisited by double-polarization
measurements, Phys.Rev.Lett. 109 (2012) 102001



В экспериментах, выполняемых на продольно поляризованной мишени при использовании пучка линейно поляризованных фотонов, измеряется двойная поляризационная асимметрия **G**.

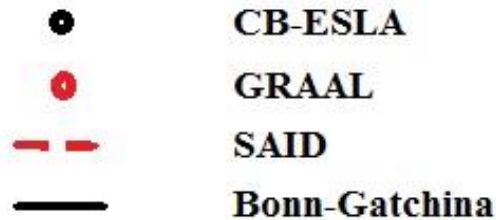
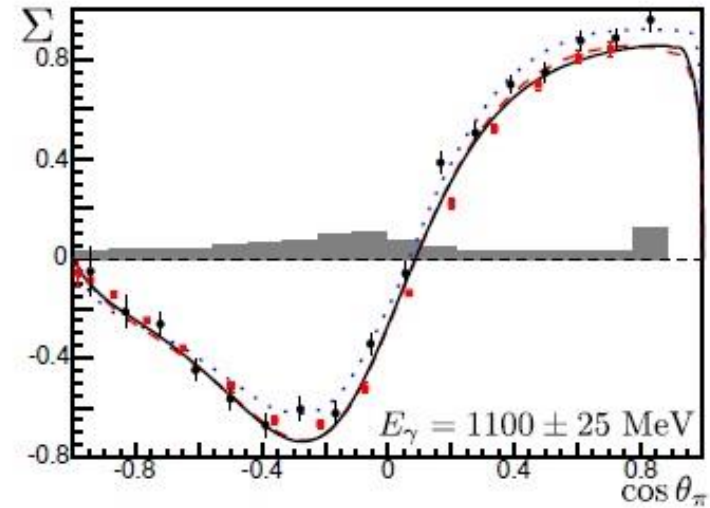
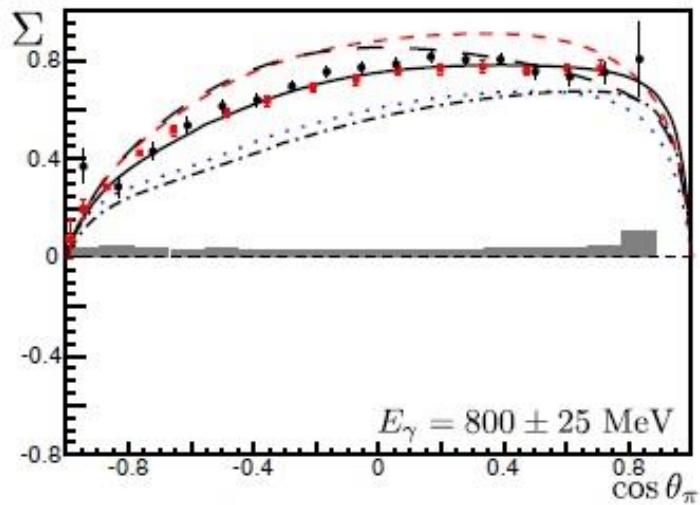
В этом же эксперименте одновременно измеряется пучковая асимметрия **Σ** .

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta, \phi) = \frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) \cdot \left[1 - P_{\gamma}^{lin} \cdot \Sigma(\theta) \cdot \cos(2\phi) - P_z \cdot P_{\gamma}^{lin} \cdot G(\theta) \cdot \sin(2\phi) \right],$$

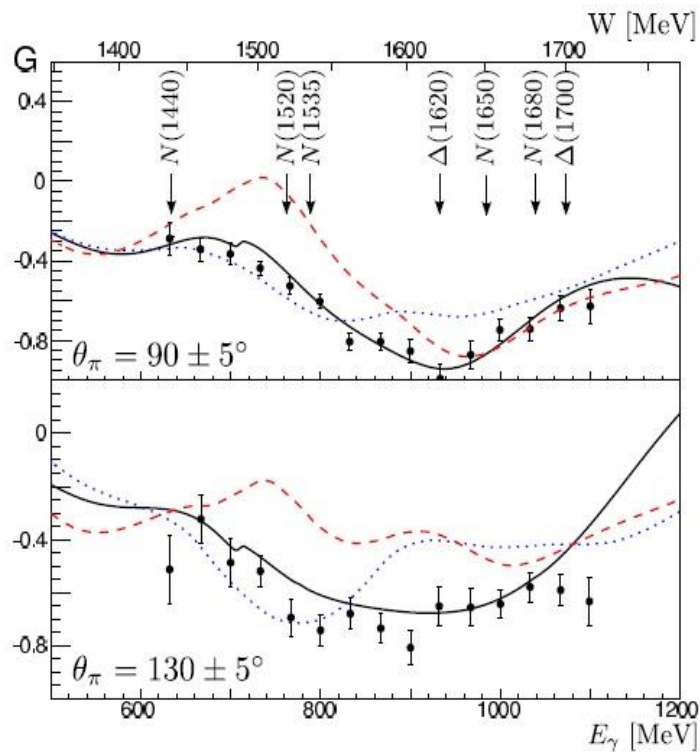
где P_z – величина поляризации мишени, P_{γ}^{lin} – величина линейной поляризации фотонов, ϕ – азимутальная ориентация плоскости реакции относительно плоскости, в которой лежит вектор поляризации фотонов.

CB-ELSA

A. Thiel et al.,
Well-established nucleon resonances revisited by double-polarization
measurements, Phys.Rev.Lett. 109 (2012) 102001



A. Thiel et al.,
**Well-established nucleon resonances revisited by double-polarization
 measurements, Phys.Rev.Lett. 109 (2012) 102001**



E_{0+}	$N(1535)1/2^-$	$N(1650)1/2^-$	$\Delta(1620)1/2^-$	
Solution	$A^{1/2}$	$A^{1/2}$	$A^{1/2}$	
BG2011-02	105 ± 10	33 ± 7	52 ± 5	
MAID-2007	66	33	66	
SAID-2011	99 ± 2	65 ± 25	64 ± 2	
E_{2-}	$N(1520)3/2^-$		$\Delta(1700)3/2^-$	
Solution	$A^{1/2}$	$A^{3/2}$	$A^{1/2}$	$A^{3/2}$
BG2011-02	-22 ± 4	131 ± 10	160 ± 20	165 ± 25
MAID-2007	-27	161	226	210
SAID-2011	-16 ± 2	156 ± 2	109 ± 4	84 ± 2

Table I. Helicity amplitudes of low-lying negative-parity N and Δ resonances contributing to the E_{0+} and E_{2-} multipoles (in $\text{GeV}^{-\frac{1}{2}} 10^{-3}$).

$$E_{0+} \rightarrow N(1535), N(1560), N(1620)$$

$$E_{2-} \rightarrow N(1520), \Delta(1700)$$

SAID, MAID – расхождение

CB+pol. target

J. Hartmann et al. The N(1520)3/2⁻ helicity amplitudes from an energy-independent multipole analysis based on new polarization data
 publisher: accepted for publication in Phys. Rev. Lett. 2014

$$\gamma p \rightarrow \pi^0 p$$

$$N(1520) \rightarrow \pi^0 p ; J(P) = 3/2^- ; (\pi^0 p) L=2$$

$$P(\gamma) = 0,4 (p=700 \text{ MeV}/c); P(\gamma) = 0,65 (p=850 \text{ MeV}/c)$$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_0 \cdot \{ 1 - p_\gamma \Sigma \cos(2(\alpha - \phi)) + p_T T \sin(\beta - \phi) - p_\gamma p_T P \cos(2(\alpha - \phi)) \sin(\beta - \phi) + p_\gamma p_T H \sin(2(\alpha - \phi)) \cos(\beta - \phi) \}$$

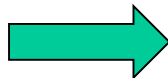
T



$$\Delta N(\phi)_T = \frac{1}{d \cdot p_T} \cdot \frac{N_\uparrow - N_\downarrow}{N_\uparrow + N_\downarrow} = T \cdot \sin(\beta - \phi),$$

$$d(E_\gamma, \theta) = \frac{N_{\text{butanol}} - N_{\text{carbon}}}{N_{\text{butanol}}}$$

P, H



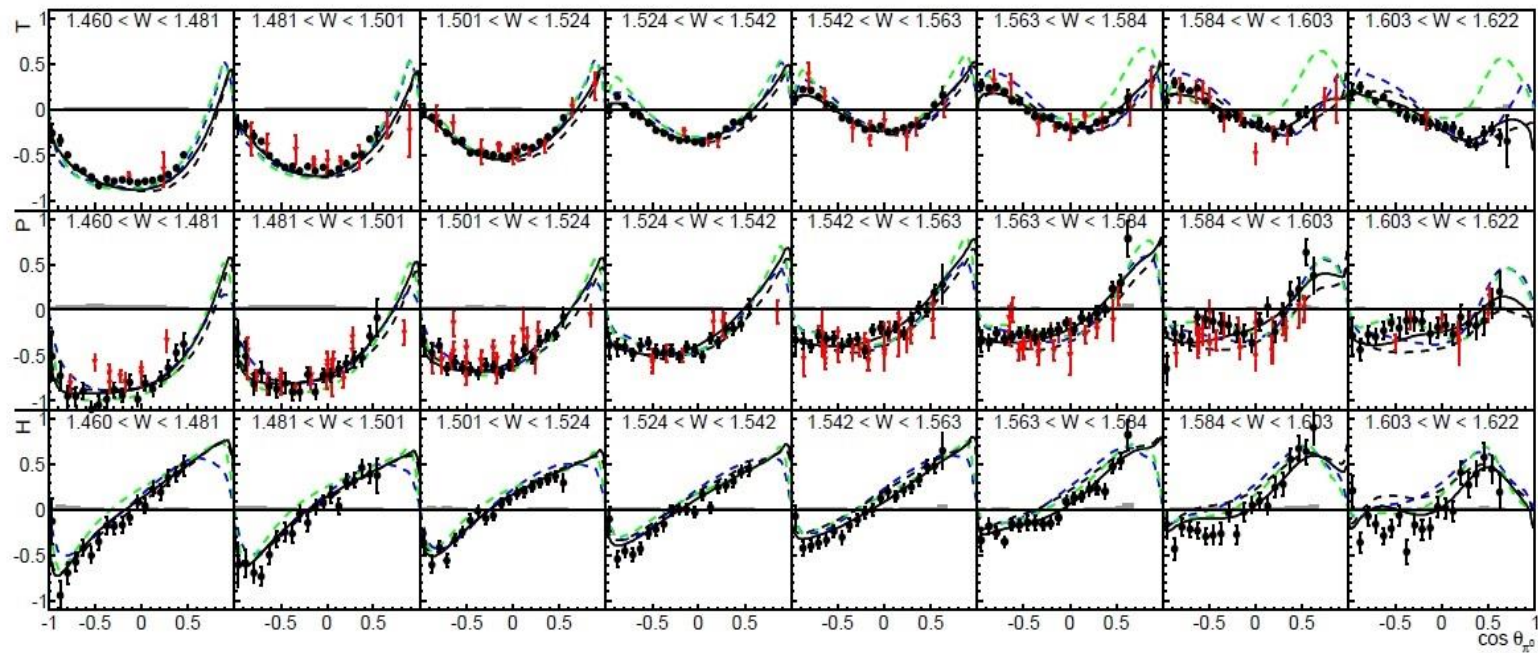
$$\Delta N(\phi)_{BT} = \frac{1}{d \cdot p_\gamma p_T} \cdot \frac{(N_{\perp\uparrow} - N_{\perp\downarrow}) - (N_{\parallel\uparrow} - N_{\parallel\downarrow})}{(N_{\perp\uparrow} + N_{\perp\downarrow}) + (N_{\parallel\uparrow} + N_{\parallel\downarrow})} =$$

$$= P \sin(\beta - \phi) \cos(2(\alpha - \phi)) - H \cos(\beta - \phi) \sin(2(\alpha - \phi))$$

CB+pol. target

J. Hartmann et al. The $N(1520)3/2^-$ helicity amplitudes from an energy-independent multipole analysis based on new polarization data
publisher: accepted for publication in Phys. Rev. Lett. 2014

P, T, H



J. Hartmann et al. The $N(1520)3/2^-$ helicity amplitudes from an energy-independent multipole analysis based on new polarization data
 publisher: accepted for publication in Phys. Rev. Lett. 2014

Table I: The $N(1520) 3/2^-$ helicity amplitudes (in $\text{GeV}^{-1/2}$).

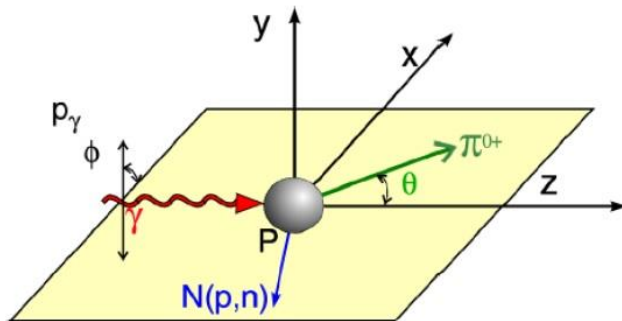
$N(1520) 3/2^-$	this work	CM12 [27]	SN11 [30]	BnGa [20]	PDG [31]
$A_{1/2}$	-0.022 ± 0.009	-0.019 ± 0.002	-0.016 ± 0.002	-0.022 ± 0.004	-0.024 ± 0.009
$A_{3/2}$	0.118 ± 0.021	0.141 ± 0.002	0.156 ± 0.002	0.131 ± 0.010	0.166 ± 0.005

CB+pol. target

M.Gottschall et al. First measurement of the helicity asymmetry for $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ in the resonance region

publisher: Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 012003 2014

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta, \phi) = \frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta)_{unpol} \cdot \left[1 - P_\gamma^{\text{lin}} \Sigma(\theta) \cos(2\phi) \right. \\ \left. + P_x \cdot \left(-P_\gamma^{\text{lin}} H(\theta) \sin(2\phi) + P_\gamma^{\text{circ}} F(\theta) \right) \right. \\ \left. - P_y \cdot \left(+P_\gamma^{\text{lin}} P(\theta) \cos(2\phi) - T(\theta) \right) \right. \\ \left. - P_z \cdot \left(-P_\gamma^{\text{lin}} G(\theta) \sin(2\phi) + P_\gamma^{\text{circ}} E(\theta) \right) \right]$$



Photon Pol.		Target Pol. Axis		
		x	y	z
unpolarized	σ		T	
linear	$-\Sigma$	H	$-P$	$-G$
circular		F		$-E$

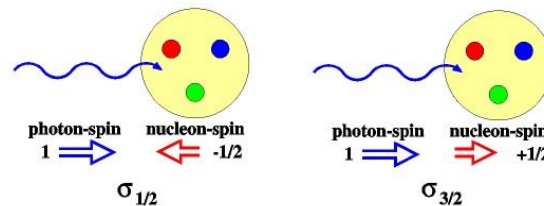
M.Gottschall et al. First measurement of the helicity asymmetry for $\gamma p \rightarrow \pi^0$ in the resonance region

publisher: Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 012003 2014

В экспериментах с использованием пучка циркулярно поляризованных фотонов на продольно поляризованной извлекается параметр E :

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta, \phi) = \frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta) \cdot [1 - P_z \cdot P_\gamma^{circ} E(\theta)]$$

Для этого проводятся измерения сечений при двух направлениях поляризации мишени (т. е. при двух значениях спиральности 1/2 и 3/2)



$$E = \frac{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{1/2} - \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{3/2}}{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{1/2} + \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{3/2}} = \frac{\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{1/2} - \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{3/2}}{2\left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_{unpol}}$$

M.Gottschall et al. First measurement of the helicity asymmetry for $\gamma p \rightarrow p \pi^0$ in the resonance region

publisher: Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 012003 2014

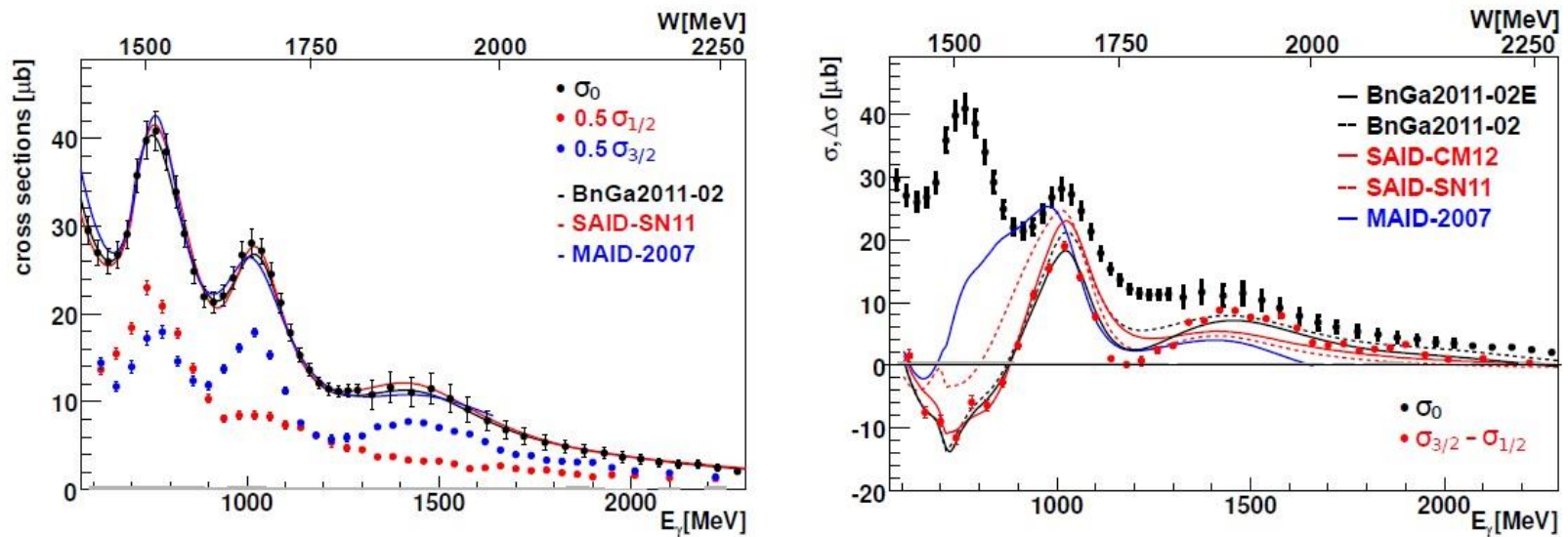
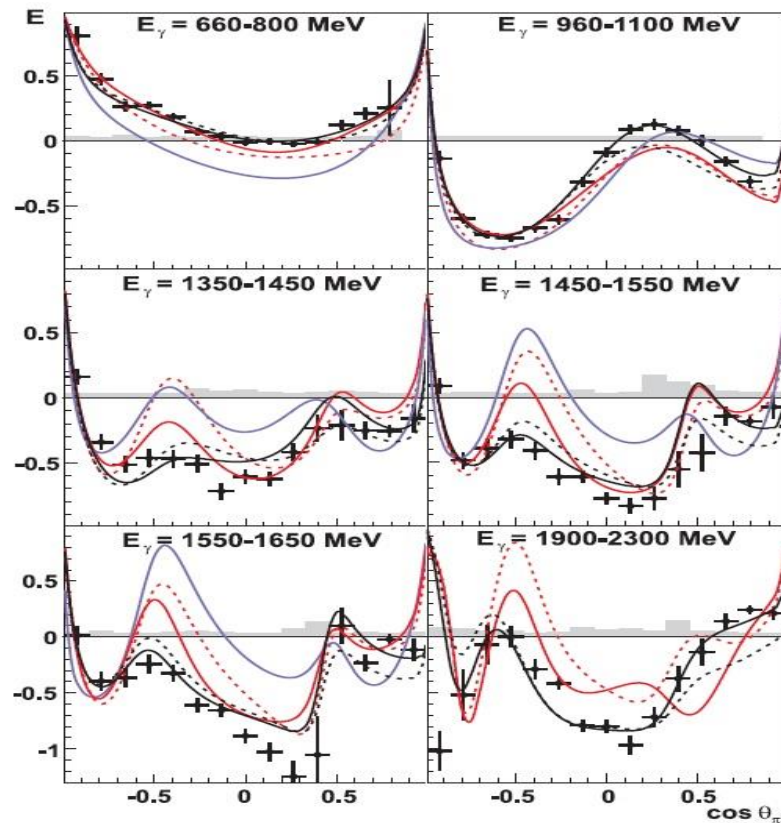


Figure 1: The total cross section σ_0 [28] plotted together with its two helicity components (left) and $\sigma_{3/2} - \sigma_{1/2}$ (right) as a function of E_γ . The error bars give the statistical errors, the systematic errors are shown as a dark gray band.

CB+pol. target

M.Gottschall et al. First measurement of the helicity asymmetry for $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ in the resonance region

publisher: Phys. Rev. Lett. 112 (2014) 012003 2014



CB+pol. target

M.Gottschall et al. First measurement of the helicity asymmetry for $\gamma p \rightarrow p\pi^0$ in the resonance region

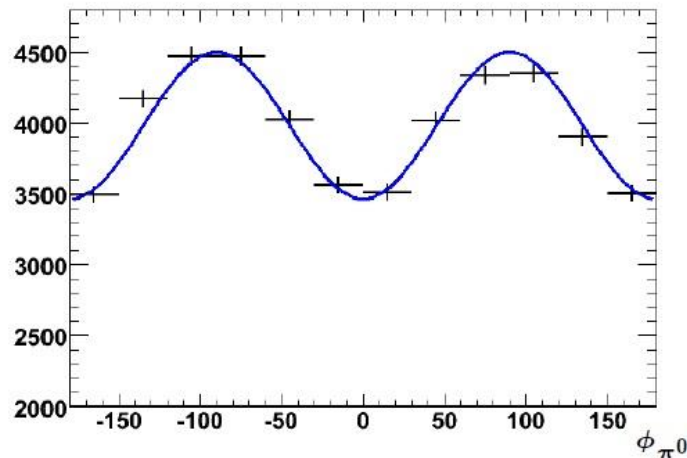
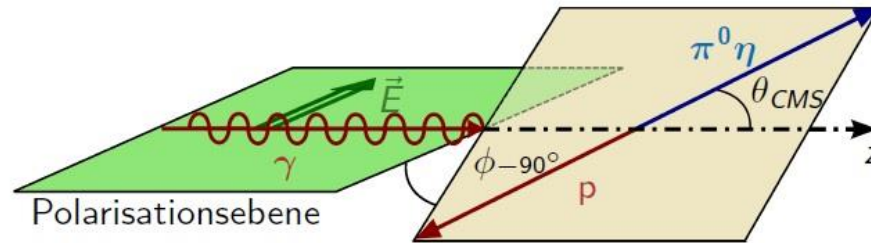
	MAID2007	SN11	CM12	BnGa2011	BnGa2011E		MAID2007	SN11	CM12	BnGa2011	BnGa2011E
N(1440)						N(1520)					
M	1440	1485	1485	1430±8	1430±8		1530	1515	1515±3	1517±3	1516±2
Γ	350	284	284	365±35	360±30		130	104	104±5	114±5	113±5
BR(N π)	70	79	79	62±3	62±3		60	63	63±3	62±3	62±2
$A_{1/2}$	-61	-58±1	-56±1	-61±6	-62±8		-27	-16±2	-19±2	-22±4	-20±3
$A_{3/2}$							161	156±2	141±2	131±10	131±7
N(1535)						N(1650)					
M	1535	1547	1547	1519±5	1518±4		1690	1635	1635	1651±6	1651±6
Γ	100	188	188	128±14	125±10		100	115	115	104±10	102±10
BR(N π)	40	36	36	54±5	55±5		85	100	100	51±4	50±4
$A_{1/2}$	66	99±2	128±4	105±10	105±9		33	65±25	55±30	33±7	33±7
$\Delta(1620)$						$\Delta(1950)$					
M	1620	1615	1615	1600±8	1598±6		1945	1921	1921	1915±6	1915±5
Γ	150	147	147	130±11	130±8		280	271	271	246±10	249±8
BR(N π)	25	32	32	28±3	28±3		40	47	47	45±2	46±2
$A_{1/2}$	66	64±2	29±3	52±5	52±5		-94	-71±2	-83±4	-71±4	-70±5
$A_{3/2}$							-121	-92±2	-96±4	-94±5	-93±5

Table I: Properties of selected low-mass nucleon resonances. Breit-Wigner mass, width, and $N\pi$ partial decay width as defined in [9] are given in MeV, the helicity amplitudes in $10^{-3} \text{ GeV}^{-1/2}$.

E. Gutz et al. High statistics study of the reaction $\gamma p \rightarrow p \pi^0 \eta$

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_0 [1 + \delta_I \Sigma \cos(2\phi)]$$

R.P. Worden, Nucl. Phys. B 37 (1972) 253



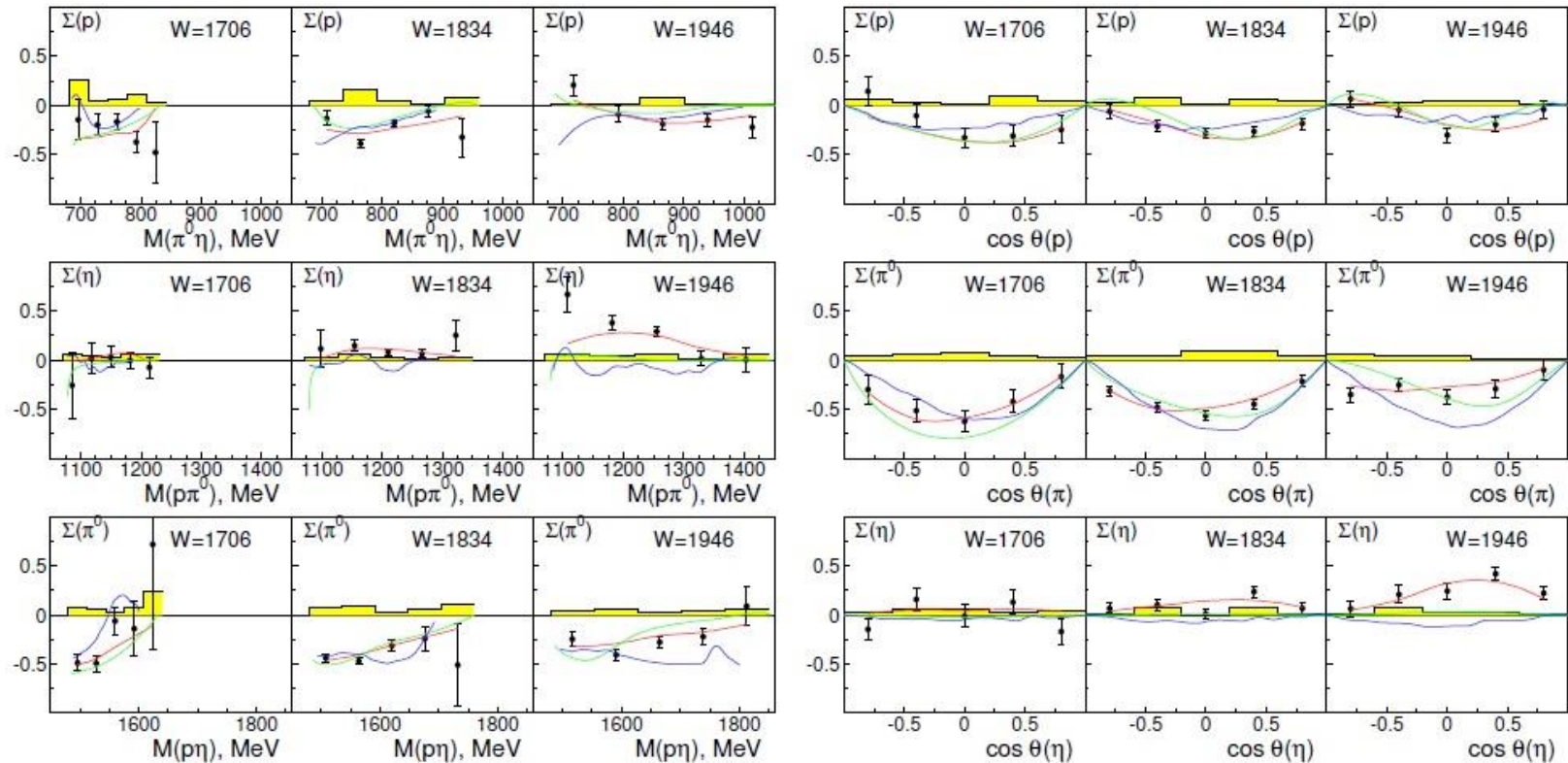
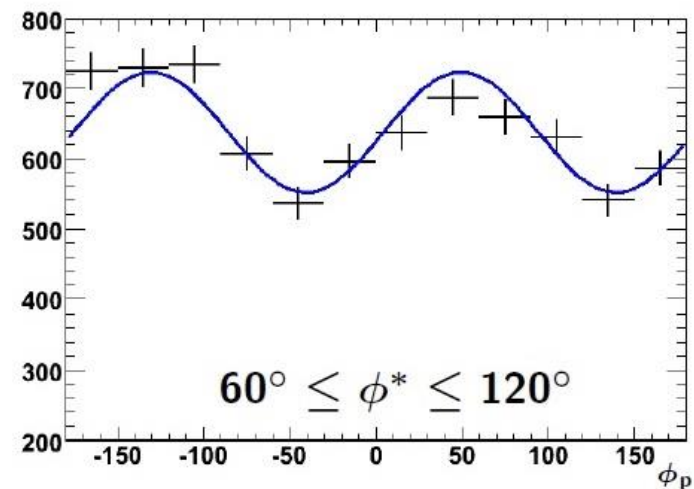
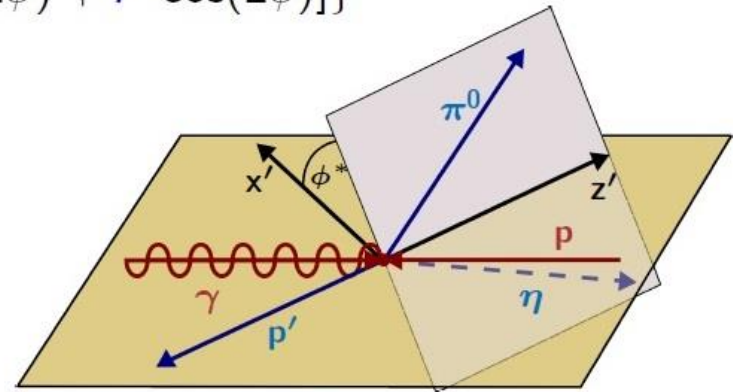


Fig. 31. Two-body beam asymmetry Σ for the reaction $\gamma p \rightarrow p\pi^0\eta$. Top to bottom: incoming photon energy ranges 1085 ± 115 MeV, 1325 ± 125 MeV, 1550 ± 100 MeV. Left: Asymmetries obtained from the ϕ -distributions of the recoiling (left to right) p , η , π^0 as function of the invariant mass of the other two particles [67]. Right: The same as function of the $\cos \theta$ of the recoiling particle. Systematic error estimate from acceptance studies (yellow). Curves: BnGa-PWA (red), Fix et al. [69] (green), Döring et al. [50] (blue).

CB+TAPS

$$\frac{d\sigma}{d\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega}\right)_0 \{1 + \delta_I [I^S \sin(2\phi) + I^C \cos(2\phi)]\}$$

- ▶ $I^S(\phi^*) = \sum_{n=1} a_n \sin(n\phi^*)$
- ▶ $I^C(\phi^*) = a_0 + \sum_{n=1} a_n \cos(n\phi^*)$
- ▶ $I^C \rightarrow \Sigma$



CB+TAPS

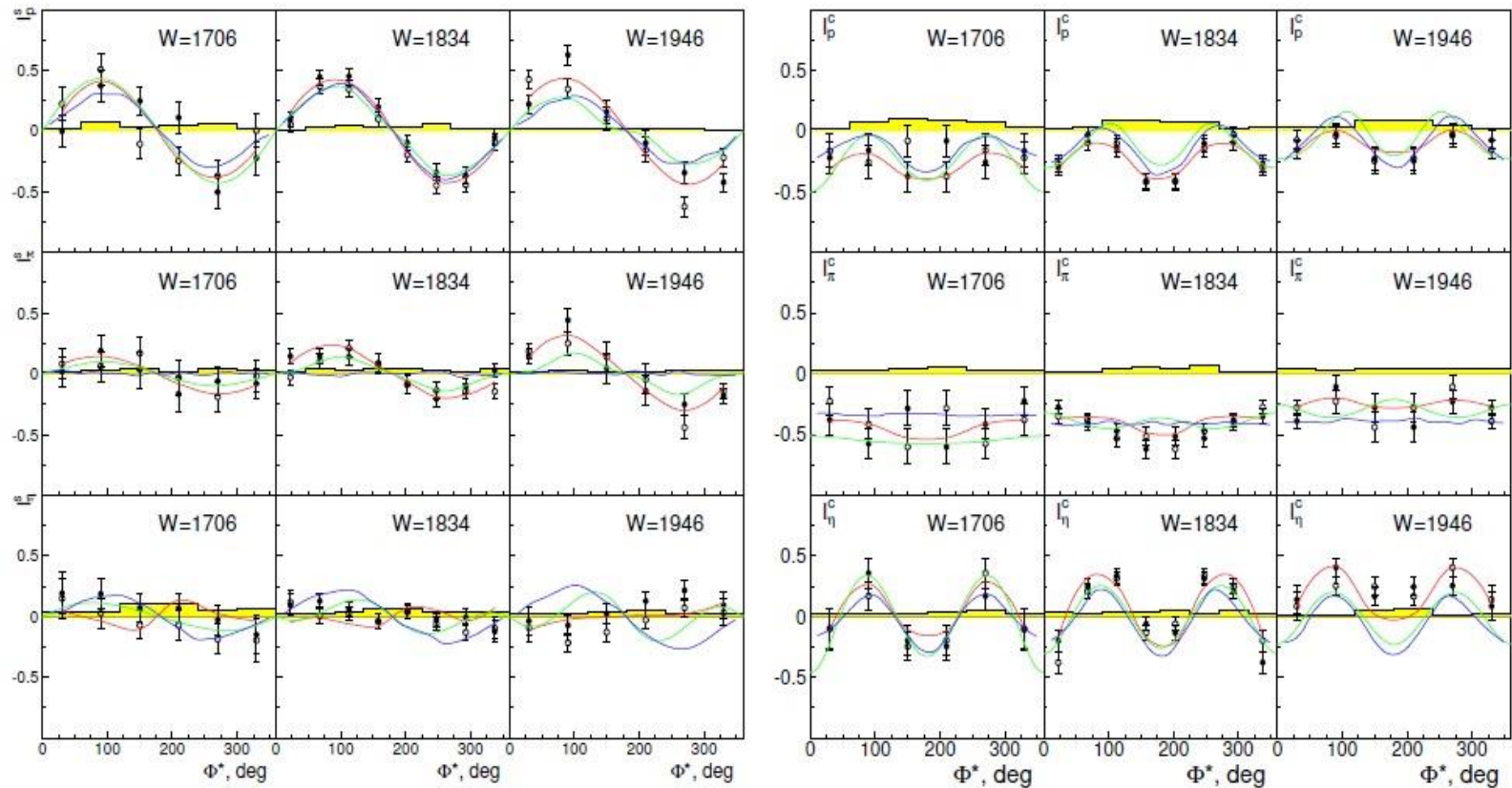


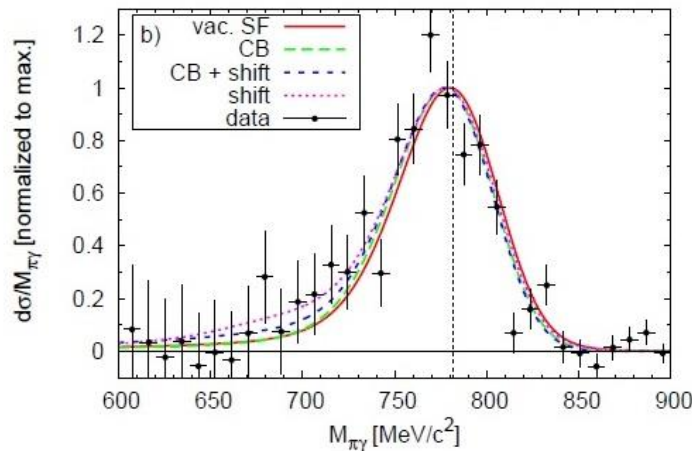
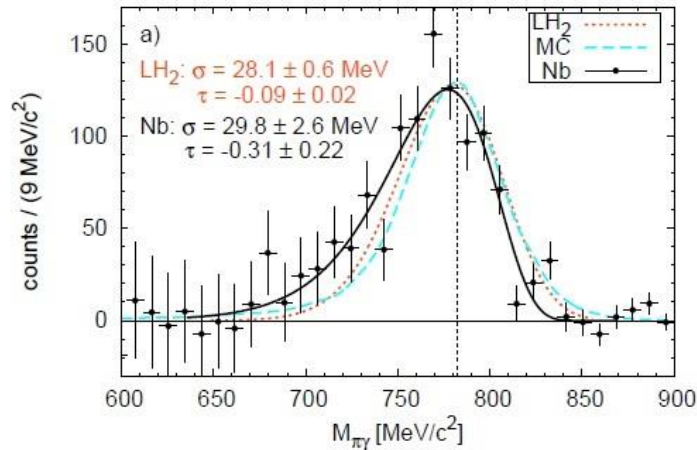
Fig. 32. Three-body beam asymmetries I^s (left) and I^c (right) [49]. Closed symbols: $I^s(\phi^*)$ ($I^c(\phi^*)$) as extracted from the data, open symbols: $(-I^s(2\pi - \phi^*), I^c(2\pi - \phi^*))$ see eqs. (23), (22) Grey bars: Systematic error estimate from acceptance studies. Curves: BnGa-PWA (red), Fix et al. [69] (green), Döring et al. [50] (blue).

CB+TAPS

Table 3. Branching ratios of nucleon and Δ resonances

Resonance	πN	$N(1535)\pi$	$\Delta(1232)\eta$
$N(1710)1/2^+$	$5\pm 3\%$	$15\pm 6\%$	-
$N(1880)1/2^+$	$6\pm 3\%$	$8\pm 4\%$	-
$N(1900)3/2^+$	$3\pm 3\%$	$7\pm 3\%$	-
$N(2100)1/2^+$	$3\pm 2\%$	$22\pm 8\%$	-
$N(2120)3/2^-$	$5\pm 3\%$	$15\pm 8\%$	-
$\Delta(1700)3/2^-$	$22\pm 4\%$	$1\pm 0.5\%$	$5\pm 2\%$
$\Delta(1900)1/2^-$	$7\pm 2\%$	-	$1\pm 1\%$
$\Delta(1905)5/2^+$	$13\pm 2\%$	$\leq 1\%$	$4\pm 2\%$
$\Delta(1910)1/2^+$	$12\pm 3\%$	$5\pm 3\%$	$9\pm 4\%$
$\Delta(1920)3/2^+$	$8\pm 4\%$	$\leq 2\%$	$11\pm 6\%$
$\Delta(1940)3/2^-$	$2\pm 1\%$	$8\pm 6\%$	$10\pm 6\%$
$\Delta(1950)7/2^+$	$46\pm 2\%$		$\leq 1\%$

M. Nanova et al.,
Photoproduction of ω -mesons on nuclei near the production threshold
 Eur. Phys. J. A47 (2011) 16



search for in-medium ω mass shift continues for incident photon energies near the production threshold 900 – 1200 MeV (MAMIC)

earlier claim of a dropping ω mass in the nuclear medium not confirmed in an analysis including photon energies up to 2200 MeV

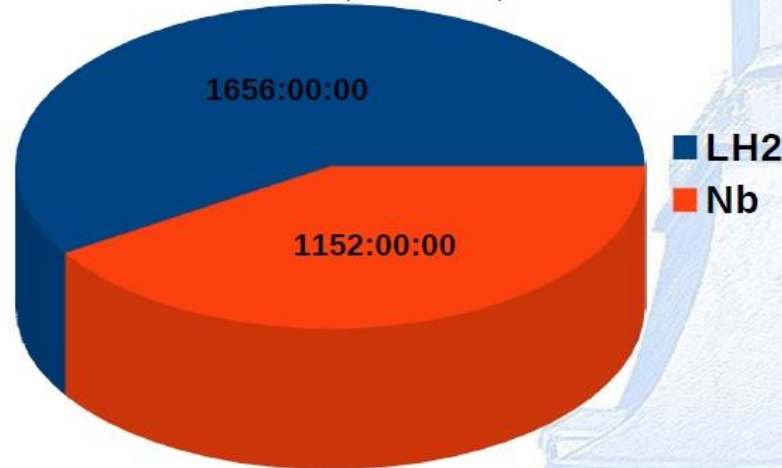
CB-ELSA: Summary and upgrade



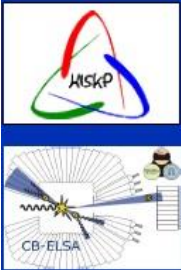
Beam Time Report 2013 / 2014

- Total beam time blocks done: 7 (4 x LH₂ & 3 x Nb)
- Total beam time between July 2013 and Jan 2014: 128 days (80 days for LH₂ & 48 days for Nb)

Beam Time in 2013 & 2014
in Hours (as Documented)



Michael Lang



CB-ELSA: Summary and upgrade

Поляризованная мишень: серьезная модернизация

Водородная мишень: утечка ж. гелия и нестабильная работа насоса

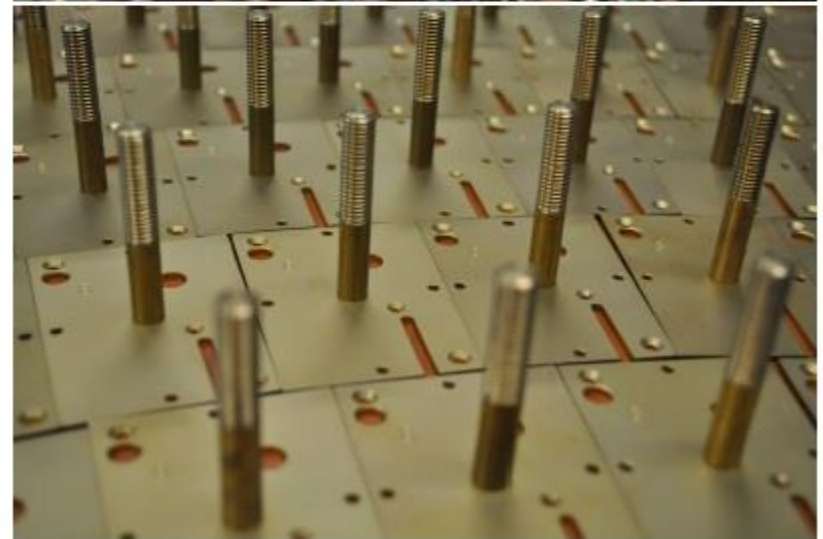
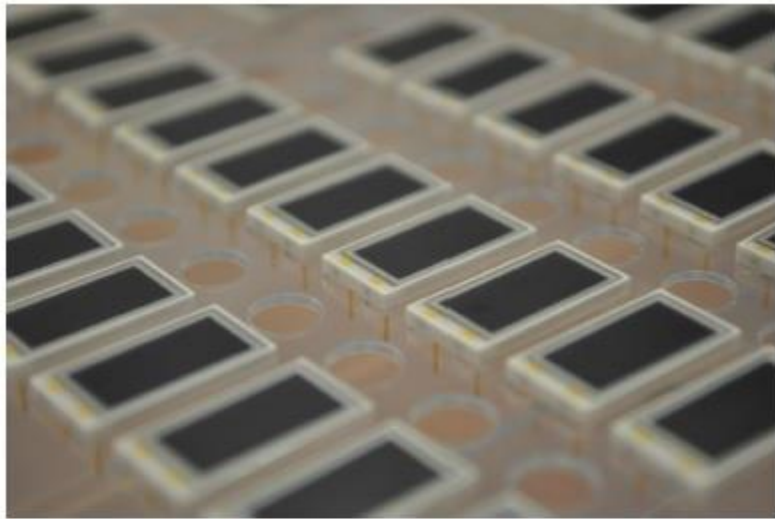
Mini-TAPS → Uni-Giessen

Inner Detector (вокруг мишени): Sci-Fi → TPC

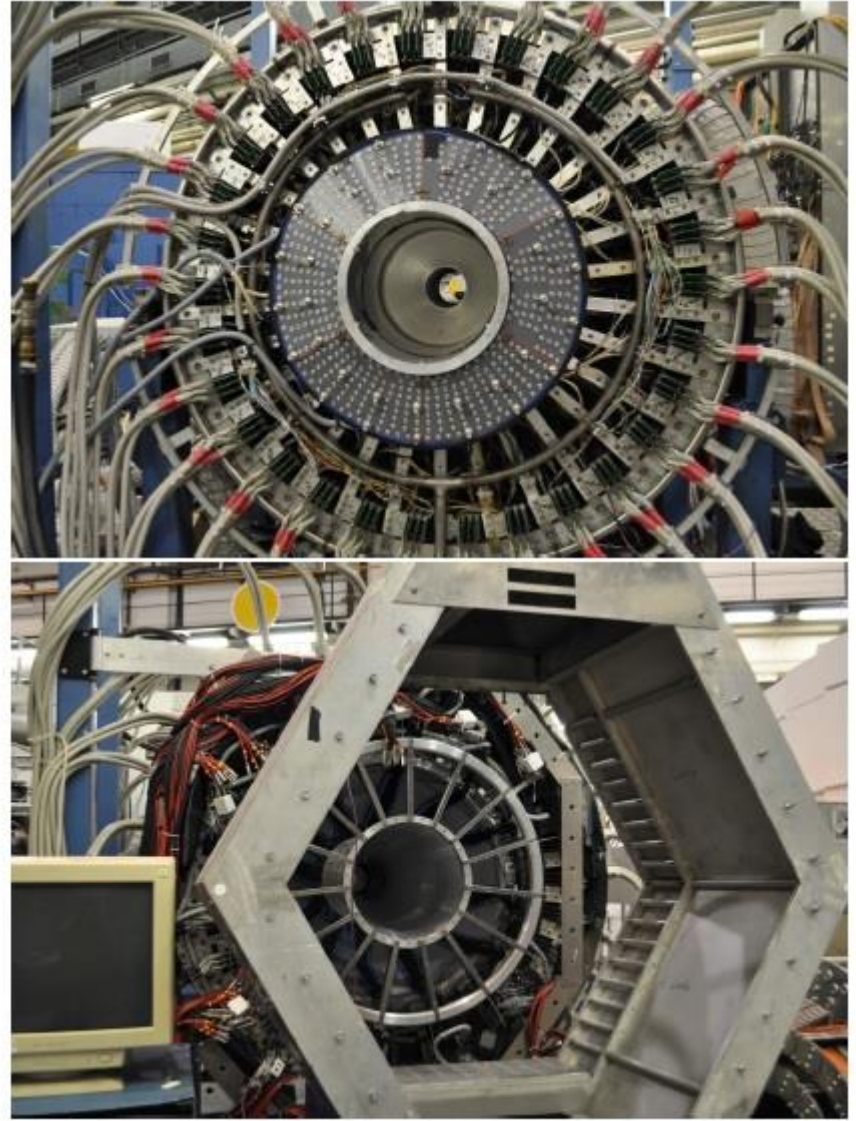
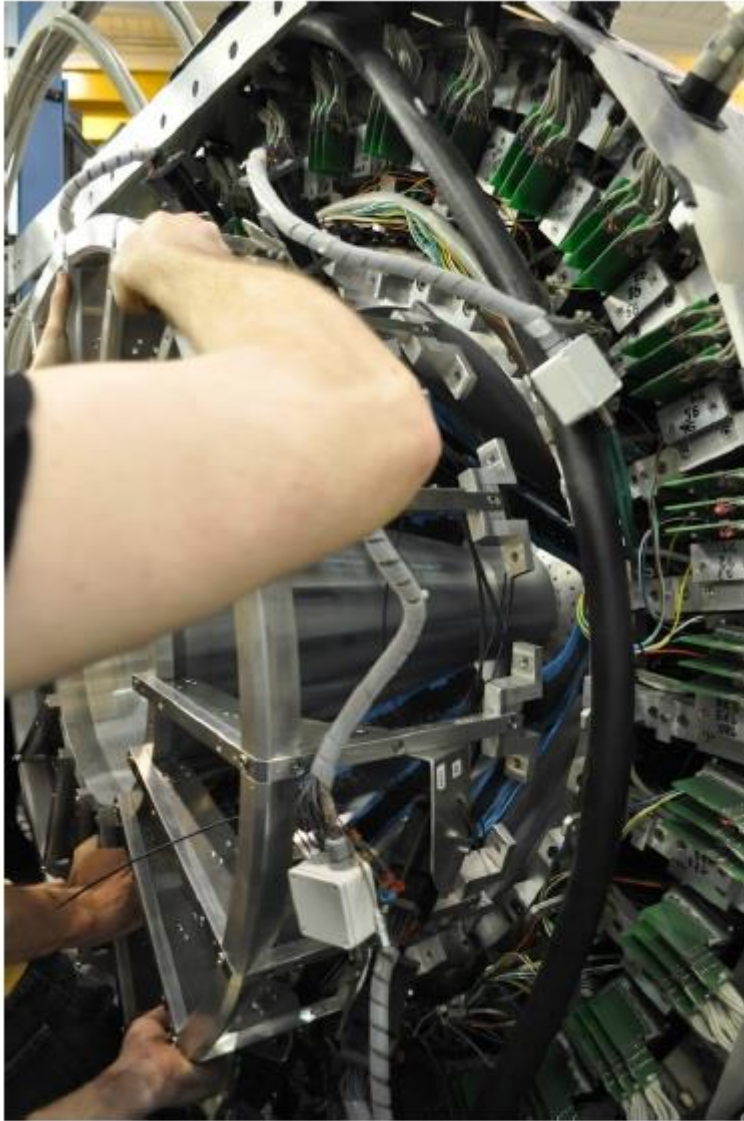
CsI readout → APDs

Модернизация: электроника, триггер, ...

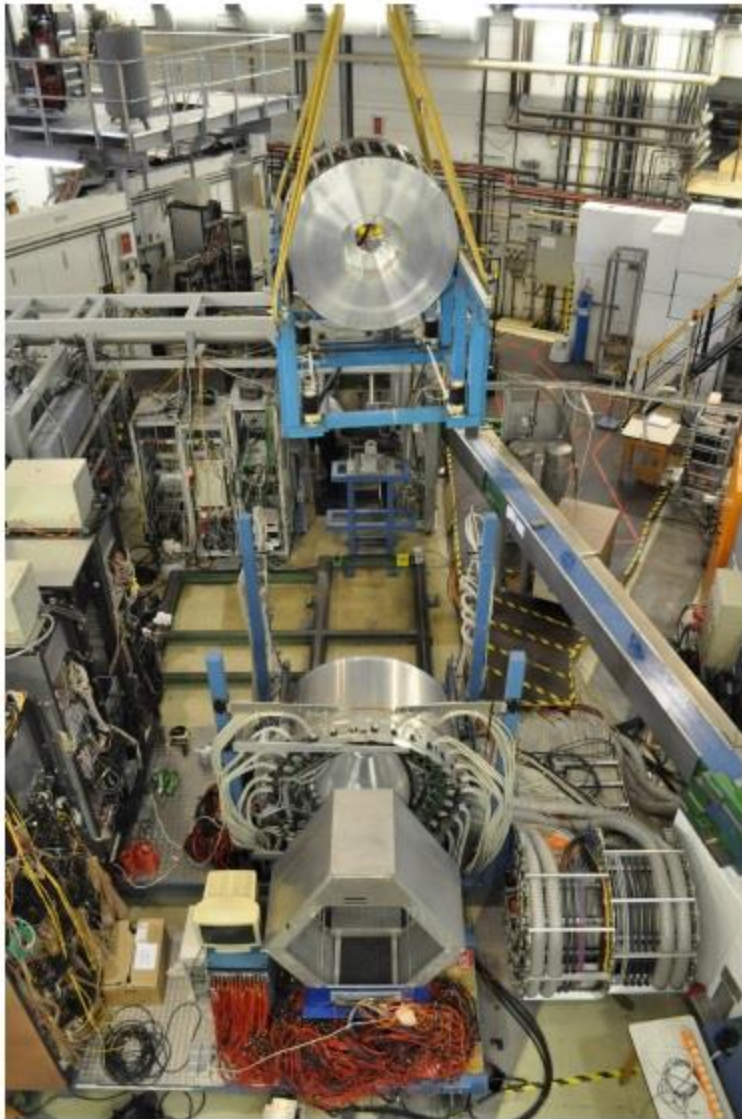
CB-ELSA: Summary and upgrade



CB-ELSA: Summary and upgrade



CB-ELSA: Summary and upgrade



D. Novinsky (PNPI), 21.10.2014

B1-коллаборация на ускорителе ELSA (Бонн)

University of Bonn, Physikalisches Institut, Germany

University of Bonn, Helmholtz Institut für Strahlen- und Kernphysik, Germany

Petersburg Nuclear Physics Institute, Gatchina, Russia

INFN sezione Roma “Tor Vergata”, Italy

University of Roma Tor Vergata and INFN sezione Roma “Tor Vergata”, Italy

Istituto Superiore di Sanit`a and INFN sezione Roma1, Italy

INFN Laboratori Nazionali di Frascati, Italy

INFN sezione Pavia, Italy

University of Messina and INFN sezione Catania, Italy

University of Torino, Italy

University of Edinburgh, UK

National Science Center Kharkov Institution of Physics & Technology, Ukraine

University of Moscow, Russia

University of Basel, Switzerland

publisher: Proceedings 9th International Workshop on the Physics of Excited Nucleons, Peniscola, Spain, 27. - 30. May 2013, Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 26 (2014) 1460093-1 2014

Участники от ПИЯФ

**В.В. Сумачев, Д.Е. Баядилов, А.Б. Гриднев, Н.Г. Козленко, Д.В. Новинский,
Е.А. Филимонов**

**В.С. Козлов, Г. Макаренков, В.В. Голубев, В.И. Тараканов, В.Д. Лебедев
В.Л. Головцов, Л.Н. Уваров, В.И. Яцюра, Э.М. Спириденков, Н.Ф. Бондарь**

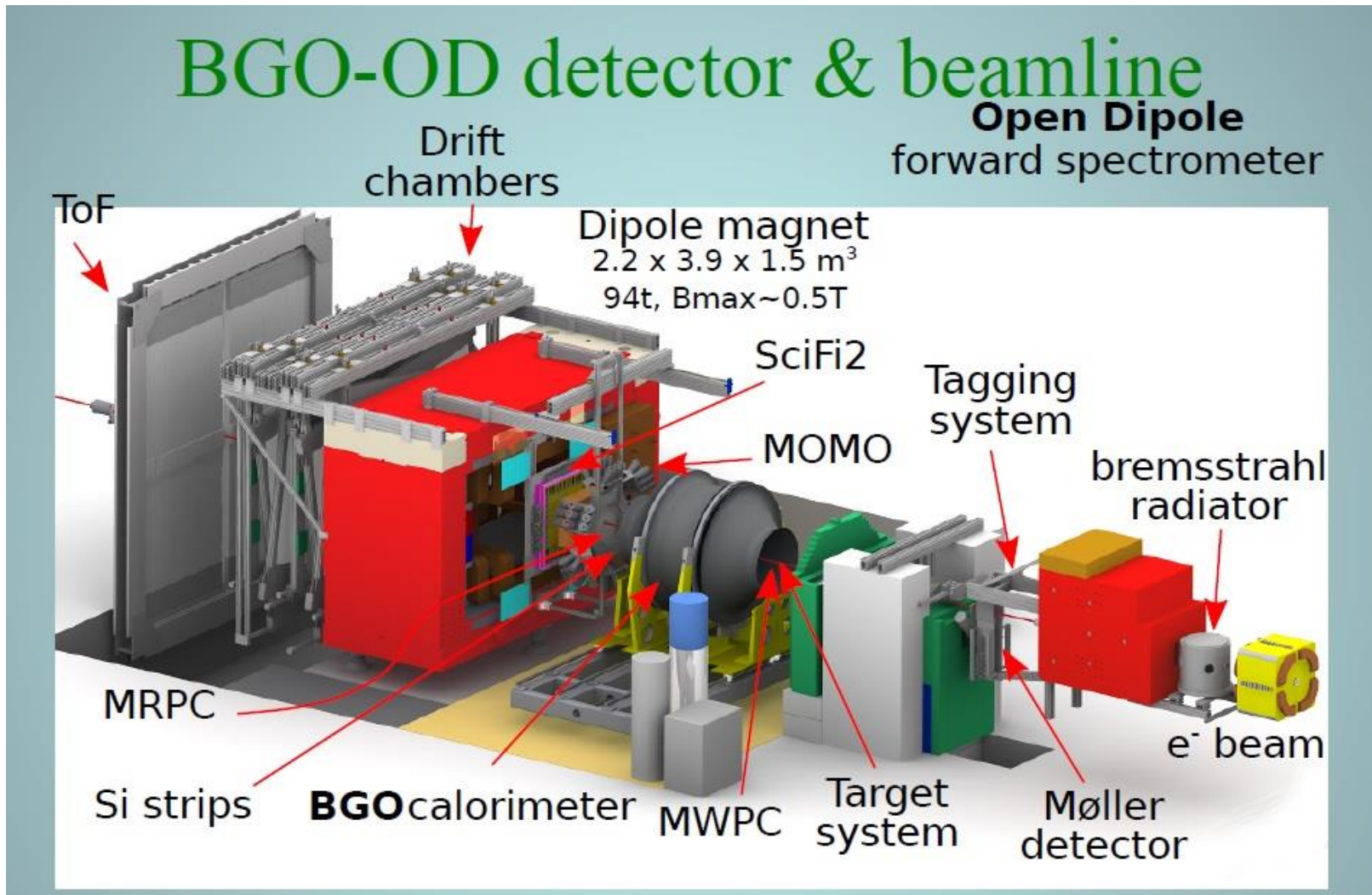
Производство и настройка 9 дрейфовых камер
(8+прототип), CROS-3

*Расчет, дизайн и установка защитной системы от м.п. магнитного
диполя для входного детектора (Sci-Fi2) форвардного
спектрометра*

*Изготовление счетчиков и световодов для системы мечения
фотонов (~ 50%)*

*Обговаривается изготовление годоскопа Sci-Fi для таггера
(640 fibers)*

BGO-OD Experimental setup



Experimental setup, BGO Rugby Ball



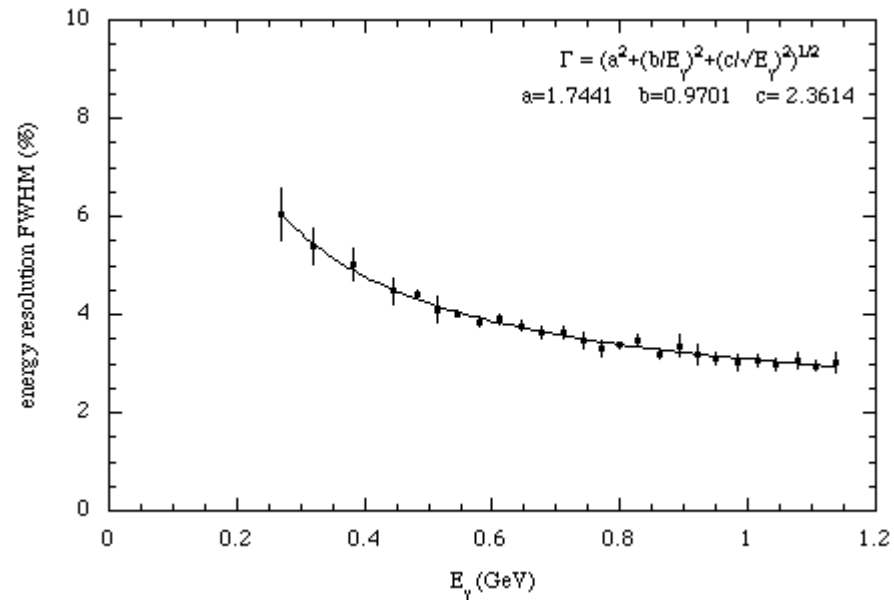
GRAAL → ELSA

480 crystals

24 cm length (~ 21 R.L.)

15 sectors of $\theta \in [25^\circ; 155^\circ]$

32 sectors of $\varphi \in [0; 1360^\circ]$

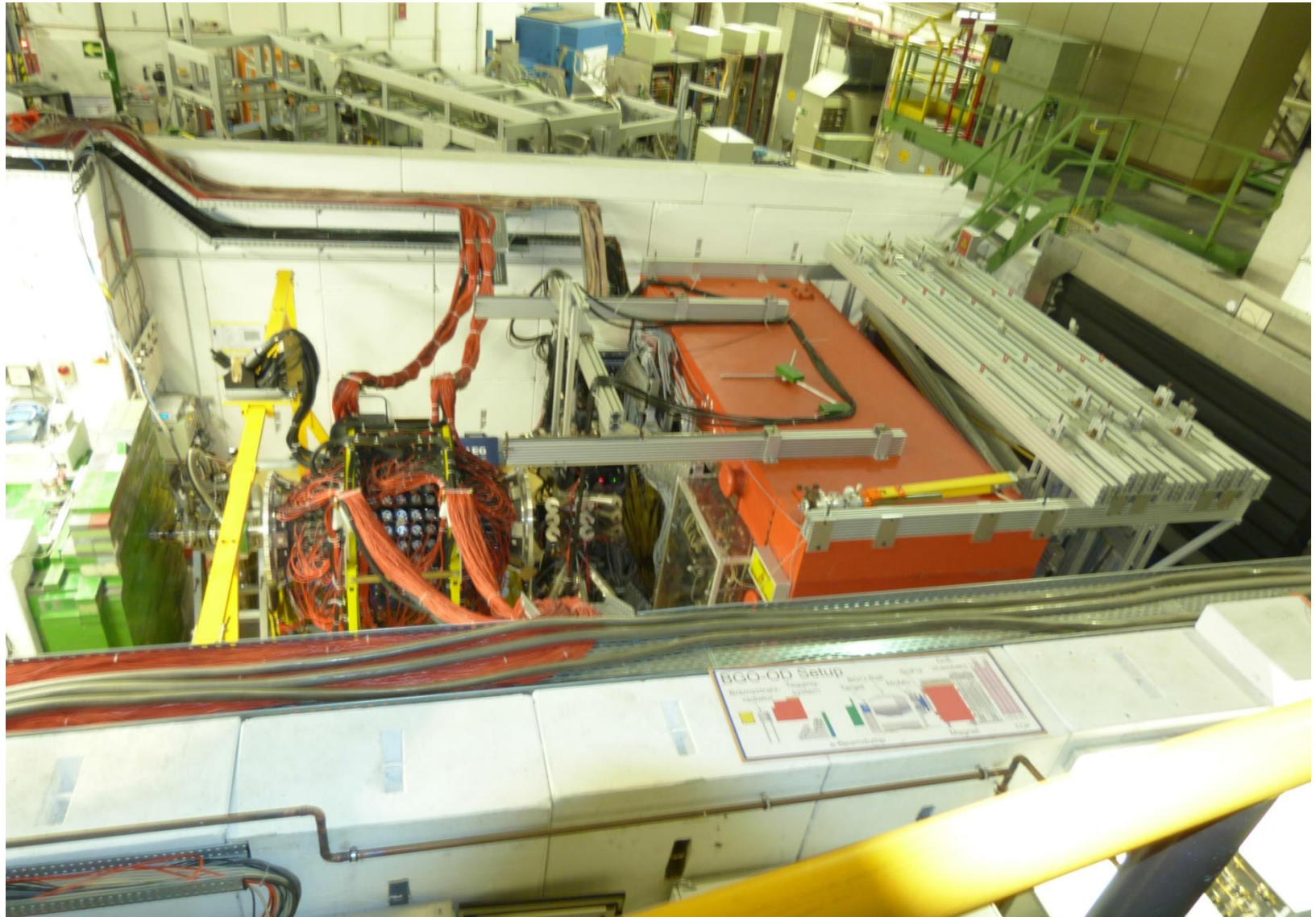


$\Delta\theta \sim 6^\circ \div 10^\circ$

$\Delta\varphi \sim 11,5^\circ$

$\Omega = 0,9 \times 4\pi$

BGO-OD Experimental beamline



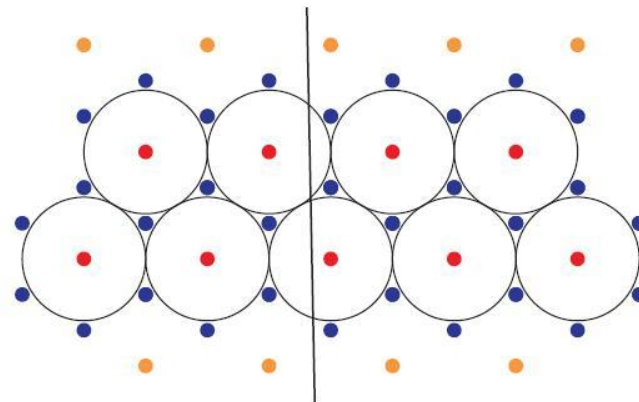
D. Novinsky (PNPI), 21.10.2014

Drift Chamber

- ✧ Точность позиции горизонтали 30 мкм
- ✧ Точность по вертикали 60 мкм
- ✧ Усредненная точность 32 мкм
- ✧ Размер рабочей области ~ 1,2*2,4 м²

- ✧ Гексагональная структура ДК
- ✧ Радиус ячейки 10 мм
- ✧ Расстояние между сигнальными проволочками ~ 17 мм

Разрешение ~ 0,2 мм
(ИТЭФ, Бонн)



CROS3-B for DC, Functional Description

The Coordinate Readout System (CROS3-DC) consists of the following boards:

- ✓ AD16-B – a 16-channel Amplifier/Discriminator – Front-End;
- ✓ CCB10 – a 10-channel Concentrator;
- ✓ CCB16 – a 16-channel Concentrator;
- ✓ CSB – a System Buffer PCI-Interface.

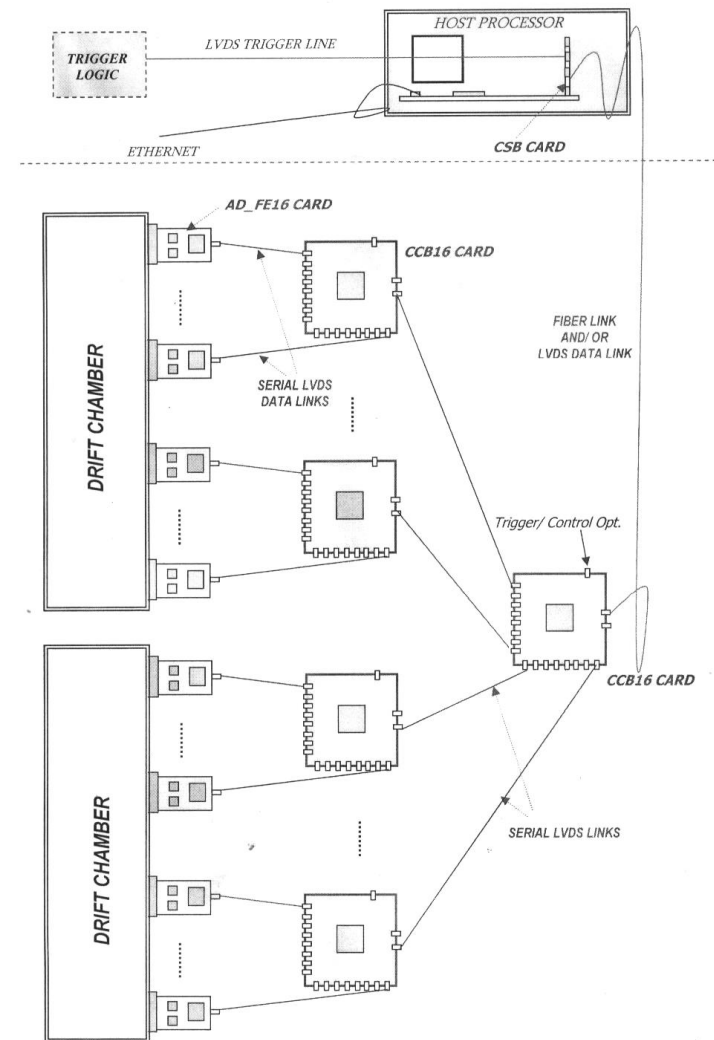
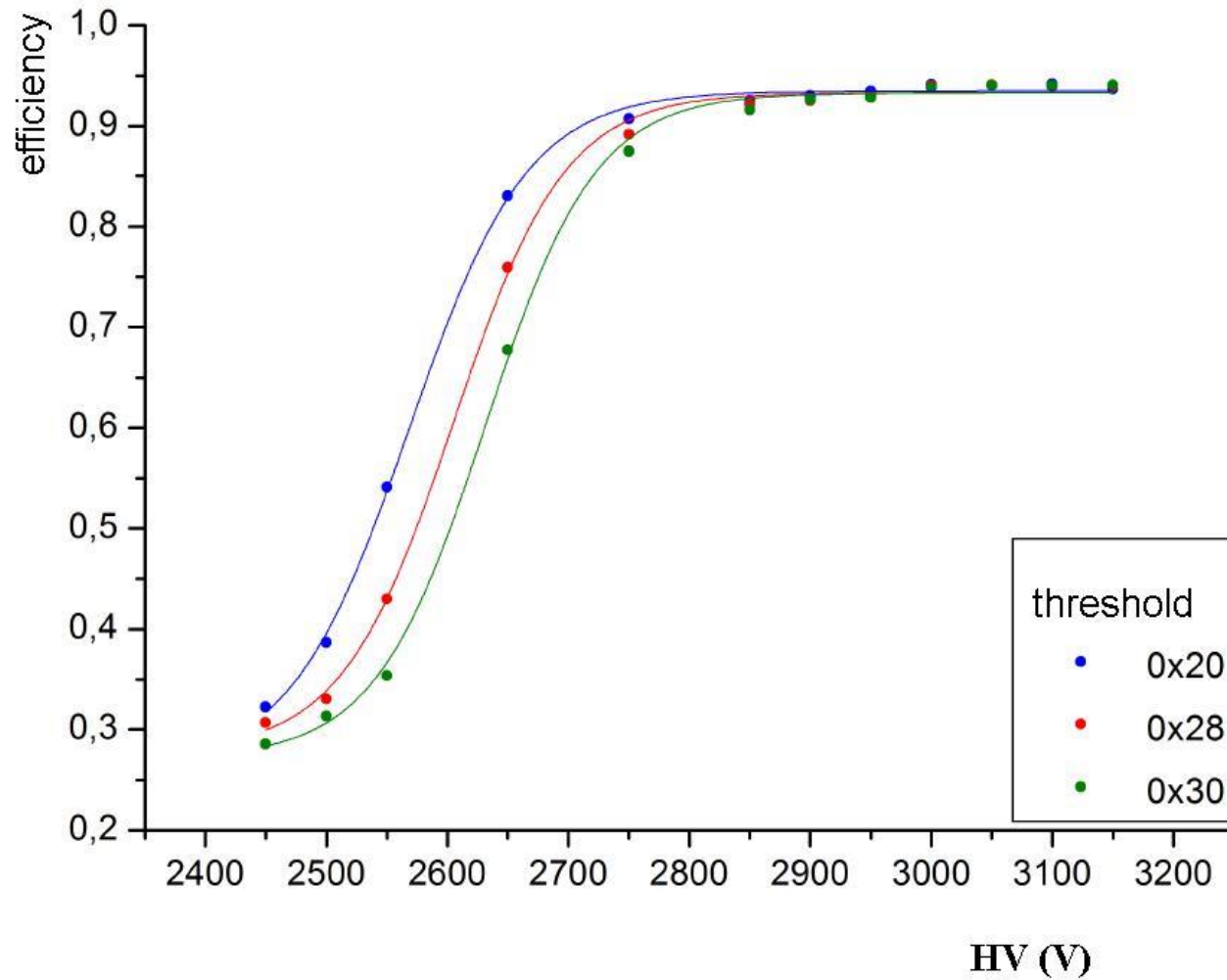


Fig. 1. CROS3-DC System Configuration

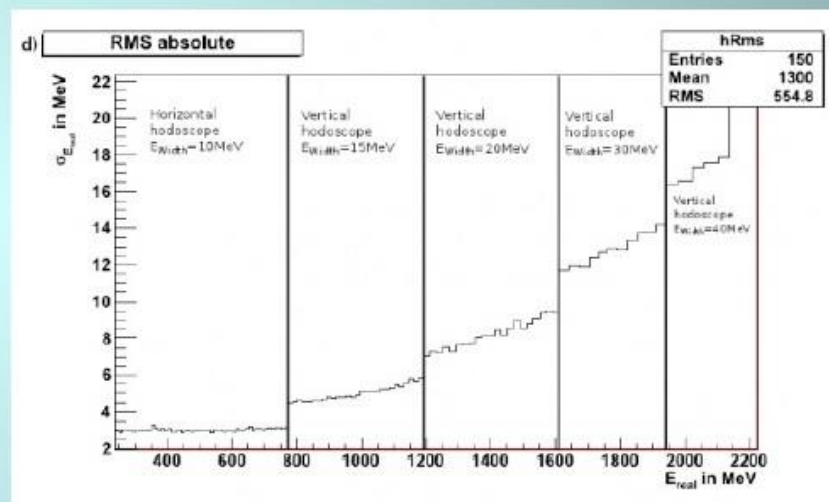
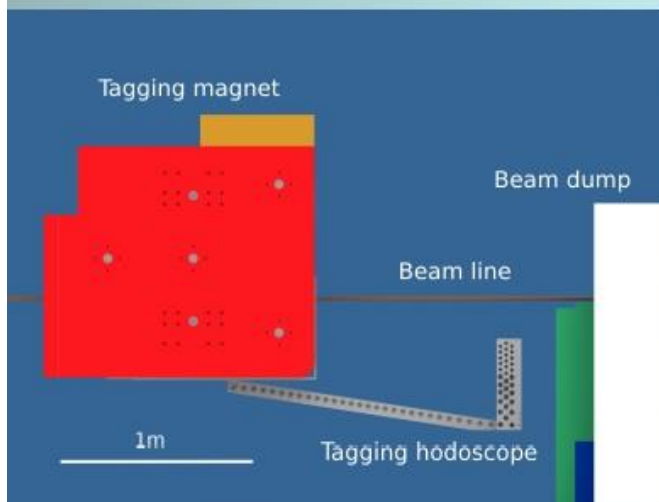
DC: Test at Beam, Efficiency



DC: Test at Beam, Efficiency

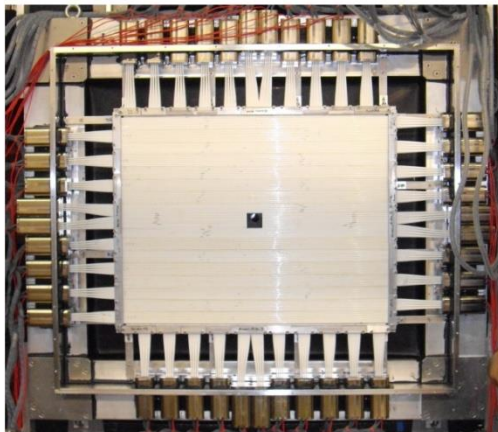
γ beam tagger

120 channels $(0.1 \div 0.9)E_0$ with $10 \div 40$ MeV energy resolution
intensity $\sim 5 \cdot 10^7 \text{ s}^{-1}$



(A. Bella)

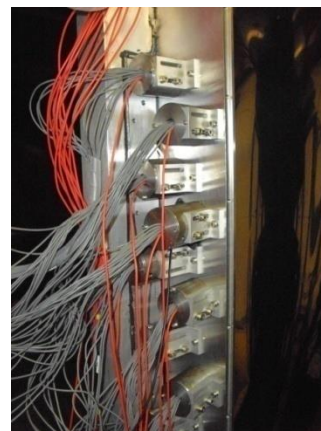
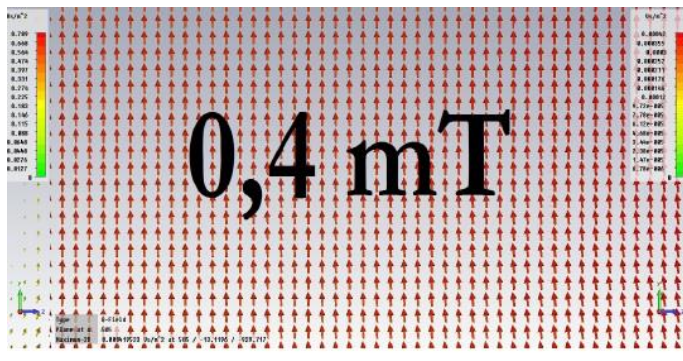
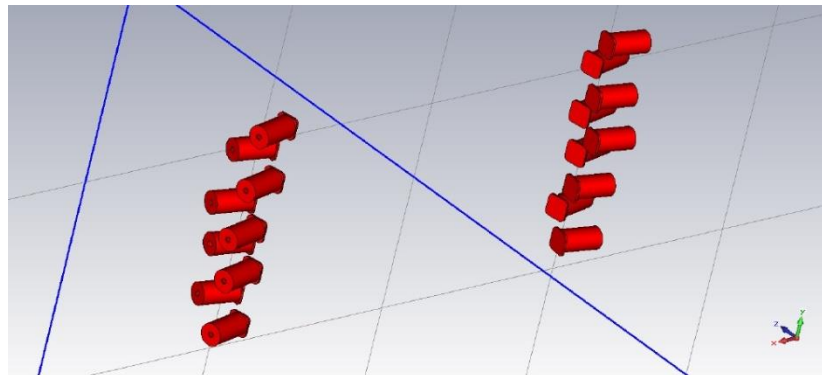
Bonn PI Petersburg PNPI



SciFi2 трековый детектор



Dair Bayadilov



Physics program

**B. Bantes et al. The BGO-OD Experiment at ELSA.
Int. J. Mod. Phys. Conf. Ser. 26 (2014) 1460093-1**

experimental program

η	p, d	lin. pol./unpol.	3.2 GeV	5000 h
η'	p	lin. pol.	3.2 GeV	1000h
ω, ϕ	p, d	lin. pol./unpol.	3.2 GeV	3200 h
$K^+\Lambda, K^+\Sigma^0, K^0\Sigma^+$	p	lin. pol./unpol.	3.2 GeV	3000 h
η' mesic nuclei	^{12}C	unpol.	3.2 GeV	1200 h

Summary

- Сотрудничество продолжается более 15 лет
- Три 3-летних гранта РФФИ-DFG
- Активное участие во всех экспериментах: эксп. деятельность, изготовление узлов установки в ПИЯФ, участие в сменах, обработка (2000-2003)
- BGO-OD (изготовление 8+1 камер), участие в создании тиггера, модернизация вх. трекера.

Перспективы к дальнейшему сотрудничеству есть