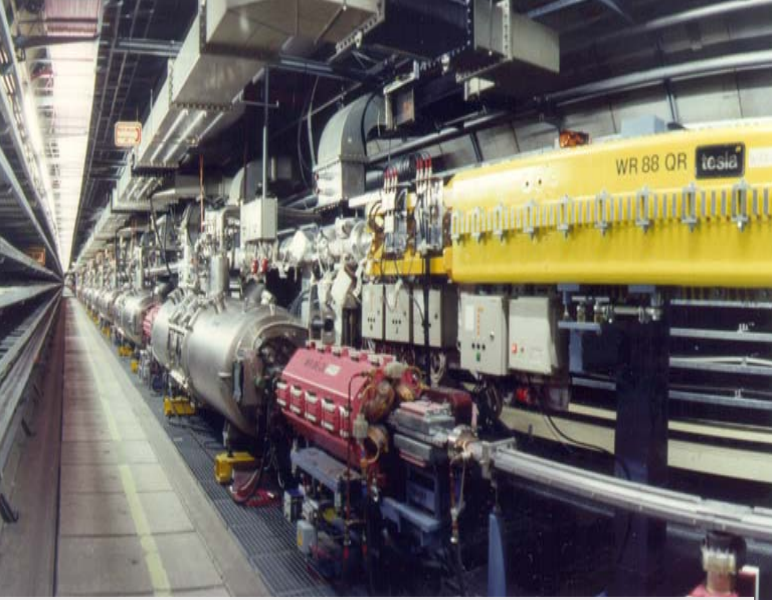


Эксперимент HERMES

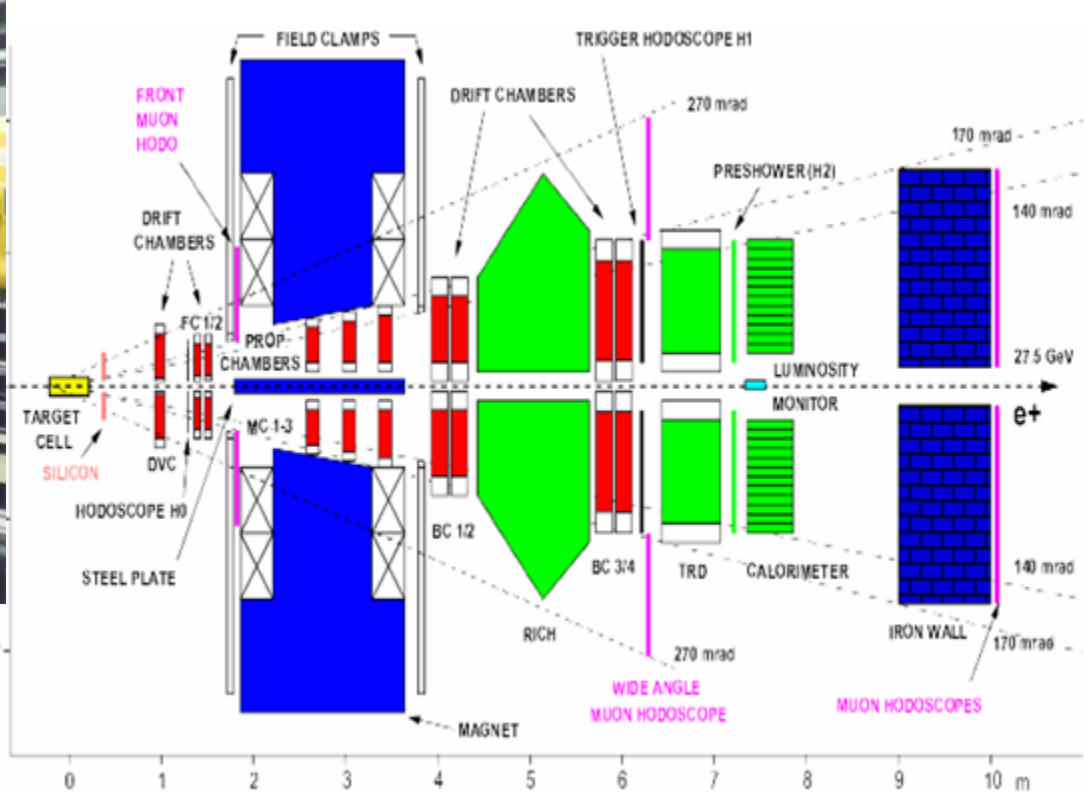
*Исследование спиновой структуры нуклона
в глубоко неупругом рассеянии поляризованных
позитронов (электронов) при 27.6 ГэВ
на поляризованной H или D мишени.*

Основные научные результаты и планы

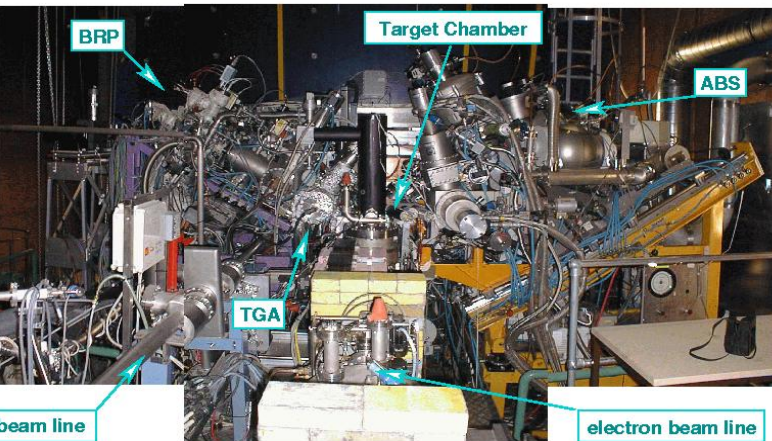




Polarized lepton beam of the HERA ring $\langle P_b \rangle \sim 54\%$



Polarized gas target $\langle P_t \rangle \sim 85(-84)\%$



Hermes spectrometer

Resolution:

$$\Delta p/p \sim 1\%, \Delta \Theta < 1 \text{ mrad}$$

PID: 98% lepton identification with $< 1\%$ hadron contamination

Excellent separation of π , K and p with RICH

Summary of HERMES data-taking

$\vec{e} + \vec{p} (\vec{d}) \Rightarrow e' + X$ inclusive DIS with $Q^2 \geq 1\text{GeV}$

$\vec{e} + \vec{p} (\vec{d}) \Rightarrow e' + h + X$ Semi-Inclusive DIS with $Q^2 \geq 1\text{GeV}$

$\vec{e} + \vec{p} (\vec{d}) \Rightarrow h + X$ (e.g. $h = \vec{\Lambda}$) quasi-real photoproduction with $Q^2 \approx 0$

$\vec{e} + p(\vec{p}, \vec{d}) \Rightarrow e' + h, \gamma + p, n$ (e.g. $h = \rho, \phi, \pi \dots$) exclusive reaction

$N^e(\text{DIS}) = 180 \text{ Mio}$

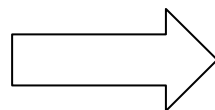
1995-2000 **HERMES RUN I**

Beam pol. = 51%

Lumi H,D pol = 259 pb-1

Lumi unpol = 593 pb-1

(H,D, ^3He , ^4He , ^{14}N , ^{20}Ne and ^{84}Kr)



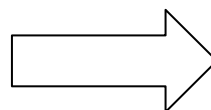
2001-2002 HERA lumi upgrade

2002-2007 **HERMES RUN II**

Beam pol. = 36%

Lumi H pol = 161 pb-1

Lumi unpol ~ 530 pb-1



Longitudinal polarization

year	type	target polar. %
1995	^3He	46
1996	H	76
1997	H	85
1998	D	86
1999	D	83
2000	D	84.5

Transverse polarization

years	type	polar. %
2002-2005	H	78
2006-2007	unpol (RD)	

Вклад ПИЯФ в эксперимент

Hardware:

- **Магнит спектрометра** (разработка концепции, организация производства, частично инвестирование, магнитные измерения карты поля);
- **Пропорциональные камеры** (11тыс.каналов) в зазоре магнита;
- Инвестирование (частично) системы считывания PCOS-4;
- Автоматизированная **система охлаждения** для frontend PCOS-4 и TRD;
- **Система охлаждения** для кремний-стрип детектора Lambda Wheels;

Software

- Разработка программ кодирования события **HERMES Decoding**;
- Разработка программы улучшенного трекинга **HERMES TC**;
- Производство файлов данных **HERMES HRC /DST files**;
- Программа выстройки элементов детектора по трекам, и пр.
- Разработка программ **SLOW CONTROL**;

DATA TAKING

- Поддержание **MCs, TRD**;
- Поддержание кремний-стрип дет. **LW**;
- Поддержание **DAQ**;
- Газообеспечение ;
- Поддержание **Slow Control**;
- Обработка **сырых данных**;
- Работа в качестве **период координатора**;

ГЕРМЕС. Основные направления анализа экспериментальных данных :

- ❑ *Исследование вклада кварков и глюонов в спин нуклона;*
- ❑ *Исследование функций фрагментации Коллинза и Сиверса, связанных с поперечной поляризацией кварков;*
- ❑ *Обобщенные партонные распределения и орбитальное движение;*
- ❑ *Поляризационные параметры в рождении векторных мезонов;*
- ❑ *Параметры передачи спина и поляризация в рождении Λ (и других) гиперонов;*
- ❑ *Ядерные эффекты.*

- ❑ *Обработка сырых данных и получение файла данных, непосредственно используемого в анализе (μ DST).*

Вклад ПИЯФ в анализ

- ❑ *Исследование вклада кварков и глюонов в спин нуклона;*

Полина Кравченко → Δq from SIDIS and DIS,
kinematic distributions

Поляризационные параметры в рождении векторных мезонов;

Сергей Манаенков → ρ, ϕ, ω SDME, direct amplitude reconstruction

- ❑ *Параметры передачи спина и поляризация в рождении Λ (и других) гиперонов;*

Денис Веретенников , Юрий Нарышкин, Станислав Белостоцкий

→ DLL, KLL, Pn-transverse Lambda and Lbar

- ❑ *Ядерные эффекты.*

Юрий Нарышкин, Станислав Белостоцкий

→ Study of nuclear medium effects on transverse Λ hyperon polarization

- ❑ *Обработка сырых данных и получение файла данных, непосредственно используемого в анализе (μ DST).*

Александр Киселев → new Hermes Track Reconstruction Code HTC

Поляризация кварков в нуклоне и спиновый кризис 2009

$$\Delta\Sigma = 0.12 \pm 0.09 \pm 0.14 \neq 1 !!!$$

From *inclusive* polarized DIS

$$\vec{e} (\vec{\mu}) + \vec{d} \Rightarrow e' + X$$

HERMES (COMPASS) results

$$\Delta\Sigma = 0.33 \pm 0.02(\text{exp}) \pm 0.03(\text{theo})$$

$$(\Delta u + \Delta \bar{u}) = 0.842 \pm 0.008 \pm 0.004$$

$$(\Delta d + \Delta \bar{d}) = -0.427 \pm 0.008 \pm 0.004$$

$$(\Delta s + \Delta \bar{s}) = -0.085 \pm 0.008(\text{exp}) \pm 0.013(\text{theo})$$

evaluated at

$$0.021 < x < 0.9 \quad \alpha_s = 0.29 \pm 0.01 \quad Q_0^2 \sim 5 \text{ GeV}^2$$

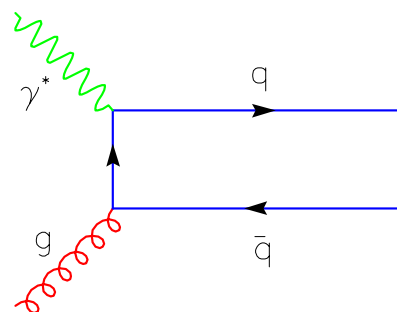
$$a_8 = (\Delta u + \Delta \bar{u}) + (\Delta d + \Delta \bar{d}) - 2(\Delta s + \Delta \bar{s}) = 3F - D = 0.586$$

$$a_0 = (\Delta u + \Delta \bar{u}) + (\Delta d + \Delta \bar{d}) + (\Delta s + \Delta \bar{s}) = a_8 - 3(\Delta s + \Delta \bar{s})$$

$$S_z = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Delta\Sigma + \Delta G + L_q + L_g$$

quarks

gluons



$$q = c, \bar{q} = \bar{c}$$

Charm production

or

PGF

$$A_{LL} \sim \frac{\Delta G}{G}$$

another option
high P_T of produced
hadrons

$$\frac{\Delta g}{g} = 0.078 \pm 0.034 \pm 0.011$$

$$\text{at } \langle x \rangle = 0.204$$

Quark helicity distributions using **purity method**.

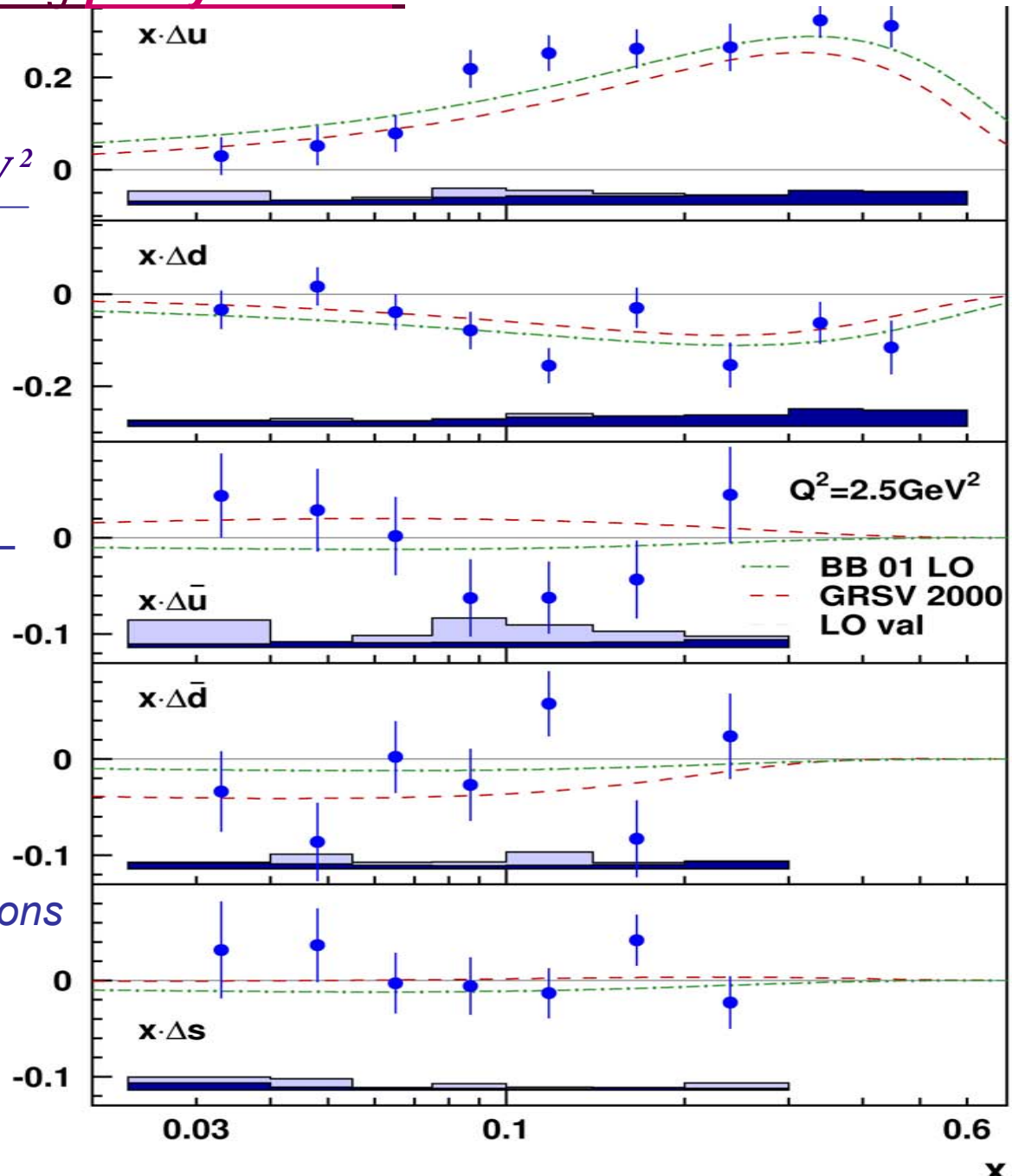
$\vec{e} + \vec{p} (\vec{d}) \Rightarrow e' + h + X$

evaluated at $Q_0^2 = 2.5 GeV^2$

theory:
 QCD fit to inclusive DIS,
 SU(3), BJSR required.
 Agreement looks fine

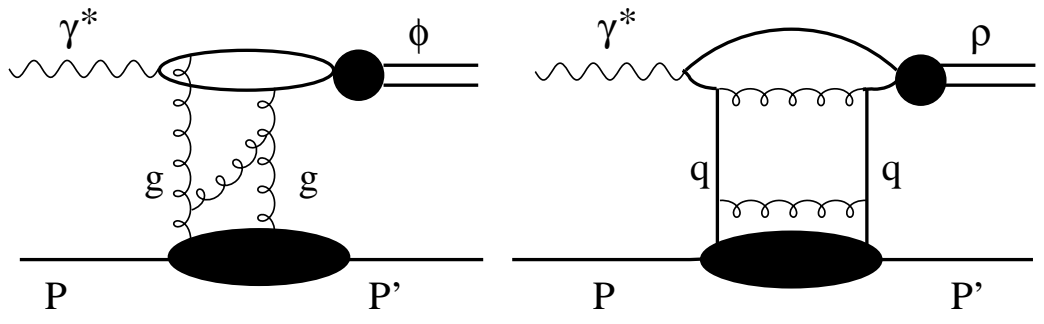
- NEW:**
- ✓ Control of factorization theorem;
 - ✓ Control of P_T dependence
 - ✓ Taking into account Cahn effect ;
 - ✓ Extraction of some combinations Of quark helicity distribution w/o having purity involved.

Polina K \Rightarrow PhD



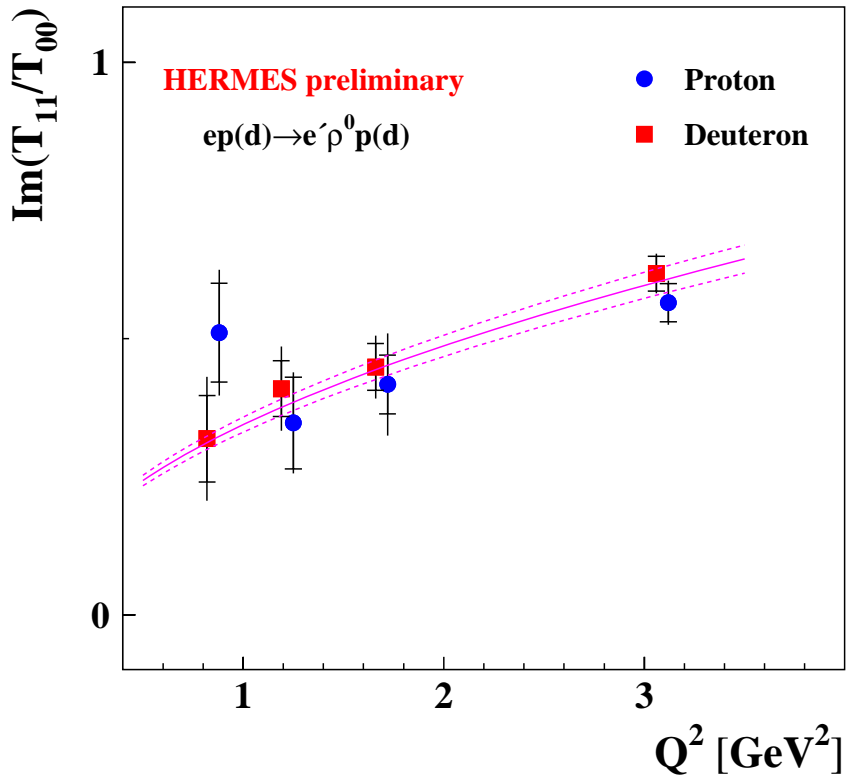
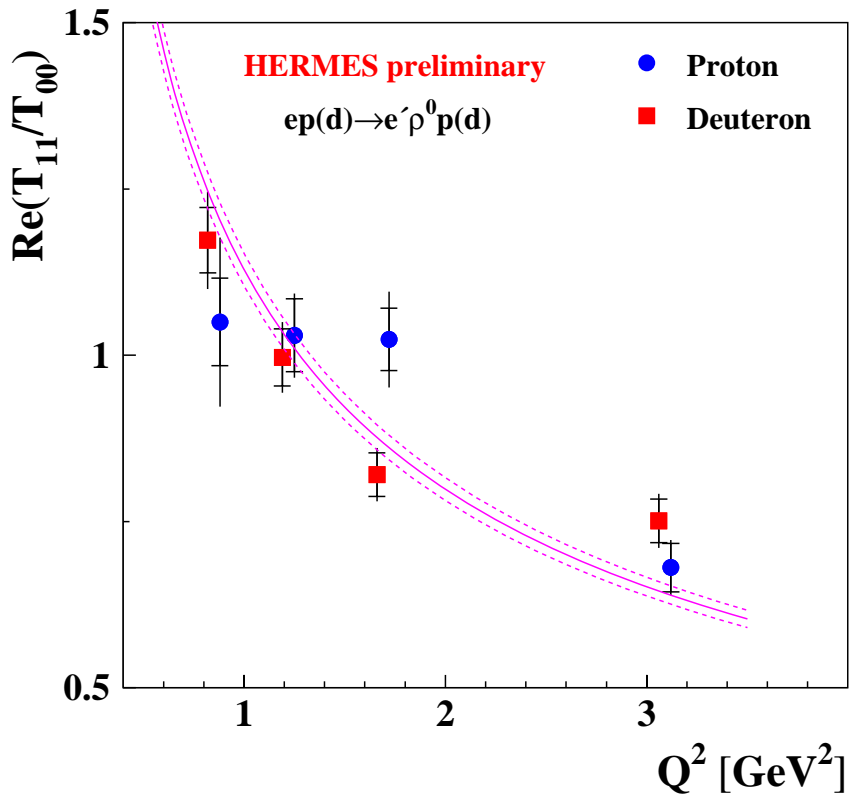
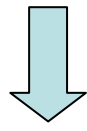
VM production with polarized beam and target

Сергей М

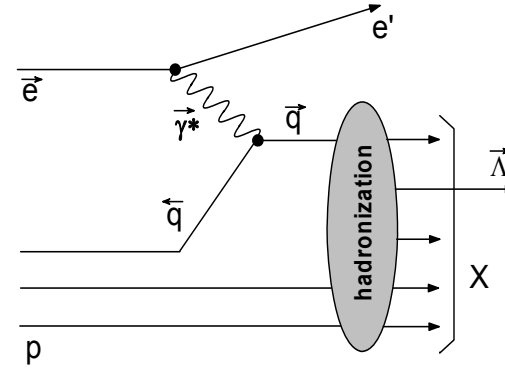
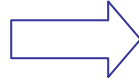
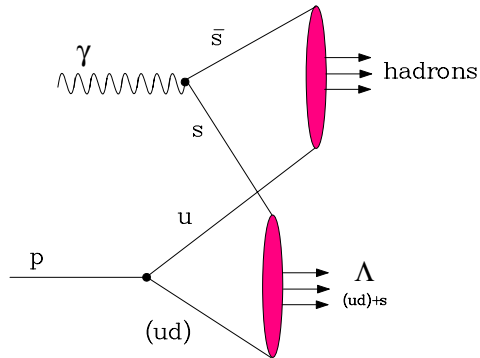


direct reconstruction of ρ^0 production amplitudes

Reaction mechanism ??



Transverse Λ polarization in photoproduction and DIS, change of reaction mechanism



$$\vec{e} + \vec{p} (\vec{d}) \Rightarrow \vec{\Lambda} + X$$

quasi – real photoproduction

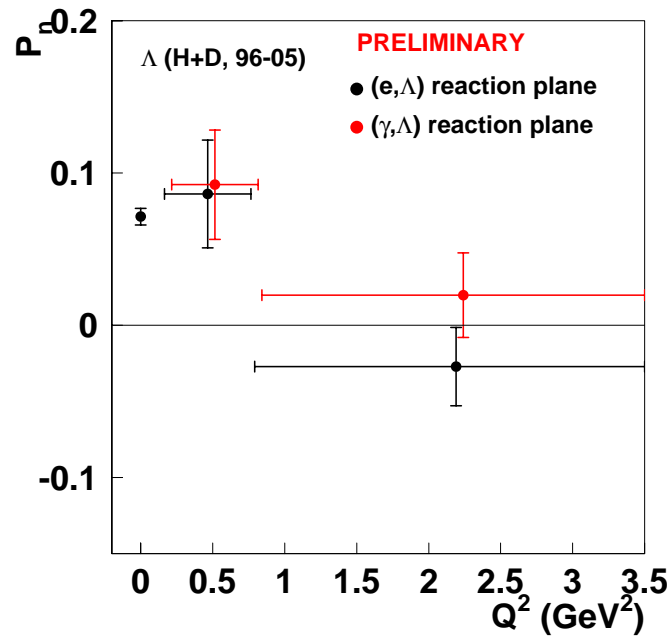
with $Q^2 \approx 0$

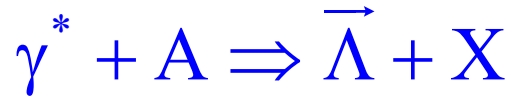
$$\vec{e} + \vec{p} (\vec{d}) \Rightarrow e' + \vec{\Lambda} + X$$

Semi-Inclusive DIS with $Q^2 \geq 1 \text{ GeV}^2$

$$\vec{n} = \frac{\vec{p}_e \times \vec{p}_\Lambda}{|\vec{p}_e \times \vec{p}_\Lambda|}$$

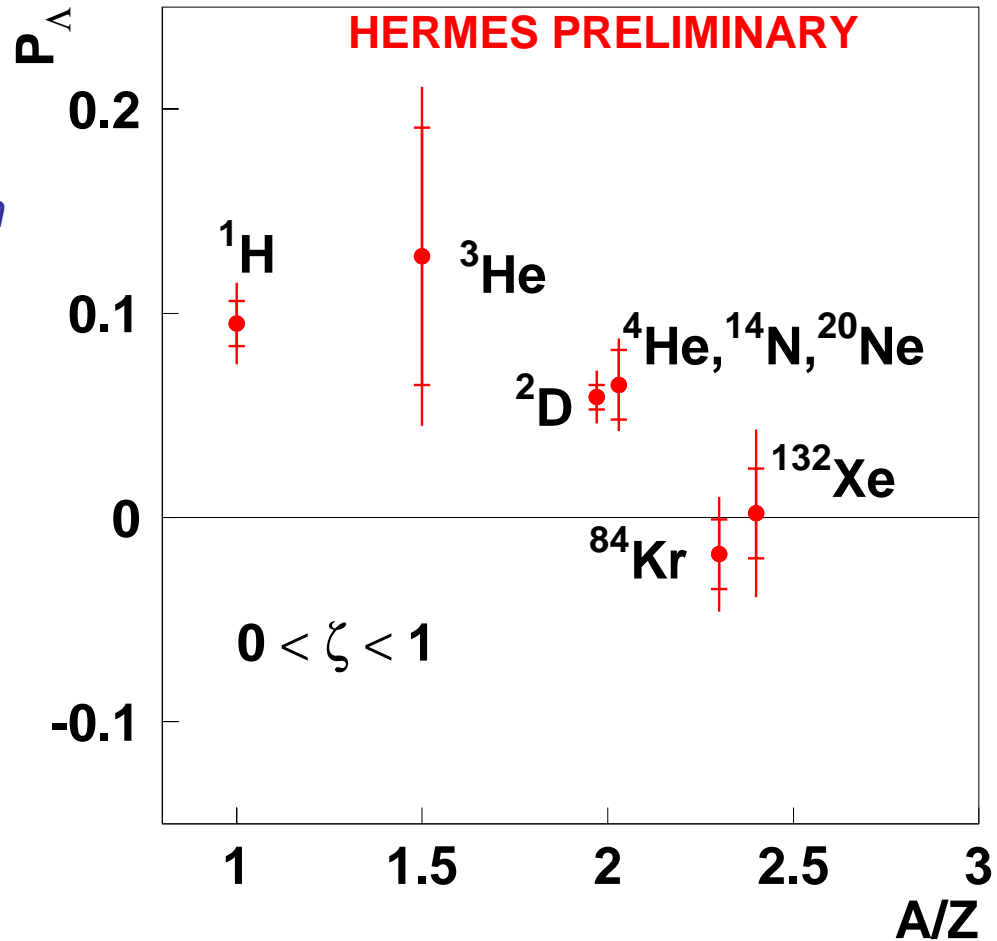
$$\vec{n} = \frac{\vec{p}_\gamma \times \vec{p}_\Lambda}{|\vec{p}_\gamma \times \vec{p}_\Lambda|}$$





Data 1996-2005 only,
(2006-2007 will double the statistics)

New result \rightarrow unlike hadron
and heavy ion collisions
strong effect of target on P_Λ



Stan

Strange Baryons

Avetik

- Θ^+ : the final word = full data through '07 **Avetik, Siguang, Wouter, Alberto**
- update spin-transfer D_{LL} in DIS ... and explore effect in photoproduction **Denis, Yuri**
- update transverse “self-polarization” P_N in photoproduction ... and explore effect in DIS ... **Denis, Yuri, (Martin)**
- ... A-dependence of transverse Λ polarization **Denis, Yuri**
- Spin effects in Σ, Ξ photoproduction: P_N and D_{LL} **Yuri**
- Λ spin-transfer K_{NN} in photoproduction **Yuri**
- Λ polarization at $x_F < 0$ **?**

Публикации HERMES

Всего HERMES опубликовал более 80 статей, из них 24 с высоким индексом цитирования (>50 и выше).

ПИЯФ в авторском листе: S.Belostotski, G.Gavrilov, A.Izotov,(A.Jgoun), A.Kisselev, P.Kravchenko, S.Manaenkov, (O.Miklukho), Y.Naryshkin, (I.Sanjiev), D.Veretennikov, V.Vikhrov

2009

DC	topic	arXiv		status
24	ρ -SDMEs	0901.0701	EPJC	62 (2009) 659
39	dvcsDunpol	0911.0095	NPB	proofs resubmitted
47	nucldvcs	0911.0091	PRC	referee comments
65	Sivers	0906.3918	PRL	103 (2009) 152002
69	dvcsHunpol	0909.3587	JHEP	11 (2009) 083
70	ptbroad	0906.2478	PLB	pending
71	AUTrho	0906.5160	PLB	679 (2009) 100
74	AUTpi+	0907.2506	PLB	682 (2010) 345
77	2-photon	0907.5369	PLB	682 (2010) 351

Вклад ПИЯФ в публикации HERMES Collaboration (Main Drafter)

Сергей М. 2 + 1

Юрий Н. 1

Полина К. 1

Денис В. 1

С.Б. 4 + 2

published

publication in progress

Международные конференции (4-6 докладов от ПИЯФ в год)

2008

Кравченко П. *"Measurement of Flavor Separated Quark Polarizations at HERMES"*

International Conference DIFFRACTION 2008,
La Londe-les-Maures,
France September 9-14, 2008

Манаенков С. *"Exclusive Electroproduction of ρ^0 and ϕ Mesons at HERMES"*

International Workshop on Hadron Structure and QCD (HSQCD2008), Gatchina June 30 -July 04

Веретенников Д. *"Spin transfer coefficient K_{LL} in Lambda photoproduction in HERMES"*

16-th International Workshop DIS 2008,
London, 7-11 April 2008

Белостоцкий С. *"Polarization in Lambda and Lambdabar production at HERMES."*

"The 18th International Symposium on Spin Physics,
Spin 2008 October 6 - 11, 2008 in Charlottesville, Virginia, USA

Белостоцкий С. *"Lambda physics at HERMES"*

ECT 2008 International Workshop "Strangeness polarization in semi-inclusive and exclusive Lambda production" Trento, November 2008

2009

Ю.Г.Нарышкин *"A-dependence of the transverse Lambda polarisation"*

European Nuclear Physics Conference (ENPC09)
Mar 16 - 20, 2009 Bochum, Germany

Ю.Г.Нарышкин *"Lambda Physics at HERMES"*

XIII Workshop on High Energy Spin Physics (DSPIN09)

Sep 1 - 5, 2009 Dubna, Russia

П. Кравченко *"Hermes measurements of strange quark helicity distributions"*

European Nuclear Physics Conference (EuNPC)
March 16-20, 2009 , Bochum



























С.И.Манаенков *"Exclusive Electroproduction of ρ^0 , ϕ , and ω Mesons at HERMES"*

XIII Workshop on High Energy Spin Physics (DSPIN09)

Sep 1 - 5, 2009 Dubna, Russia

План работ на период 2010-2014 гг

- 1. Завершение программы модернизации трекинга с целью существенного улучшения импульсного, пространственного и углового разрешения. Переобработка части *HERMES* данных с использованием нового трекинга;*
- 2. Продолжение и завершение анализа данных по рождению гиперонов: поперечная поляризация, коэффициенты передачи спина от поляризованного пучка и от продольно- и поперечно-поляризованных мишеней, функции фрагментации;*
- 3. Ядерные эффекты в поляризации гиперонов;*
- 4. Продолжение и завершение совместного анализа данных по асимметриям в глубоконеупругом инклюзивном и полуинклюзивном рассеянии;*
- 5. Продолжение и завершение анализа по восстановлению зависящей от спина матрицы рождения векторных мезонов. Прямое восстановление зависящих от спина амплитуд.*

	<i>p->2p</i>	<i>Hermes analysis</i>	<i>OLYMPUS</i>	<i>PANDA</i>
<i>Г. Амальский</i>				
<i>С.Белостоцкий</i>				
<i>Д. Веретенников</i>				
<i>В. Вихров</i>				
<i>А. Жданов</i>				
<i>А. Изотов</i>				
<i>А. Киселев</i>				
<i>П. Кравченко</i>				
<i>С. Манаенков</i>				
<i>О. Миклухо</i>				
<i>Ю. Нарышкин</i>				
<i>А. Прокофьев</i>				



С Новым Годом

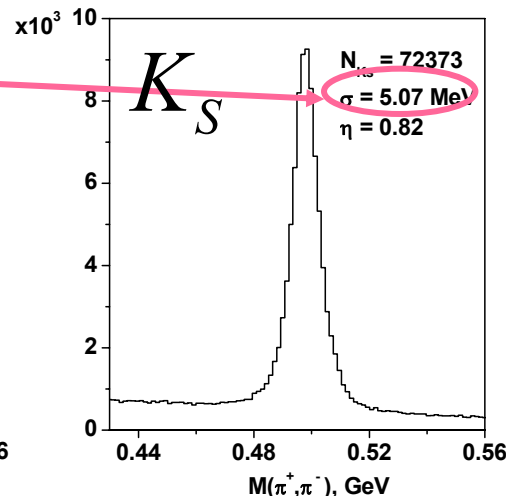
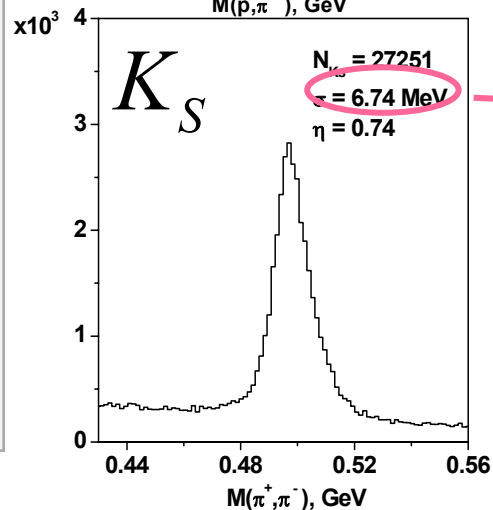
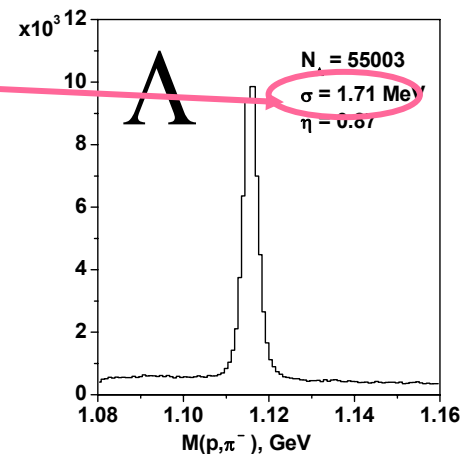
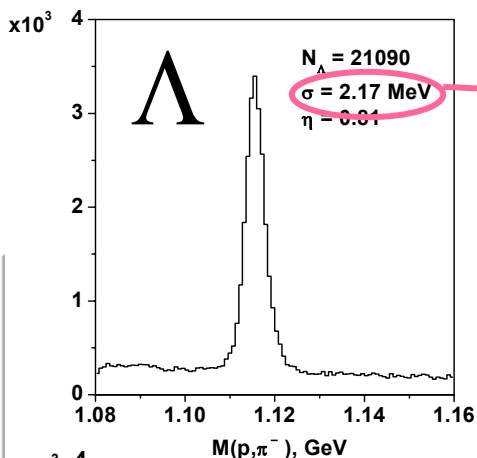
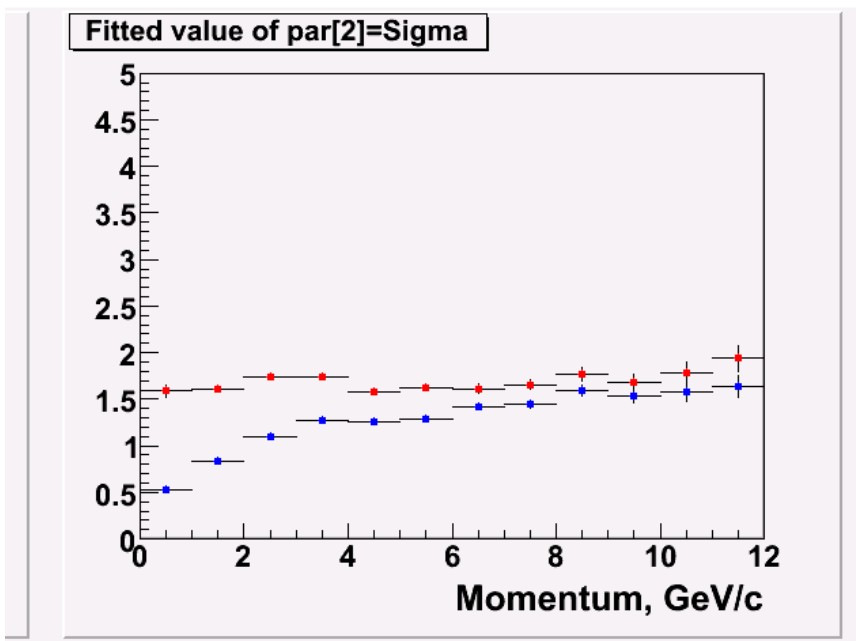


BACKUP SLIDES

from HRC to HTC

- 3D survey and alignment data
- Material distribution in the detector
- Magnetic field maps
- Beam line offset determination
- accuracy $\sim 100\mu\text{m}$
- Beam line slopes determination
- accuracy $\sim 100\mu\text{rad}$

Существенное улучшение пространственного, углового и импульсного разрешения.



EMC (1988) experiment and spin crisis

DIS of polarized muons on polarized target,
repeated later on by SLAC



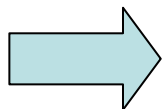
$$\Delta\Sigma = 0.12 \pm 0.09 \pm 0.14 \neq 1 !!!$$

Jaffe sum rule based on SU(3) f.s.
and assumption $\Delta s=0$



$$\Delta\Sigma \approx 0.6$$

today's
sum rule



$$S_z = \frac{1}{2} = \frac{1}{2} \Delta\Sigma + \Delta G + J_q + J_g$$

quarks

gluons

orbital motion

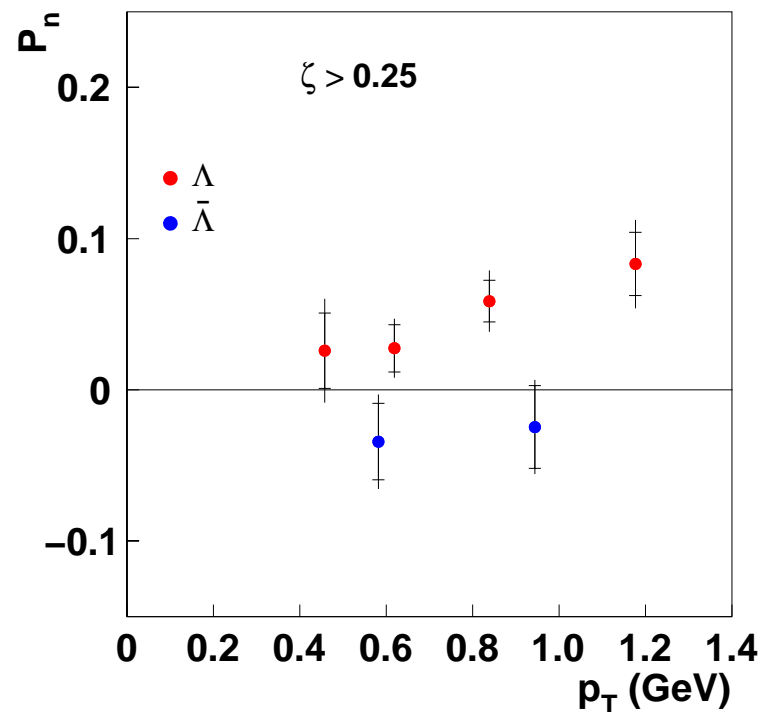
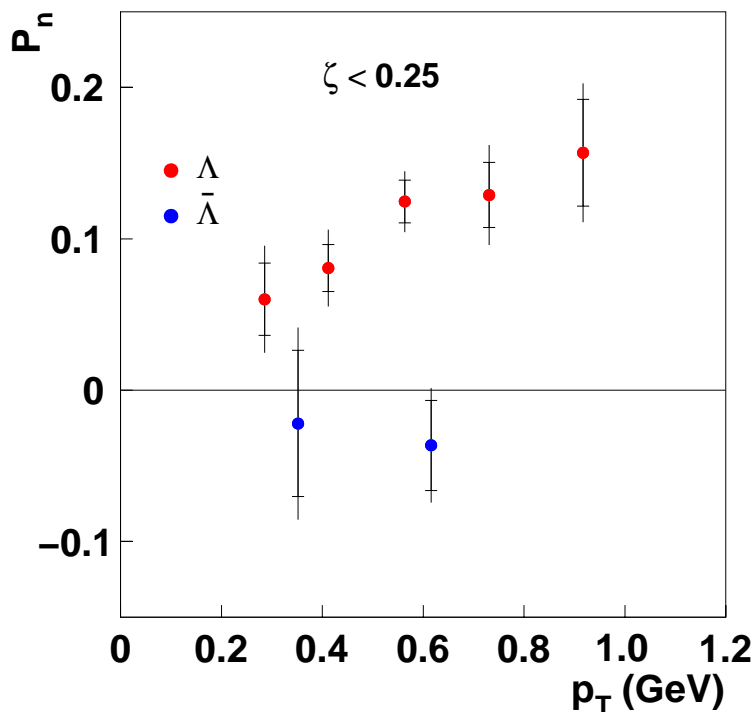
HERMES analysis

$e + d(p, A) \rightarrow \Lambda \uparrow + X$ at $\langle E_\gamma \rangle = 15.6$ GeV

\nwarrow
inclusively detected

$$P_\Lambda = 0.078 \pm 0.006(stat) \pm 0.012(syst)$$

$$P_{\bar{\Lambda}} = -0.025 \pm 0.015(stat) \pm 0.018(syst)$$



Включение данных *RUN II* даст фактор 3-5 в числе событий, что особенно важно для $\bar{\Lambda}$.

HERMES data \rightarrow access to current fragmentation domain

Published Phys.Rev D(2006)

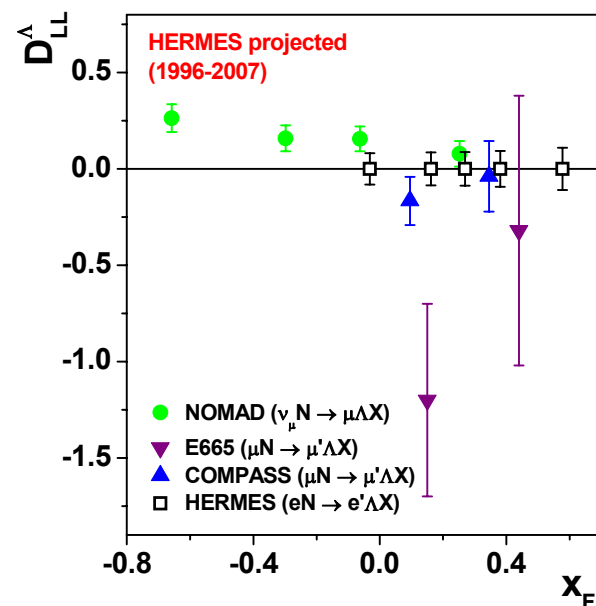
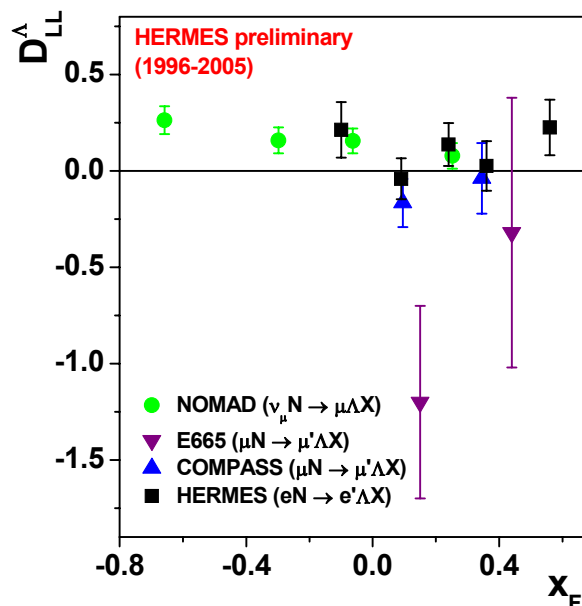
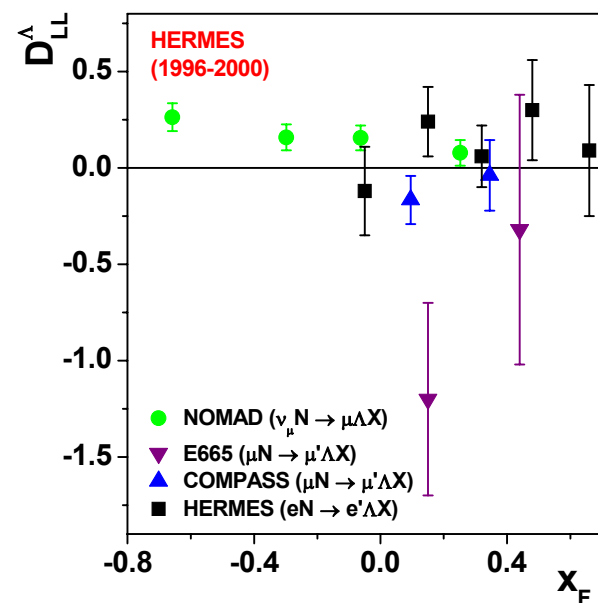
$Q^2 > 0.8 \text{ GeV}$

2008

$Q^2 > 0.8 \text{ GeV}$

(2009)

$Q^2 > 0.8 \text{ GeV}$



7300 Λ s

$D_{LL}' = 0.10 \pm 0.09$
(1996-2000)

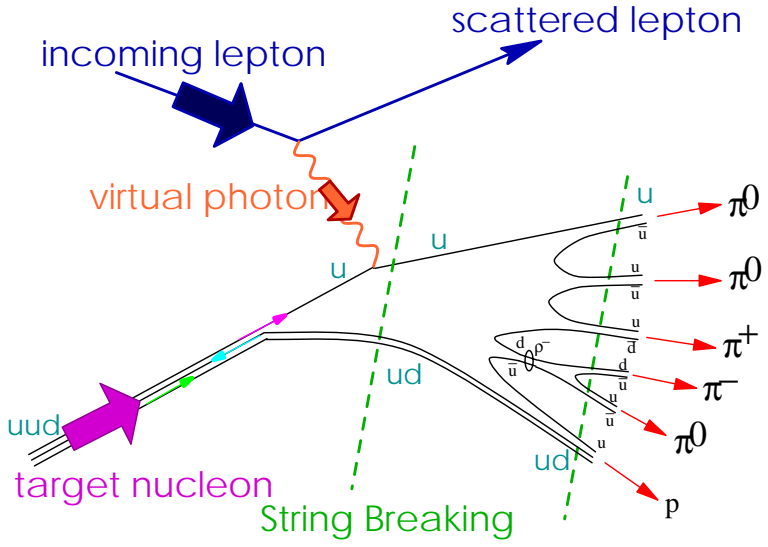
26714 Λ s

$D_{LL}' = 0.102 \pm 0.056$
(1996-2005)

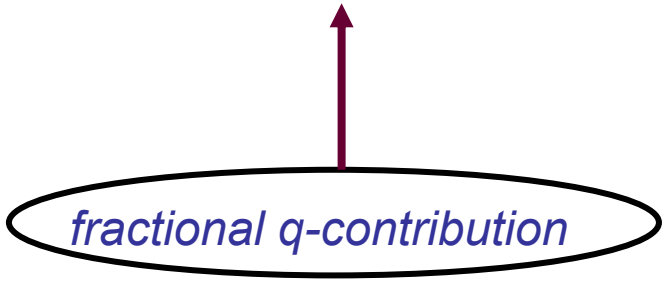
$\sim 55,000 \Lambda$ s

Projected !!
(1996-2007)

$$\vec{e} + \vec{p}, \vec{d} \Rightarrow e' + h + X \quad \text{at } Q^2 > 1 \text{ GeV}$$



$$A_1^h(x, Q^2, z) = \sum_q P_q^h(x, Q^2, z) \cdot \frac{\Delta q(x, Q^2)}{q(x, Q^2)}$$

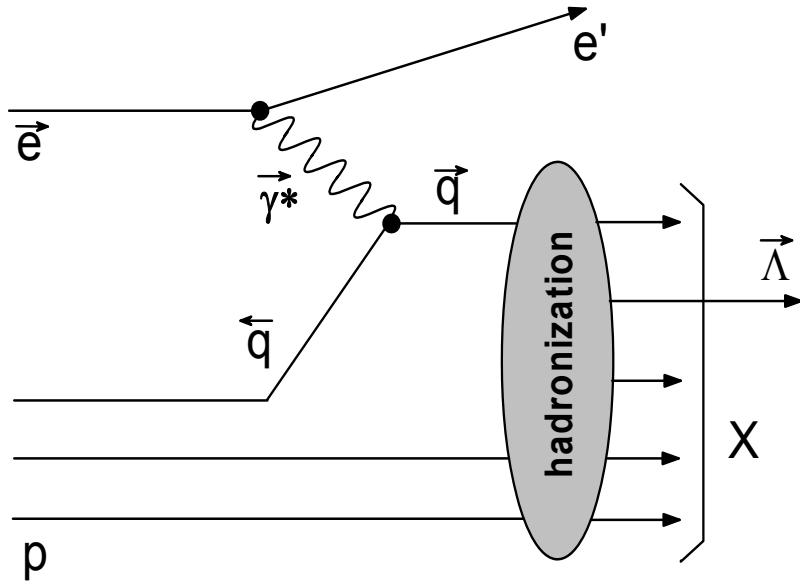


Purity $P_q^h(x, Q^2, z)$
calculated using LUND MC

$$z = \frac{E^h}{\nu} \quad \text{hadron fractional energy}$$

Longitudinal spin transfer DLL'

$$\vec{e} + p, d \Rightarrow e' + \vec{\Lambda} + X$$



$$P_{L'}^\Lambda = D_{LL'}^\Lambda \cdot P_L^q$$

$$D_{LL'}^\Lambda = \sum_q \omega_q \cdot D_{LL'}^{q\Lambda} \approx \sum_q \omega_q \frac{\delta q^\Lambda}{q^\Lambda}$$

Λ spin structure

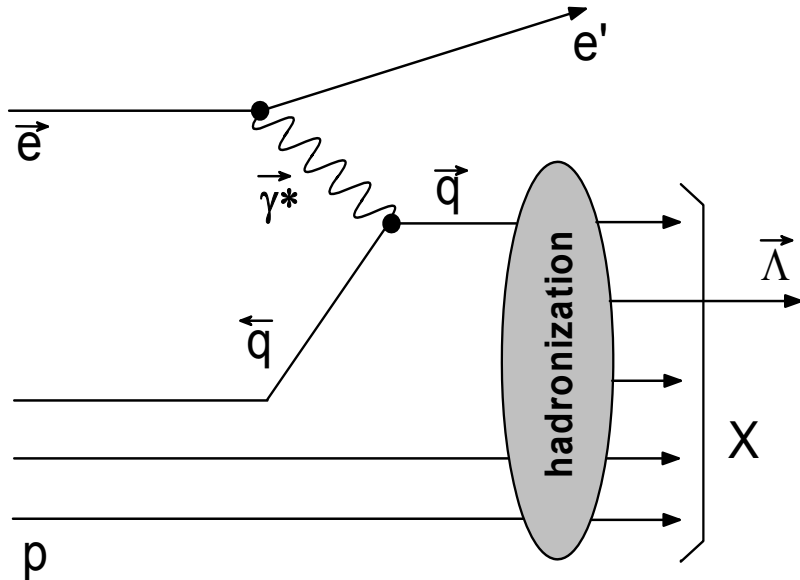
$$SU(3)_f \rightarrow \frac{\delta u}{u} = \frac{\delta d}{d} = -0.16 \quad \frac{\delta s}{s} = 0.64$$

$$\text{Lattice calculations} \rightarrow \frac{\delta u}{u} = \frac{\delta d}{d} = -0.02 \pm 0.04 \quad \frac{\delta s}{s} = 0.68 \pm 0.04$$

Longitudinal spin transfer DLL'

$$\vec{e} + p, d \Rightarrow e' + \vec{\Lambda} + X$$

Valid only for current fragmentation !!



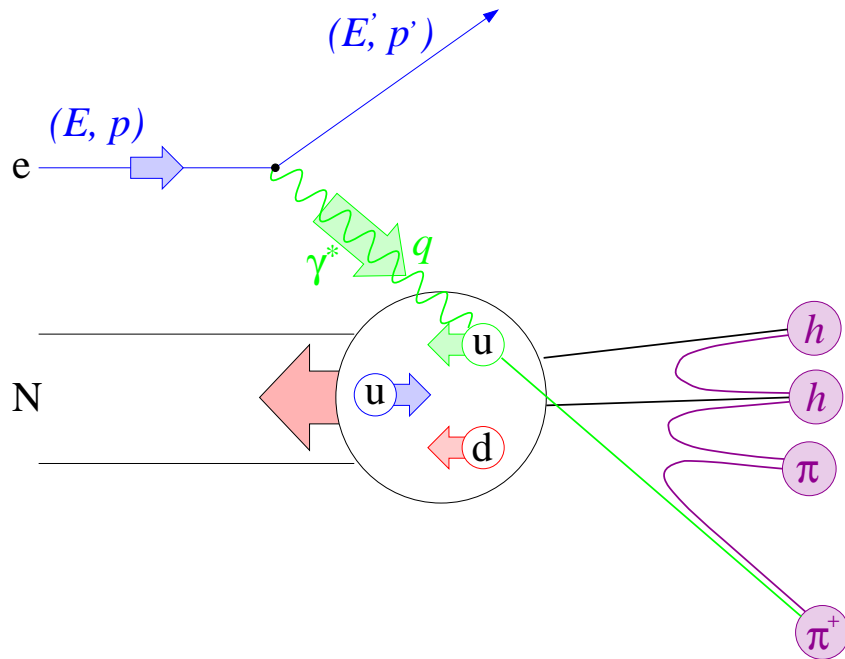
$$P_{L'}^\Lambda = D_{LL'}^\Lambda \cdot P_L^q$$

$$D_{LL'}^\Lambda = \sum_q \omega_q \cdot D_{LL'}^{q\Lambda} \approx \sum_q \omega_q \frac{\delta q^\Lambda}{q^\Lambda}$$

Λ spin structure

$$SU(3)_f \rightarrow \frac{\delta u}{u} = \frac{\delta d}{d} = -0.16 \quad \frac{\delta s}{s} = 0.64$$

$$\text{Lattice calculations} \rightarrow \frac{\delta u}{u} = \frac{\delta d}{d} = -0.02 \pm 0.04 \quad \frac{\delta s}{s} = 0.68 \pm 0.04$$



Inclusive scattering:

detected scattered lepton

Virtual-photon kinematics:

$$Q^2 = -q^2 = 4EE' \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) \quad \nu = E - E'$$

Fraction of nucleon momentum carried by struck quark:

$$x = \frac{Q^2}{2M\nu}$$

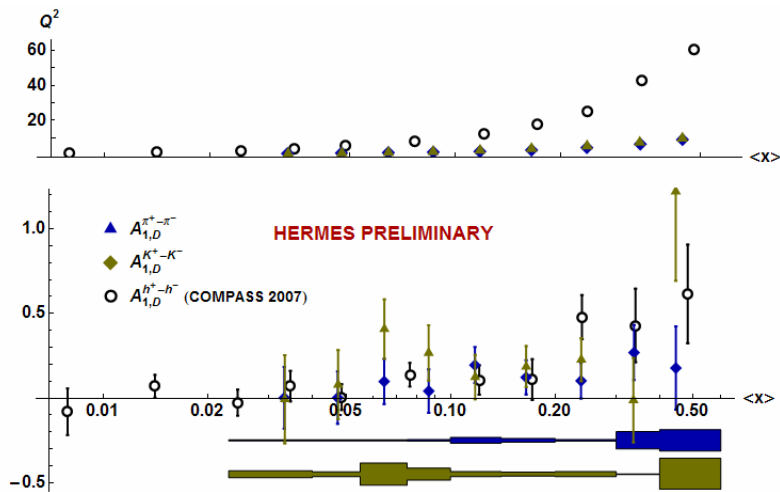
Semi-inclusive scattering:

detected scattered lepton and produced hadrons

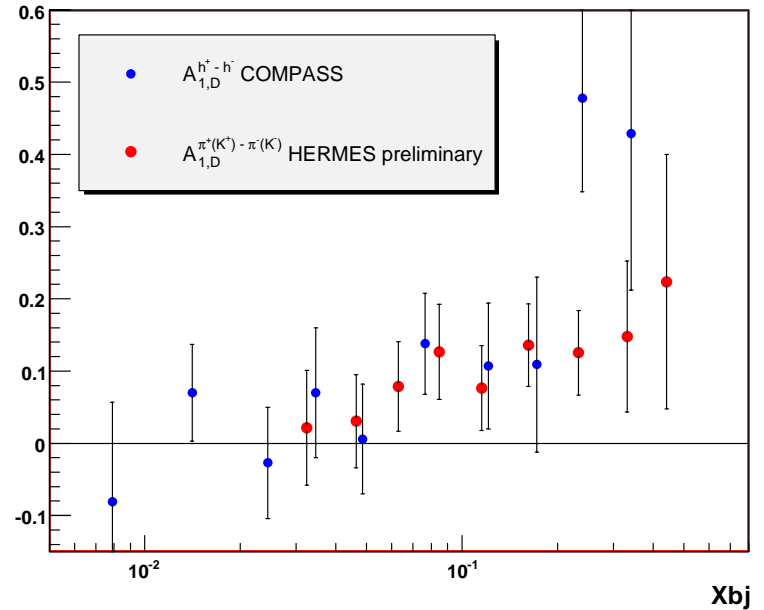
Fraction of virtual-photon energy carried by produced hadron h:

$$z = \frac{E_h}{\nu}$$

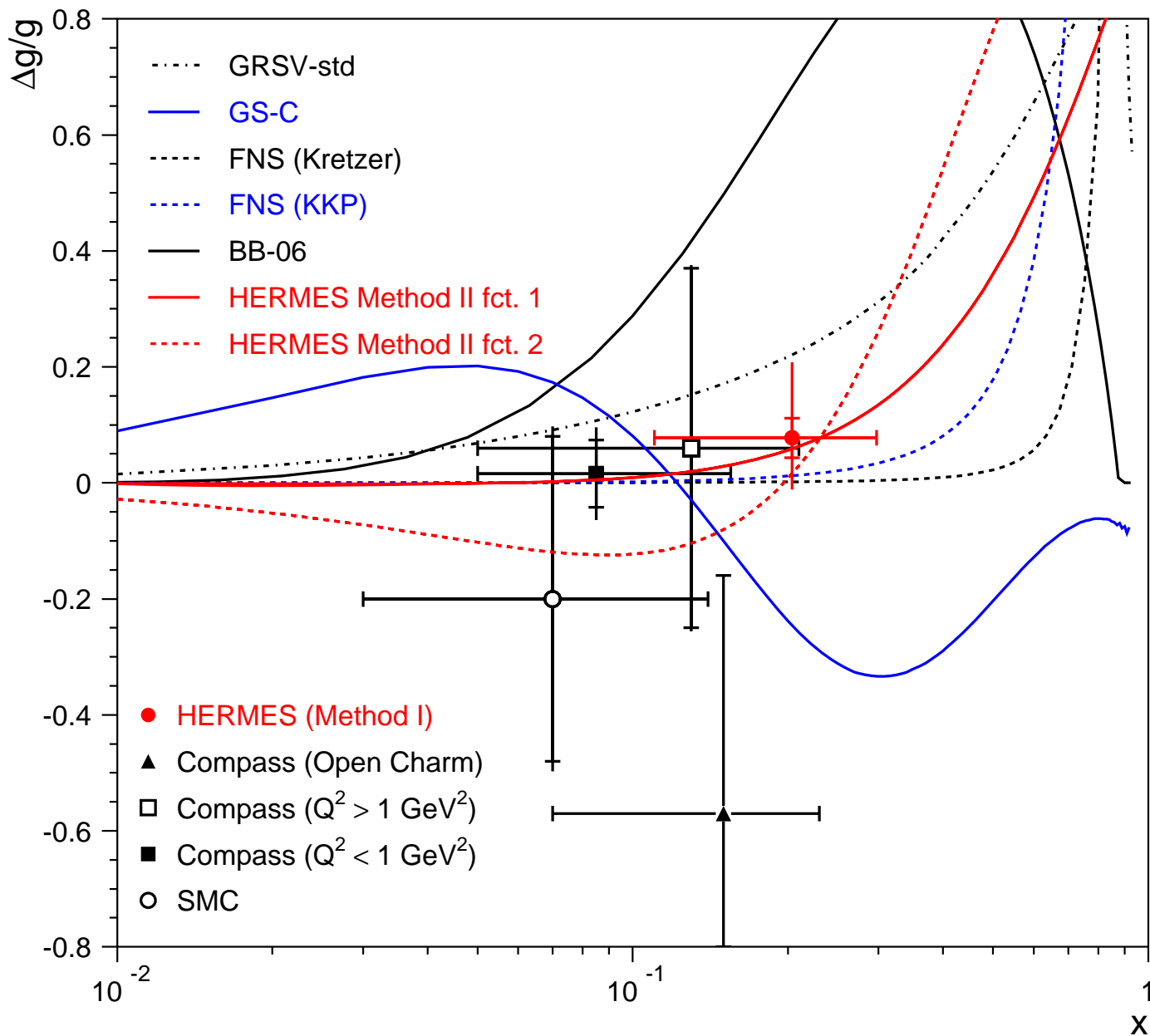
$$A_d^{h^+h^-} \cong A_d^{\pi^+\pi^-} = A_d^{K^+K^-} = \frac{\Delta u_v + \Delta d_v}{u_v + d_v}$$



Asymmetry

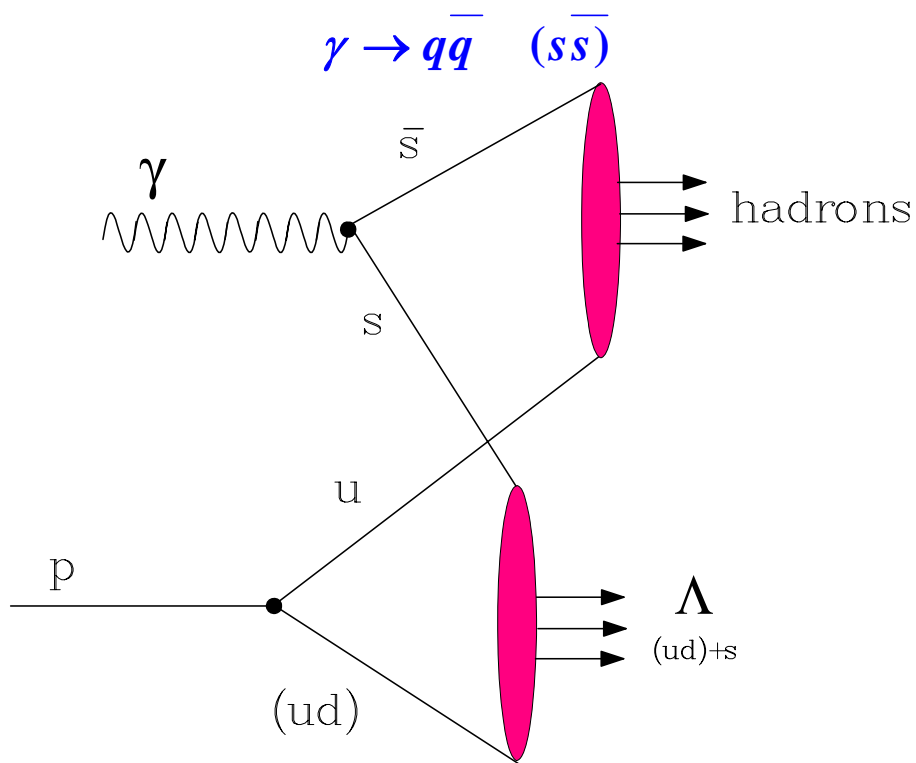


ΔG final result compilation

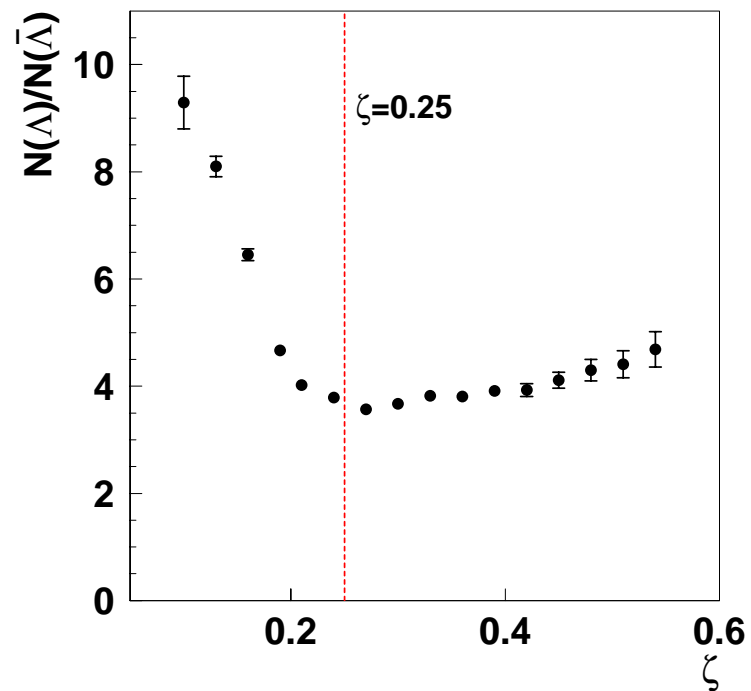


Λ photoproduction mechanism by PYTHIA

$$\langle E_\gamma \rangle = \langle E_e - E_{e'} \rangle \approx 15.6 \text{ GeV}$$



Λ to $\bar{\Lambda}$ yield ratio



$$\zeta^\Lambda \approx \frac{E^\Lambda}{E_e} < 0.25 \quad \sqrt{t} = 3.31 \text{ GeV}$$



*target (ud)
mechanism*

