

# Эксперимент HERMES. Наиболее важные и (почти) окончательные результаты

Цель эксперимента-  
исследование  
**спиновых**  
**структурных**  
**функций нуклона**  
(адронов вообще),  
проблема  
«спинового кризиса»

## ПИЯФ

С.Белостоцкий  
Д.Веретенников  
В.Вихров  
Г.Гаврилов  
О.Гребенюк  
А.Жгун  
А.Изотов  
А.Киселев  
П.Кравченко  
А.Крившич  
С.Манаенков  
О.Миклухо  
Ю.Нарышкин  
Ю.Санжиев

+

Отд.трек.дет.  
Лаб.крио.тех.  
КБ  
Инст.Ефремова

# Эксперимент HERMES. Наиболее важные и (почти) окончательные результаты

Цель эксперимента-  
исследование  
**спиновых**  
**структурных**  
**функций нуклона**  
(адронов вообще),  
проблема  
«спинового кризиса»

ПИЯФ  
анализ

С.Белостоцкий  
Д.Веретенников  
А.Киселев  
П.Кравченко  
С.Манаенков  
Ю.Нарышкин

Поляризованные  
позитроны  
(электроны)  
27.6 ГэВ

+

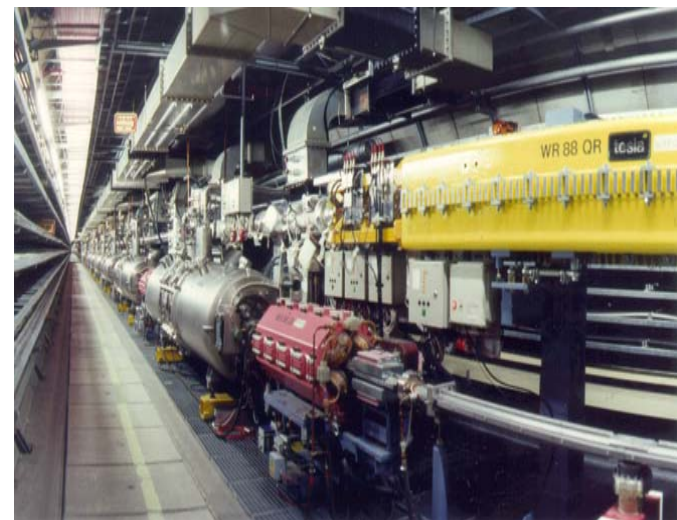
поляризованные  
H или D мишени  
поляризация 85%,  
неполяризованные  
ядерные мишени

Впервые реализована  
идея само-поляризации  
пучка электронов в  
магнитном поле  
ускорителя:

**HERA RING**

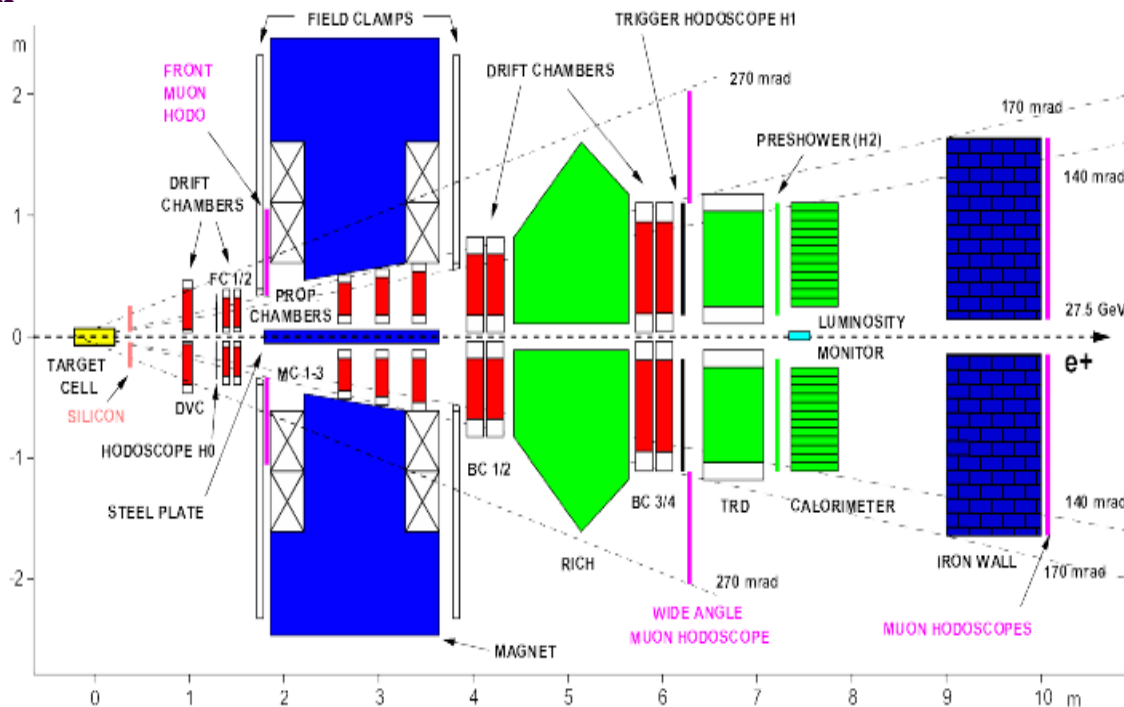
**e longitudinally pol.**

$P_{\text{beam}} \sim 50\%$



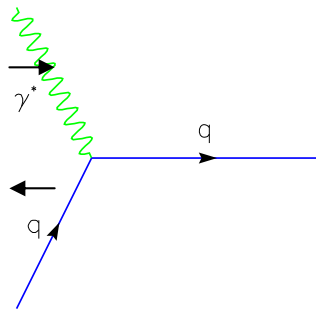
## Hermes spectrometer

PID: 98% lepton  
identification  
Excellent  
separation of  
 $\pi$ , K and p



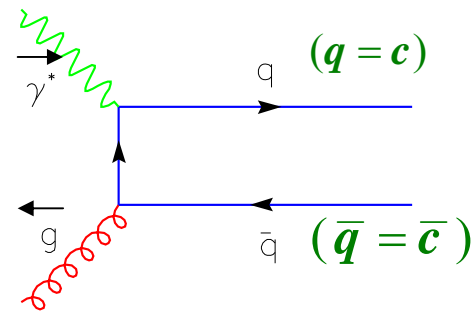
# Извлечение поляризации кварков и глюонов

В поляризованном  $e, \mu$  рассеянии на *продольно поляризованной мишени* доступ к поляризации кварков возможен в *DIS* через *LO* спиновые структурные функции, доступ к поляризации глюонов через **PGF** механизм (*NLO*)



DIS LO

$$A_{LL}(x) \propto \frac{\Delta q(x)}{q(x)} = \frac{\vec{q}(x) - \overleftarrow{q}(x)}{\vec{q}(x) + \overleftarrow{q}(x)}$$



**PGF** NLO

$$A_{LL}(x) \propto \frac{\Delta g(x)}{g(x)}$$

# Спиновые структурные функции и правило сумм

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

Phys. Rev. D 75 (2007) 012007

Phys. Rev D 71 (2005) 012003

$$\Delta\Sigma = \Delta u + \Delta d + \Delta s + \Delta\bar{u} + \Delta\bar{d} + \Delta\bar{s}$$

$$\Delta\Sigma = 0.12 \pm 0.09 \pm 0.14$$

Спиновые структурные функции кварков  $\Delta u(x), \Delta d(x), \dots$   
измеряются по асимметрии на продольно поляризованной мишени.

## Inclusive DIS

$$\bar{e} + \vec{d} \rightarrow e' + X$$

## Semi inclusive DIS

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

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

$$\Delta\Sigma = 0.359 \pm 0.026(\text{exp}) \pm 0.018(\text{theo})$$

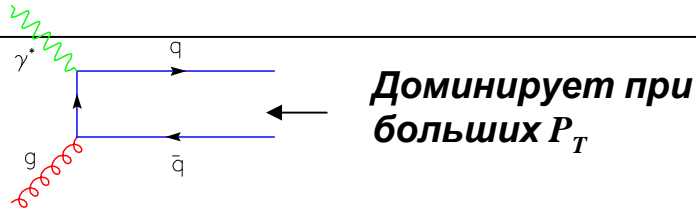
В очень хорошем согласии с  
COMPASS результатом

*evaluated at*  $0.021 < x < 0.6$

$$(\alpha_s = 0.29 \pm 0.01 \quad Q_0^2 = 2.5 \text{ GeV}^2)$$

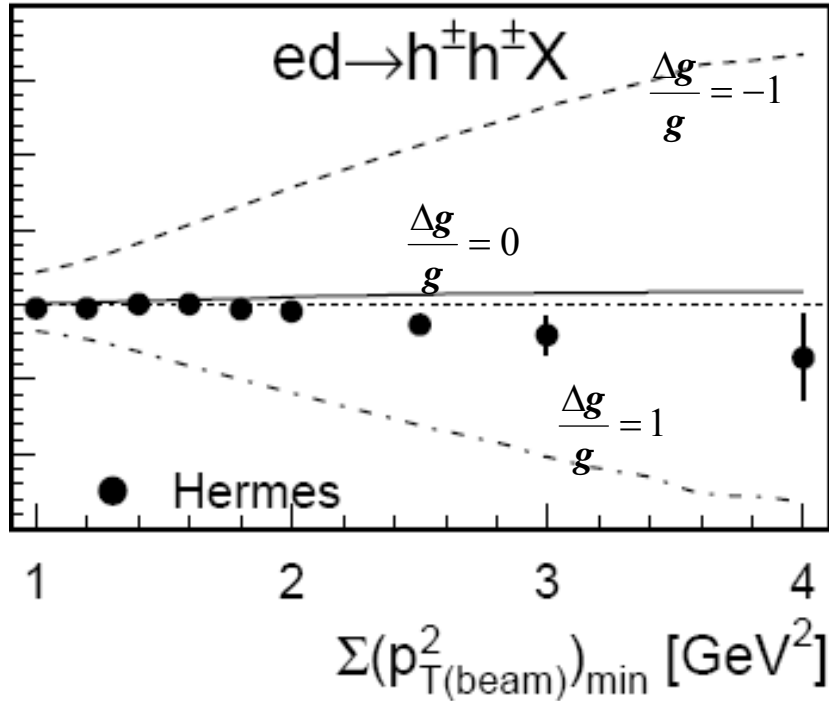
*inclusive* **результат окончательный**, *semi inclusive* **анализ завершается**

# Gluon polarization update

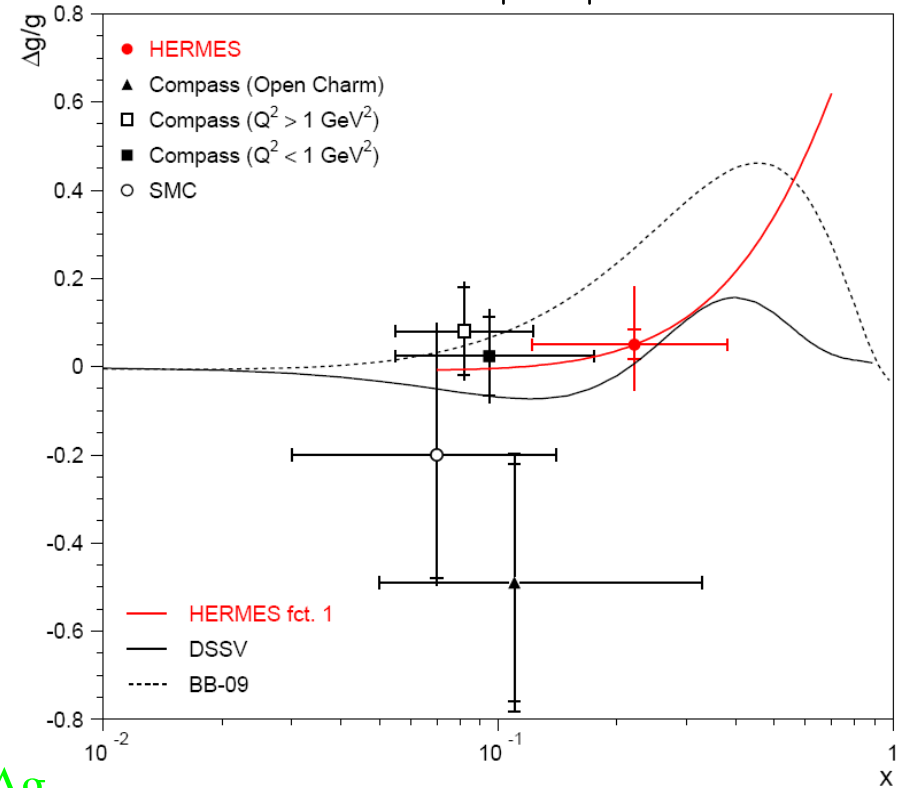


**JHEP 08 (2010) 130**

RHIC constrain  $|\Delta G| \leq 0.2$



**prelim. HERMES result**



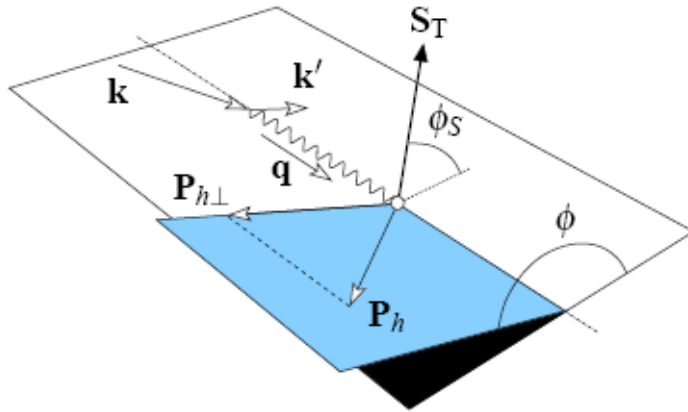
$$\frac{\Delta g}{g} = 0.078 \pm 0.034 \pm 0.011$$

$$0.049 \pm 0.034(\text{stat}) \pm 0.010(\text{sys-exp})_{-0.099}^{+0.126}(\text{sys-models}) \text{ at } \langle x \rangle = 0.22 \text{ and } \langle \mu^2 \rangle = 1.35 \text{ GeV}^2.$$

**Результат окончательный**

# Поперечно поляризованная мишень, transversity, Sivers DF, Collins FF

*Phys. Lett. B 693 (2010) 11-16*

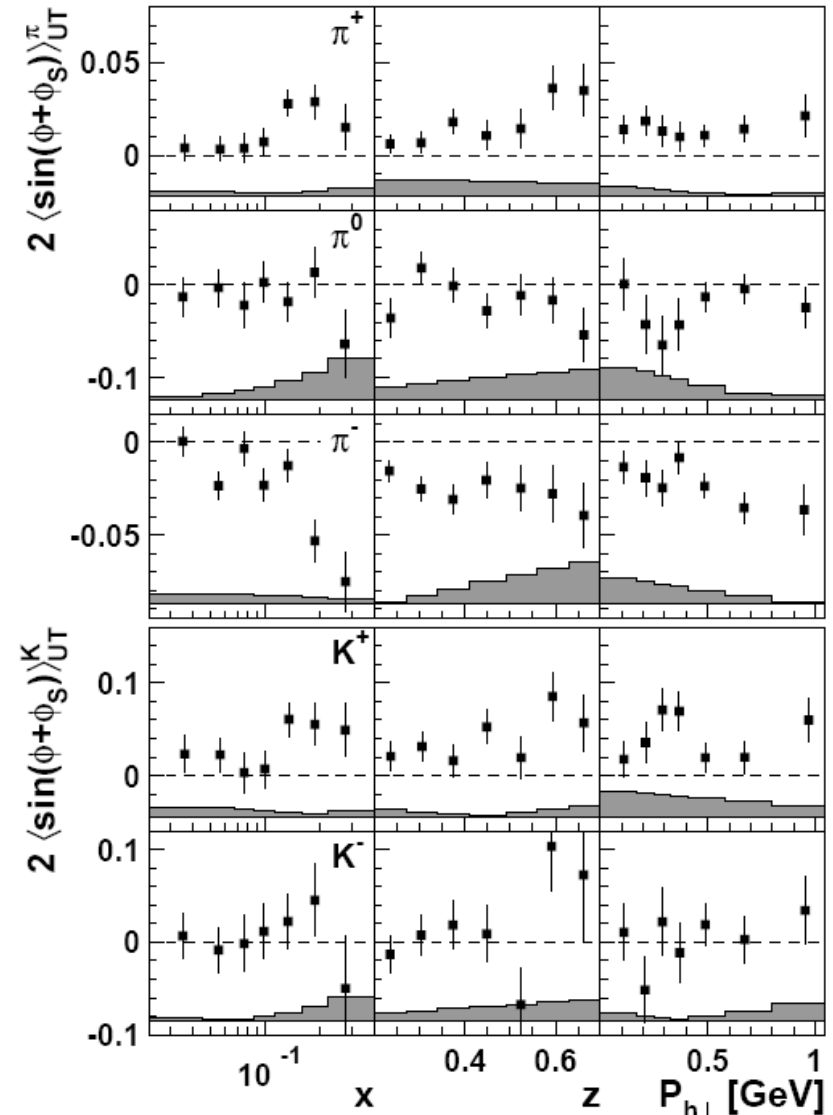


$$\langle \sin(\phi + \phi_S) \rangle^{\pi, K}$$

$$\propto S_T \sum_q e_q^2 h_{1T}^q(x, P_T^2) \cdot H_1^{\perp q}(z, k_T^2)$$

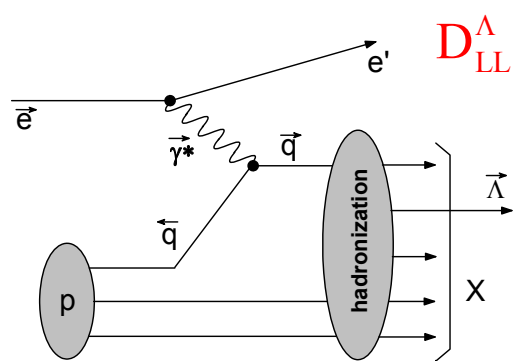
$\langle \sin(\phi - \phi_S) \rangle$  *Sivers DF*

*corr. quark spin with  $P_T$*



**Анализ закончен**

# Передача спина $\Lambda$ и анти $\Lambda$ гиперону **DLL**

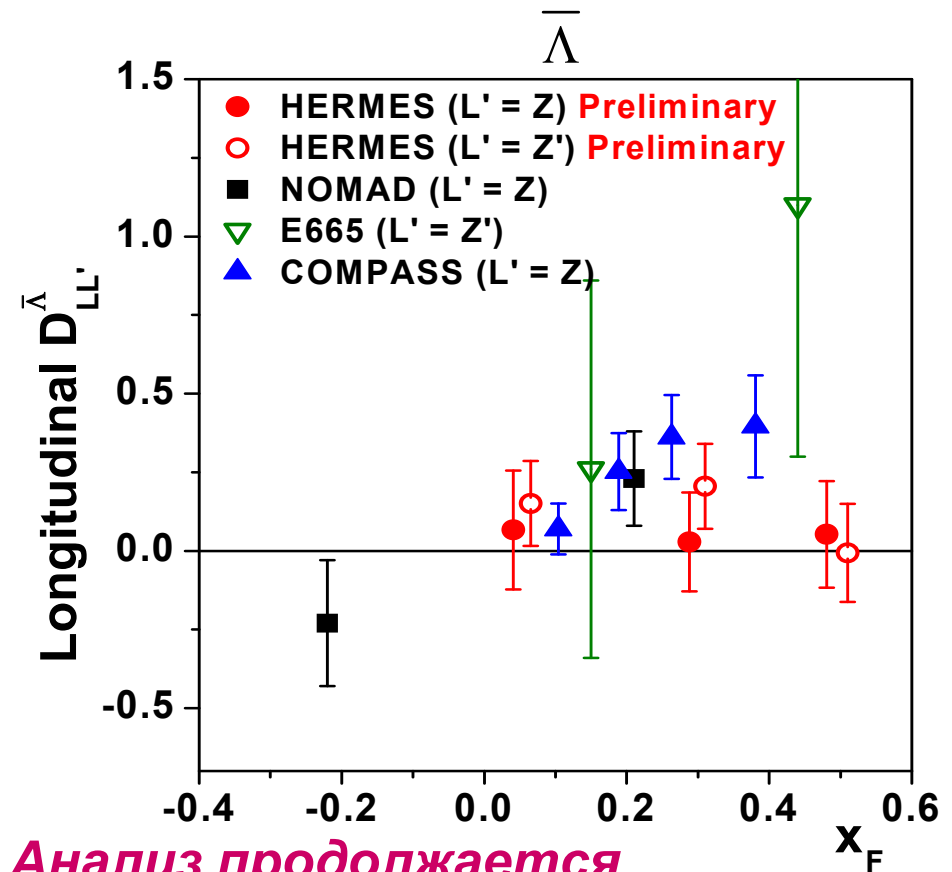
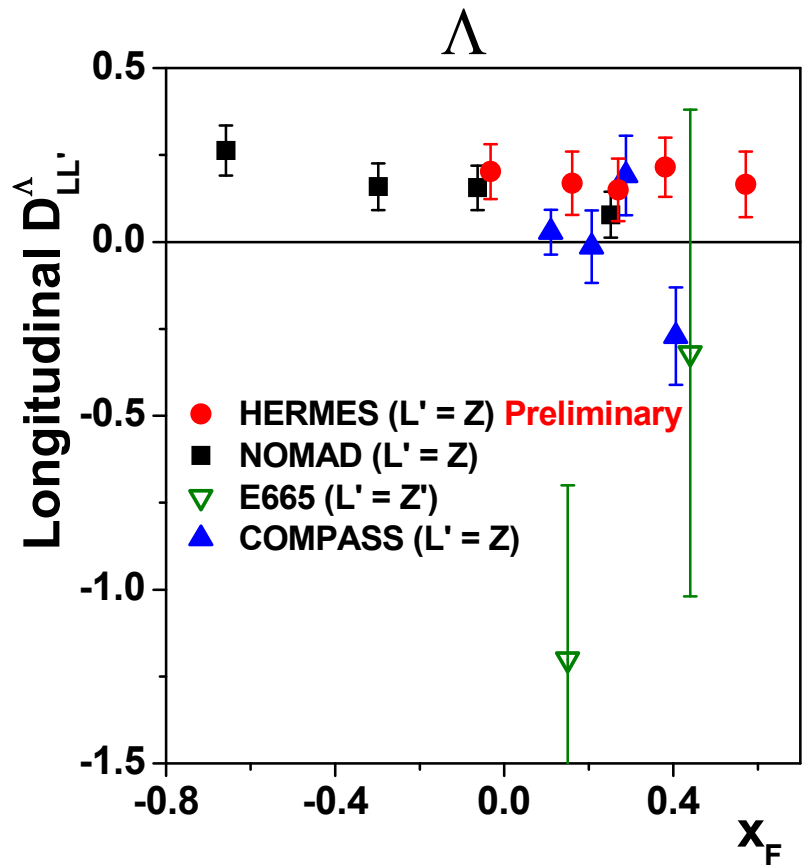


$$D_{LL}^{\Lambda}(x, z, Q^2) = \sum_f D_{LL}^{f \rightarrow \Lambda}(z, Q^2) \omega_p^{f \rightarrow \Lambda}(x, z, Q^2)$$

Phys. Rev. D 74 (2006)  
Phys. Rev. D 64 (2001)

$$D_{LL}^{f \rightarrow \Lambda} = \frac{F_{f\uparrow}^{\Lambda\uparrow} - F_{f\uparrow}^{\Lambda\downarrow}}{F_{f\uparrow}^{\Lambda\uparrow} + F_{f\uparrow}^{\Lambda\downarrow}} = \frac{\Delta F_f^{\Lambda}}{F_f^{\Lambda}} \Rightarrow$$

спиновая структура  
лямбда  
гиперона



Анализ продолжается



# Электророждение векторных мезонов, SDME для $\rho^0$

## Механизм реакции и структура VM

$$\vec{e} \rightarrow e' + \vec{\gamma}^*$$

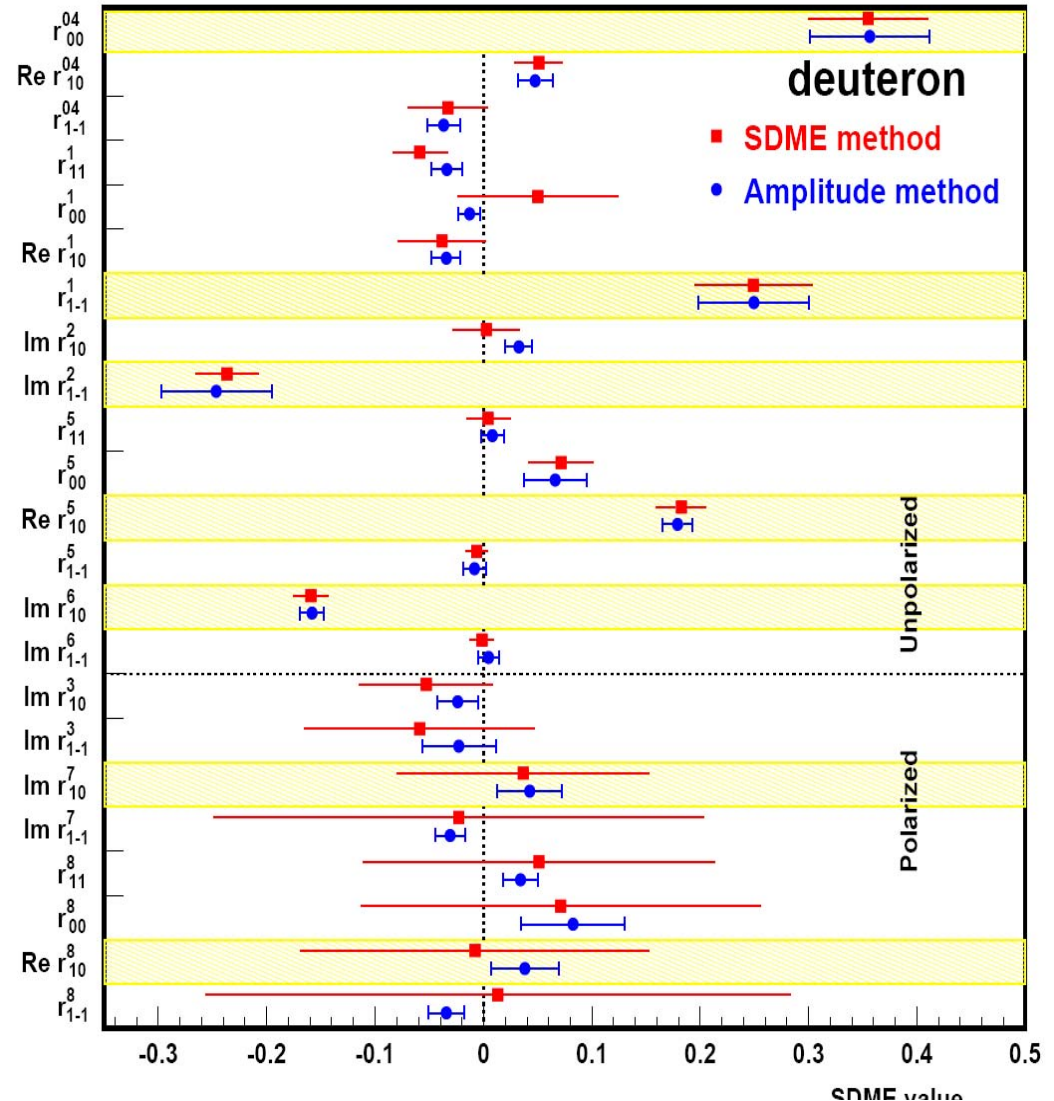
$$\vec{\gamma}^* + \vec{N} \rightarrow \vec{V}(\rho, \phi, \omega) + N'$$

$$\{3 \times 3\}_\gamma \cdot \{2 \times 2\}_N \Rightarrow \{3 \times 3\}_V \cdot \{2 \times 2\}_{N'}$$

Virtual  
Photon  
SM  
известна  
из К.Э.Д.

V-meson  
SM  
измеряется  
эксперименте

EPJ C 71 (2011) 1609



Анализ продолжается

## заклучение

---

Эксперимент HERMES внес большой вклад в исследование структуры нуклонов (адронов):

- ❑ окончательный результат  $\Delta\Sigma$  кварков
- ❑ оценка поляризации глюонов  $\Delta G / G$
- ❑ эффекты поперечного спина, *Collins, Sivers*
- ❑ *DVCs* и обобщенные партонные распределения
- ❑ Электророждение *VM*
- ❑ поляризация и передача спина  $\Lambda$  гиперону

Эксперимент HERMES заканчивает свою *активную* деятельность в 2012 году

*Благодарности*

Klaus Rith, ПИЯФ, DESY, МИННАУКА

**BACKUP SLIDES**

# Группа ПИЯФ в HERMES анализе

---

**Полина Кравченко** спиновые структурные функции, получение окончательных результатов с учетом всех возможных поправок

**Сергей Манаенков** Поляризационные параметры в рождении векторных мезонов;  $\rho, \phi, \omega$  SDME, инвариантные амплитуды

**Денис Веретенников , Юрий Нарышкин, Станислав Белостоцкий**  
Параметры передачи спина DLL, KLL  $\Lambda$  и анти- $\Lambda$  гиперону;  
Поперечная поляризация;  
Ядерные эффекты в рождении гиперонов

**Александр Киселев**  
Обработка сырых данных. Модернизация кода восстановления треков.

# конференции 2009-2011

2010

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  $\rho^0$ ,  $\phi$ , and  $\omega$  Mesons at HERMES*"  
XIII Workshop on High Energy Spin Physics (DSPIN09)  
Sep 1 - 5, 2009 Dubna, Russia

**С.И.Манаенков** "*Direct Extraction of Helicity Amplitude Ratios in Exclusive  $\rho^0$  Electroproduction*".XVIII International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS2010),  
19-23 April, Florence, Italy

**С.И.Манаенков** "*DIRECT EXTRACTION OF HELICITY AMPLITUDE RATIOS IN EXCLUSIVE  $\rho^0$  ELECTROPRODUCTION*".International Workshop "Hadron Structure and QCD (HSQCD2010)", Gatchina 5-9 July, 2010, Russia

**Ю.Г.Нарышкин** "*Lambda polarization at HERMES*"  
IX International Conference on Hyperons, Charm and Beauty Hadrons  
21-26 June 2010, AulaMagna, University of Perugia Perugia, Italy

**Ю.Г.Нарышкин** "*Measurement of the nuclear-mass dependence of spontaneous (transverse)  $\Lambda$  polarisation in quasi-real photoproduction at HERMES*"  
SPIN2010 –19th International Spin Physics Symposium  
September 27 –October 2, 2010, Jülich, Germany

**Д.О.Веретенников** "*SPIN Transfer Coefficient DLL to Lambda Hyperon in SIDIS at HERMES*".  
SPIN2010 –19th International Spin Physics Symposium  
September 27 –October 2, 2010, Jülich, Germany

2011

**П.Кравченко** "**HERMES results on quark helicity Distributions of the nucleon from deep-inelastic scattering**".

PANIC11 2011 Boston, USA

**С.Манаенков** "**Helicity and Invariant Amplitudes for Exclusive Vector-Meson Electroproduction**".

Spin Physics in Dubna (DSPIN-11),  
September 20-24 2011

**С.Белостоцкий** "**Spin transfer to lambda and anti lambda hyperon at HERMES**"

XIX International Workshop  
on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS 2011) Apr 10 - 15, 2011 Newport News, VI, USA

“

Поляризованные  
позитроны  
(электроны)

27.6 ГэВ

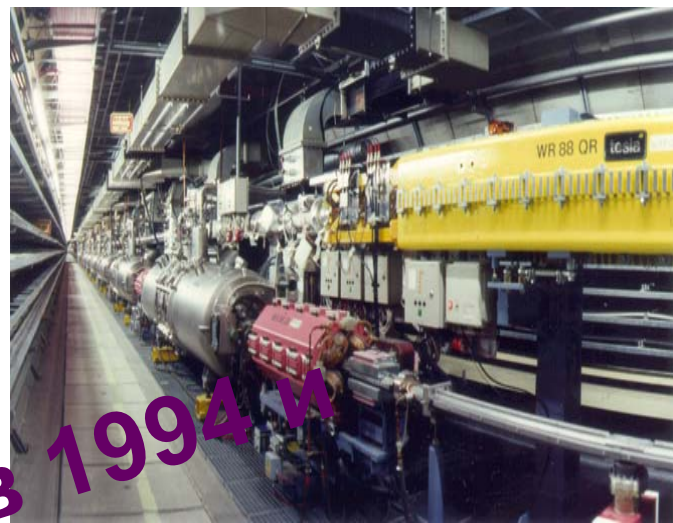
+

поляризованные  
H или D мишени  
поляризация 85%,  
неполяризованные  
ядерные мишени

Впервые реализована  
идея само-поляризации  
пучка электронов в  
магнитном поле  
ускорителя:

HERA RING

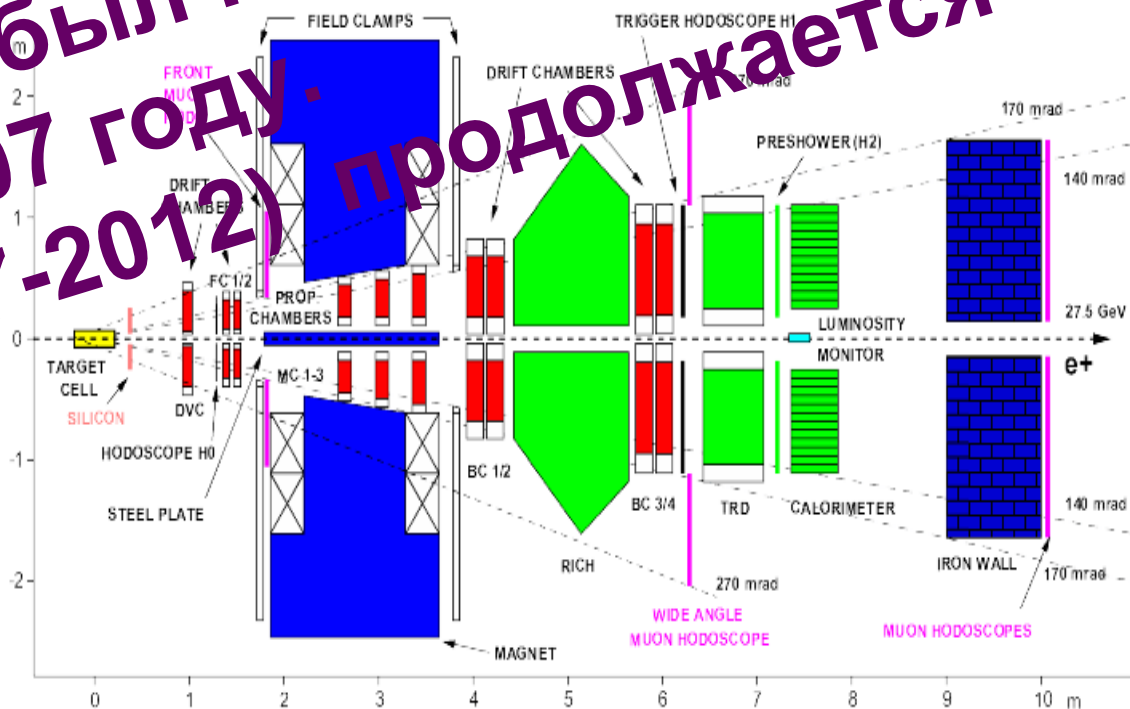
$P_{\text{beam}} \sim 50\%$



начат в 1994 и

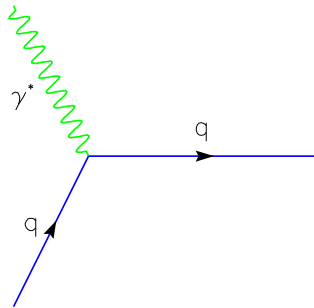
Hermes spectrometer

PID: 98% lepton  
identification  
Excellent  
separation of  
 $\pi$ , K and p



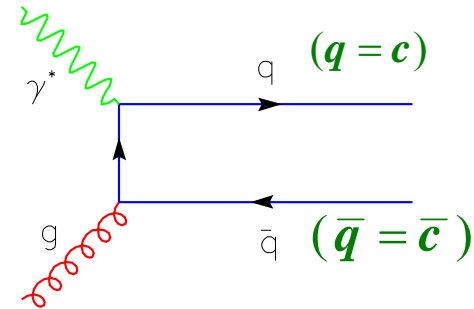
# Извлечение поляризации глюонов

В поляризованном  $e, \mu$  рассеянии (NLO), доступ к  $\Delta G$  возможен через **PGF** механизм



DISLO

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



**PGF** NLO

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

**PGF** доминирует в **OPEN CHARM PRODUCTION**,  
хороший сигнал, но недостаток статистики.

**Другая возможность - отбор событий с большими  $P_T$  для адронов**

# Transverse spin effects

**HERMES measured transverse spin effects  
in semi-inclusive  $\pi^\pm, \pi^0, K^+, K^-$  production related to**

- ✓ longitudinal beam polarization  $\Rightarrow A_{LU}(\Phi)$
  - ✓ longitudinal target polarization  $\Rightarrow A_{UL}(\Phi)$
  - ✓ transverse target polarization  $\Rightarrow A_{UT}(\Phi, \Phi_S)$
- access to  
 $\delta q(x) = q \uparrow(x) - q \downarrow(x)$   
**Collins FF, Sivers DF**

---

**Deep Virtual Compton  
Scattering *DVCs*,  
Hard exclusive meson  
production**

**GPD,  
access to  
quark orbital  
momentums**

**$J_q$**



# *The HERMES collaboration from 1994*



**A second generation experiment  
designed to study the spin structure  
of the nucleon at HERA**

**Alberta  
Argonne  
Cal Tech  
Colorado  
DESY, Ham.  
DESY, Zeuthen  
Erlangen  
Ferrara  
Florida Int.  
Frascati**

**Freiburg  
Gent  
Illinois  
JINR, Dubna  
Kentucky  
Liverpool  
Marburg  
MIT  
Moscow  
MPI, Heidelberg**

**Munich  
N. Mex. St.  
NIKHEF  
Pennsylvania  
Rome  
St. Petersburg  
Tokyo  
TRIUMF  
Wisconsin  
Yerevan**

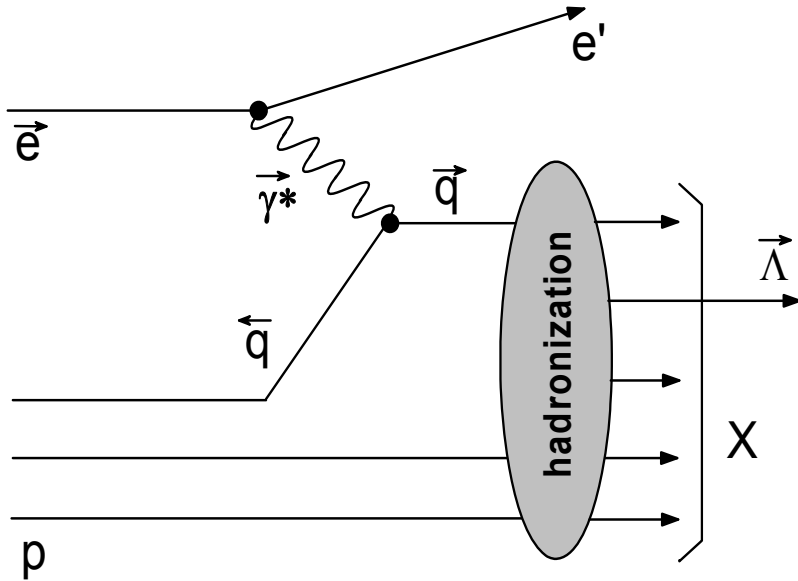
**Bari  
Beijing  
Hefei  
Giessen  
Glasgow  
Michigan  
Protvino  
Regensburg  
Uni. Amsterdam  
Warsaw**

*Наиболее важные  
окончательные  
результаты и  
работы в стадии  
завершения*

# Longitudinal spin transfer DLL'

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

**Valid only for current fragmentation !!**



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

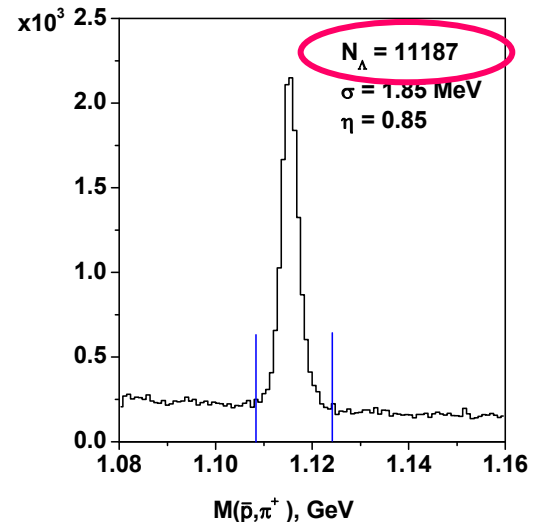
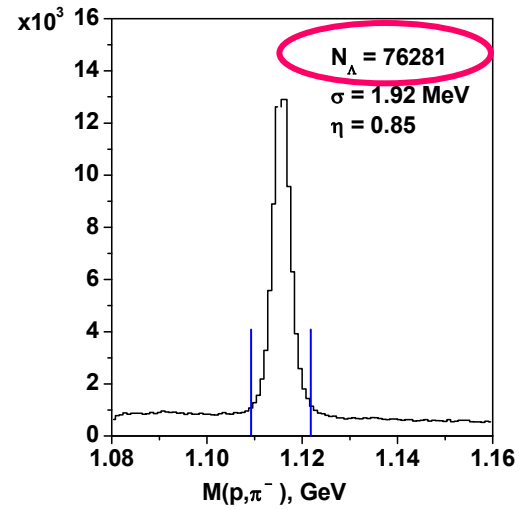
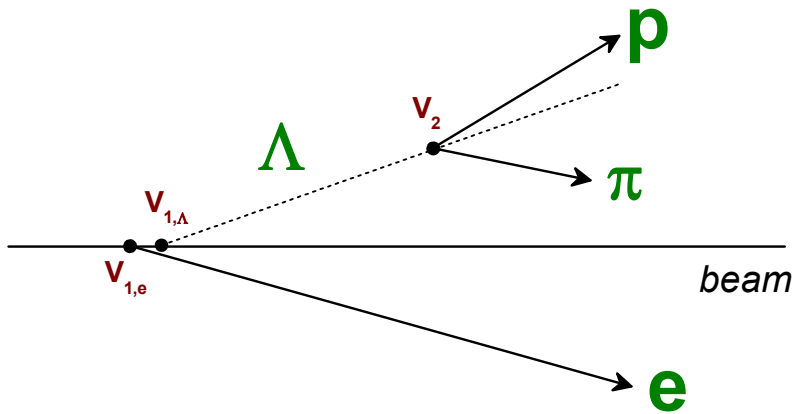
$$D_{LL'}^{\Lambda} = \sum_q \omega_q \cdot D_{LL'}^{q\Lambda} \approx \sum_q \omega_q \frac{\delta q^{\Lambda}}{q^{\Lambda}}$$

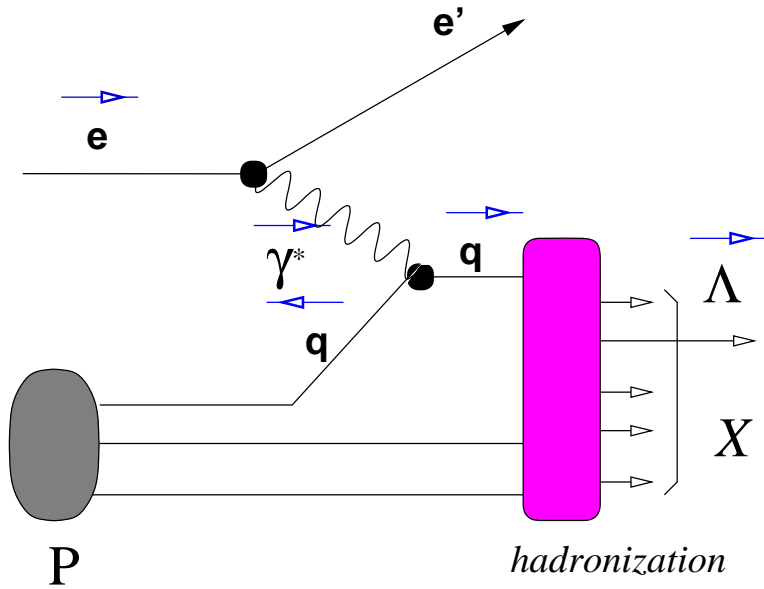
$\Lambda$  spin structure

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

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

# $\Lambda$ and $\bar{\Lambda}$ events selection





$$P_{L'}^\Lambda = P_b D(y) D_{LL'}^\Lambda$$

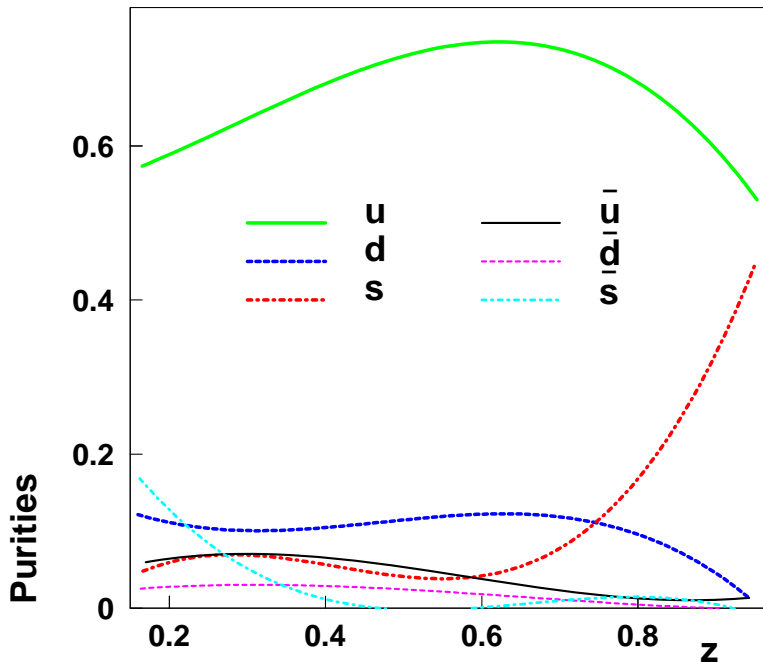
$$D_{LL'}^\Lambda(z) = \sum_q \tilde{P}_q(z) \cdot D_{LL'q}^\Lambda(z)$$

$$\tilde{P}_q(z) = \int \tilde{P}_q(x, z) dx$$

$$D_{LL'q}^\Lambda(z) = \frac{FF_q^{\Lambda\uparrow}(z) - FF_q^{\Lambda\downarrow}(z)}{FF_q^{\Lambda\uparrow}(z) + FF_q^{\Lambda\downarrow}(z)}$$

Partial spin - transfer

Due to strong  $u$ -dominance



$$D_{LL'}^\Lambda \approx \frac{\Delta u^\Lambda}{u^\Lambda}$$

# Поляризация и передача спина $\Lambda$ и анти $\Lambda$ гиперону

**Semi Inclusive DIS  
at  $Q^2 > 0.8 \text{ GeV}^2$**

$$\begin{aligned} \vec{e}+p(d) &\Rightarrow e'+\bar{\Lambda}+X & \bar{\Lambda} &\Rightarrow p+\pi^- & \vec{P}_\Lambda &= \vec{D}_\Lambda P_{\text{quark}} & P_{\text{quark}} &= D(y)P_B \\ &\Rightarrow e'+\bar{\Lambda}+X & \bar{\Lambda} &\Rightarrow \bar{p}+\pi^+ & & & & \end{aligned}$$

***For the first time 3-d analysis***

Phys. Rev. D76 (2007) 092008

Phys. Rev. D 74 (2006) 072004

Phys.Rev. D64 (2001) 112005

# Various $\Lambda$ -spin structure tests

## Constituent quark model (CQM)

$$\Delta u = \Delta d = 0, \quad \Delta s = 1$$

## Lattice QCD

$$\Delta u = \Delta d = -0.02 \pm 0.04, \quad \Delta s = 0.68 \pm 0.04$$

## SU(3) flavor symmetry

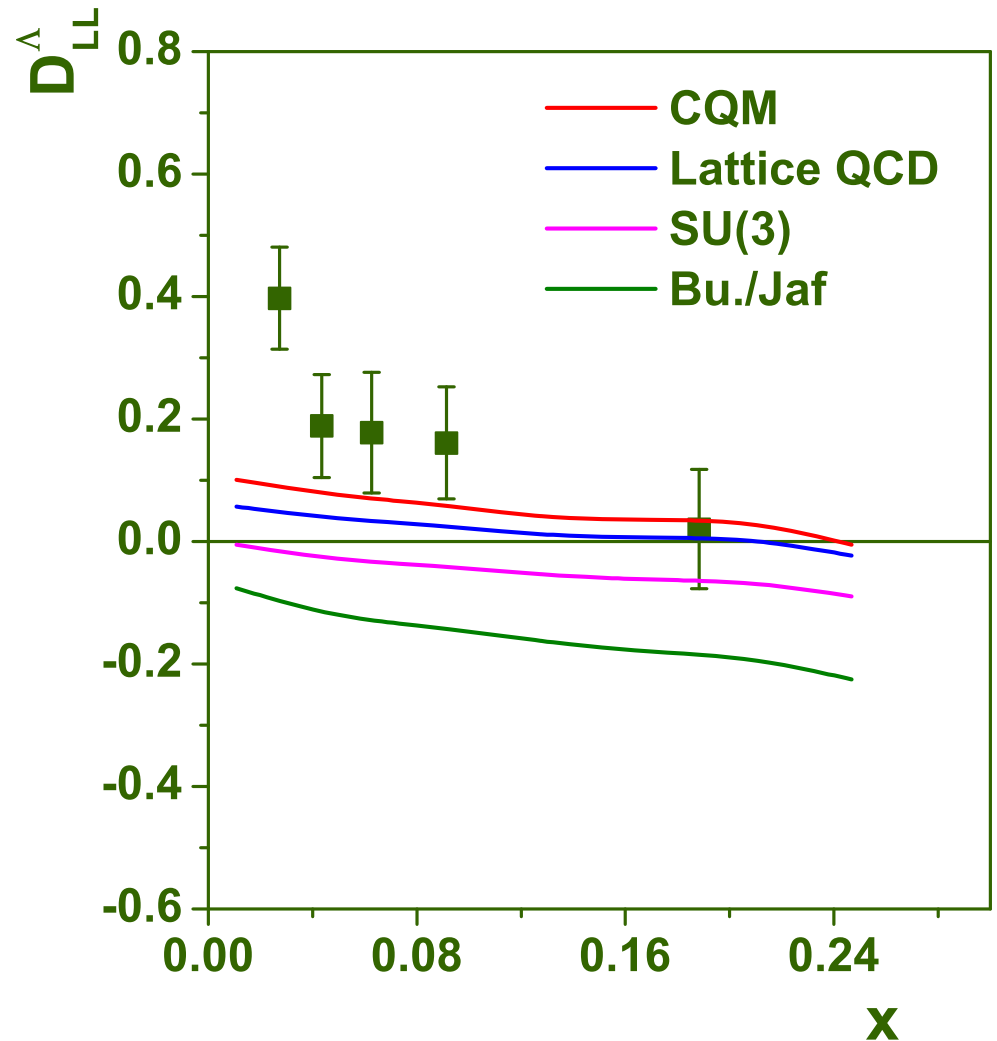
$$\Delta u = \Delta d = -0.09 \pm 0.06, \quad \Delta s = 0.47 \pm 0.07$$

## Burkard/Jaffe

$$\Delta u = \Delta d = -0.23 \pm 0.06, \quad \Delta s = 0.58 \pm 0.07$$

$\Sigma(1193) \rightarrow \Lambda\gamma, \Sigma(1385), \Xi \rightarrow \Lambda\pi$

are to be taken into account !!



## *$\Delta G$ from HERMES hadron high $PT$ data*

---

*$\Delta G$  is poorly known till now. In principle, it can be accessed by investigating NLO structure function  $g_1$ :*

*E155, SMC  $\rightarrow$  pQCD fit to NLO  $g_1$*

*/J.Blumlein, M.Hirai, D.de Florian, Leader et al/*

*Unfortunately, the results obtained are very uncertain:*

$$\Delta G(x, Q^2) = \int_0^1 \Delta g(x, Q^2) dx \approx (0.5 \text{ to } 1) \pm 1$$

---

*$\Delta g$  may be also accessed in polarized  $pp$  collisions,*

*e.g.  $A_{LL}$  in  $\vec{p}\vec{p} \Rightarrow \pi^0 X$  is sensitive to  $\frac{\Delta g}{g}$*



***PHENIX&STAR new results are expected***



Another option to enhance PGF mechanism is detection of hadrons with high PT.

$$A_{LL}^{meas}(p_T) = \sum_i R_i(p_T) a_{LL}^i(p_T) \quad i - \text{ subprocess}$$

$R_i(p_T)$  fraction of  $i$ -subprocess  $\Leftarrow$  **PYTHIA 6.2**

$a_{LL}^i(p_T)$  asymmetry of  $i$ -subprocess

$$a_{LL}(p_T) = \alpha_{LL}(s, t) \cdot \frac{\Delta f_a^\gamma(x_a, Q^2)}{f_a^\gamma(x_a, Q^2)} \cdot \frac{\Delta f_b^N(x_b, Q^2)}{f_b^N(x_b, Q^2)}$$

**qq, gq, etc.  
calculable**

**photon  
pol/unpol PDF**

**nuclon  
pol/unpol PDF**

**For PGF**  $\alpha_{LL}(s, t) = \frac{\Delta \sigma_{\gamma g \rightarrow q\bar{q}}}{\sigma_{\gamma g \rightarrow q\bar{q}}}(s, t)$

**Unknown gluon polarization**

$$\frac{\Delta f_b^N(x_b, Q^2)}{f_b^N(x_b, Q^2)} \Rightarrow \frac{\Delta g_b^N(x_b, Q^2)}{g_b^N(x_b, Q^2)}$$

**can be found using measured asymmetry**  $A_{LL}^{meas}(p_T)$

# Evaluation of $\Delta\Sigma$

neglecting  $\frac{\alpha_s(Q^2)}{2\pi}$

$$\Delta\Sigma = \mathbf{a}_0 = (\Delta\mathbf{u} + \Delta\bar{\mathbf{u}}) + (\Delta\mathbf{d} + \Delta\bar{\mathbf{d}}) + (\Delta\mathbf{s} + \Delta\bar{\mathbf{s}})$$

$$= \frac{9}{2}(\Gamma_p + \Gamma_n) - \mathbf{a}_8 = 9\Gamma_d / (1 - \frac{3}{2}\omega_d) - \mathbf{a}_8$$

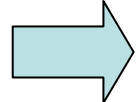
$$\mathbf{a}_8 = 0.586 \pm 0.031$$

**D-state correction**

$\Delta\Sigma$  evaluated at  $\alpha_s = 0.29 \pm 0.01 \dots(\alpha_s^2)$

$$Q_0^2 \sim 5\text{GeV}^2 \quad \omega_d = 0.05 \pm 0.01 \quad 0.021 < x < 0.9 \quad \mathbf{a}_8 = 3F - D = 0.586$$

Integral  $\int_x^{0.9} \mathbf{g}_1^d(\mathbf{x})d\mathbf{x}$  at  $x = 0.06 \rightarrow 0.02$  well saturated,



talk M.Varanda

i.e.,  $\int_{0.021}^{0.9} \mathbf{g}_1^d(\mathbf{x})d\mathbf{x} \simeq \int_0^1 \mathbf{g}_1^d(\mathbf{x})d\mathbf{x} \equiv \Gamma_d$



$$\Delta\Sigma = 0.330 \pm 0.025(\text{exp.}) \pm 0.011(\text{theo.}) \pm 0.028(\text{evol.})$$

EMC  $\Delta\Sigma = 0.12 \pm 0.09 \pm 0.04$     COMPASS  $\Delta\Sigma = 0.25 \pm 0.03$     Theo  $\approx 0.6$

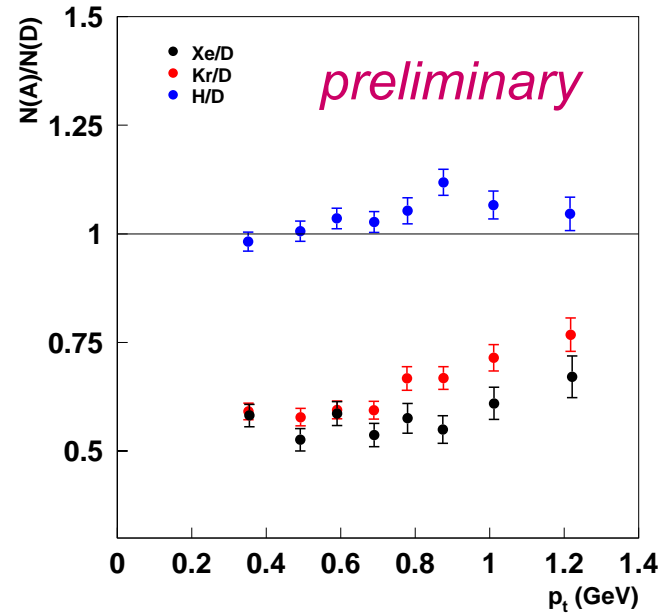
# Strong A-dependence of $\Lambda$ yields and transverse polarization in photoproduction

Ю. Нарышкин



$A = \text{H, D, } ^3\text{He, } ^4\text{He, N, Ne, Kr and Xe}$

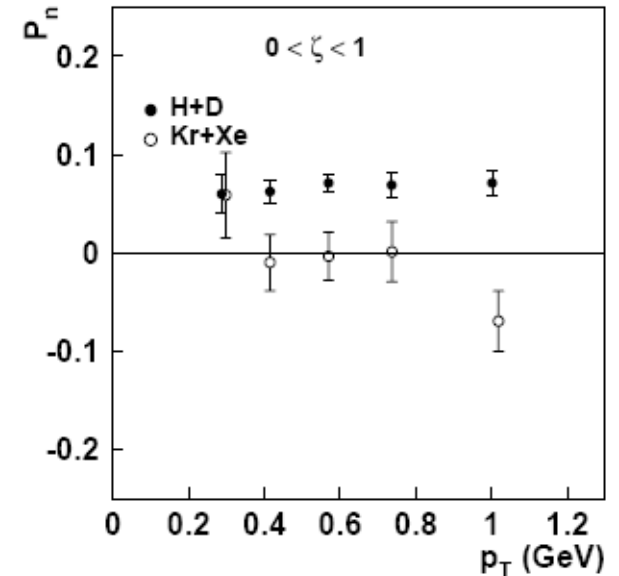
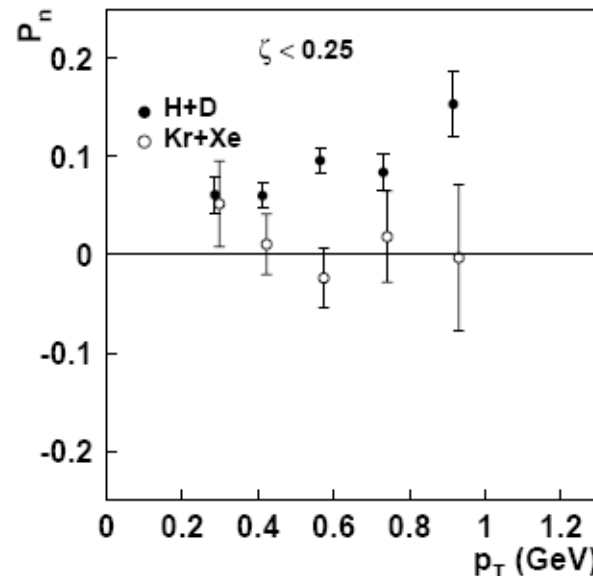
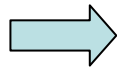
$$R_\Lambda = \frac{\left( \frac{N_\Lambda(A)}{A \cdot \text{Lumi}} \right)}{\left( \frac{N_\Lambda(\text{D})}{2 \cdot \text{Lumi}} \right)} = \frac{\sigma_\Lambda(\gamma \tilde{n}(A) \rightarrow \Lambda X)}{\sigma_\Lambda(\gamma n \rightarrow \Lambda X)}$$



$L_\gamma \gg R_A$

pure  $\Lambda$ -absorption effect

In disagreement with hadron-hadron Lambda production



- 1. Measurement of azimuthal asymmetries associated with deeply virtual Compton scattering on a longitudinally polarized deuterium target**  
*A. Airapetian et al, Nucl. Phys. B842 (2011) 265-298*  
Eprint numbers: arXiv:1008.3996 (hep-ex) and DESY-10-136
- 2. Leading Order Determination of the Gluon Polarization from high-pT Hadron Electroproduction**  
*A. Airapetian et al, JHEP 08 (2010) 130*  
Eprint numbers: arXiv:1002.3921(hep-ex) and DESY-10-021
- 3. Effects of transversity in deep-inelastic scattering by polarized protons**  
*A. Airapetian et al, Phys. Lett. B 693 (2010) 11-16*  
Eprint numbers: arXiv:1006.4221 (hep-ex) and DESY-10-87
- 4. Exclusive Leptoproduction of Real Photons on a Longitudinally Polarised Hydrogen target**  
*A. Airapetian et al, JHEP 06 (2010) 019*  
Eprint numbers: arXiv:1004.0177 (hep-ex) and DESY-10-046
- 5. Nuclear-mass dependence of beam-helicity and beam-charge azimuthal asymmetries in DVCS**  
*A. Airapetian et al, Phys. Rev. C 81 (2010) 035202*  
Eprint numbers: arXiv:0911.0091 (hep-ex) and DESY-09-190
- 6. Transverse momentum broadening of hadrons produced in semi-inclusive deep-inelastic scattering on nuclei**  
*A. Airapetian et al, Phys. Lett. B 684 (2010) 114-118*  
Eprint numbers: arXiv:0906.2478 (hep-ex) and DESY-09-082
- 7. Measurement of azimuthal asymmetries associated with deeply virtual Compton scattering on an unpolarized deuterium target**  
*A. Airapetian et al, Nucl. Phys. B 829 (2010) 1-27*  
Eprint numbers: arXiv:0911.0095 (hep-ex) and DESY-09-189

# 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  $\rho^0$  and  $\phi$  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  $\Lambda$  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  $\rho^0$ ,  $\phi$ , and  $\omega$  Mesons at HERMES"*  
XIII Workshop on High Energy Spin Physics (DSPIN09)  
Sep 1 - 5, 2009 Dubna, Russia

2010

**С.И.Манаенков** *"Direct Extraction of Helicity Amplitude Ratios in Exclusive  $\rho^0$  Electroproduction"*.XVIII International Workshop on Deep-Inelastic Scattering and Related Subjects (DIS2010),  
19-23 April, Florence, Italy

**С.И.Манаенков** *"DIRECT EXTRACTION OF HELICITY AMPLITUDE RATIOS IN EXCLUSIVE  $\rho^0$  ELECTROPRODUCTION"*.International Workshop "Hadron Structure and QCD (HSQCD2010)", Gatchina 5-9 July, 2010, Russia

**Ю.Г.Нарышкин** *"Lambda polarization at HERMES"*  
IX International Conference on Hyperons, Charm and Beauty Hadrons  
21-26 June 2010, AulaMagna, University of Perugia Perugia, Italy

**Ю.Г.Нарышкин** *"Measurement of the nuclear-mass dependence of spontaneous (transverse)  $\Lambda$  polarisation in quasi-real photoproduction at HERMES"*

SPIN2010 –19th International Spin Physics Symposium  
September 27 –October 2, 2010, Jülich, Germany  
**Д.О.Веретенников** *"SPIN Transfer Coefficient DLL to Lambda Hyperon in SIDIS at HERMES"*.

SPIN2010 –19th International Spin Physics Symposium  
September 27 –October 2, 2010, Jülich, Germany

## Publication in progress

- Draft-84** "Ratios of Helicity Amplitudes for Exclusive  $\rho$  Electroproduction" С.Манаенков
- Draft- 83** "Study of nuclear medium effects on transverse  $\Lambda$  hyperon polarization  
In quasi-real photoproduction" С.Белостоцкий
- Draft-88** "Spin Transfer Coefficient DLL to  $\Lambda$  and  $\bar{\Lambda}$  Hyperons in Semi-Inclusive DIS  
at HERMES experiment" С.Белостоцкий
- Draft-85** "An Exploration of kinematical dependences of longitudinal double-spin asymmetry  
at HERMES" П.Кравченко

## Защищенные диссертации

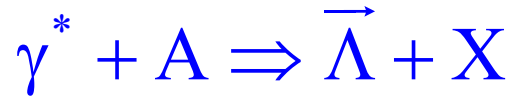
*А. Жгун, Ю.Нарышкин, П.Кравченко*

## Грядущие диссертации

*Д.Веретенников 2012*

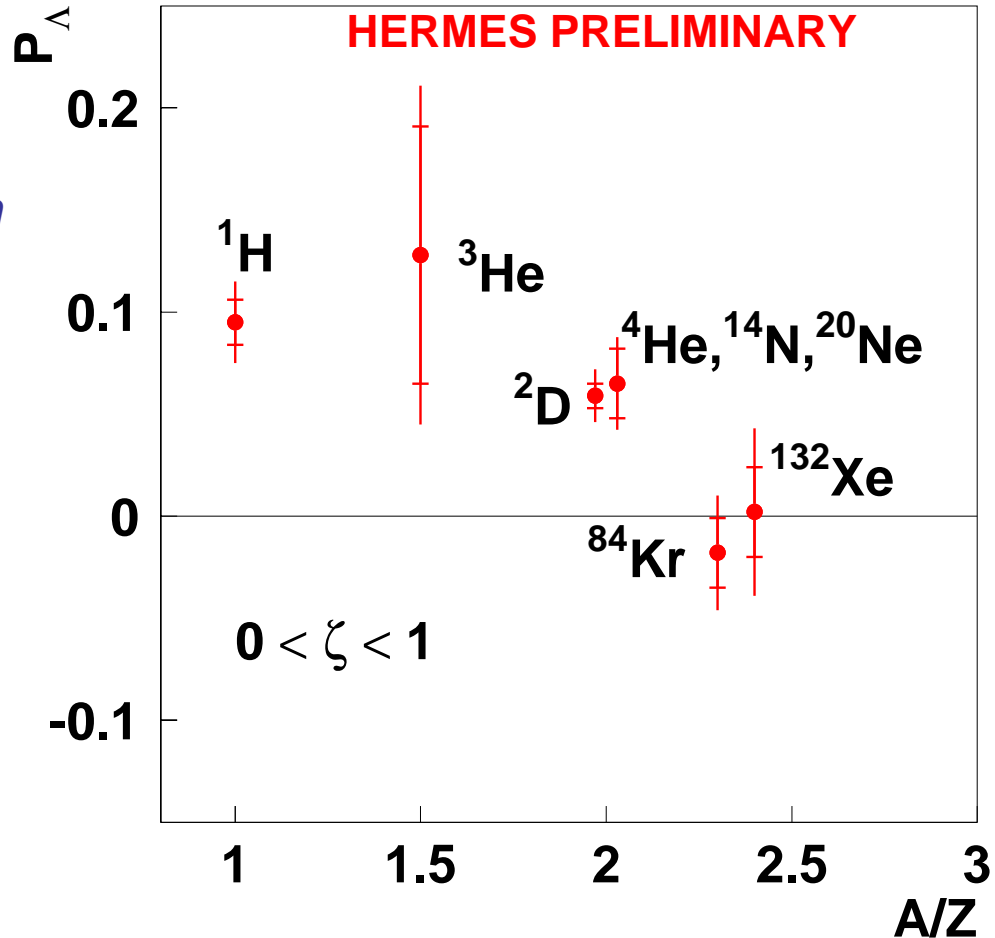
*С.Манаенков*

*Ю.Нарышкин*



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

**New result**  $\rightarrow$  unlike hadron  
and heavy ion collisions  
strong effect of target on  $P_\Lambda$



# Longitudinal spin-transfer to $\Lambda$ -hyperon

$$D_{LL'}^{\Lambda} = 0.11 \pm 0.10 \pm 0.03$$

$$Q^2 > 0,8 \text{ GeV}^2, x_F > 0,$$

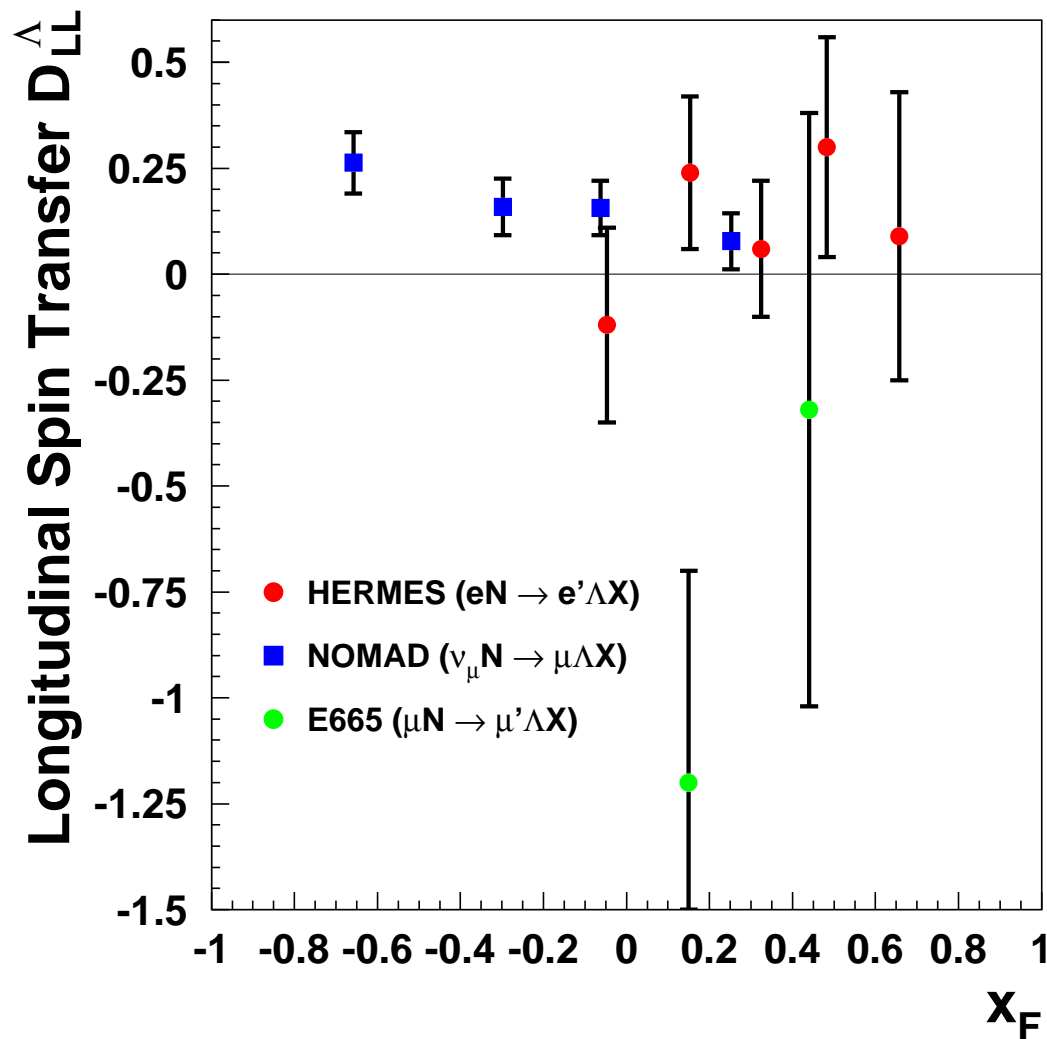
$$\langle z \rangle = 0.45$$

Compatible with

$\Delta u = 0$  nCQM

$\Delta u = -0,09$  SU(3)

$\Delta u = -0.02$  lattice-QCD





# 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**;

## DATA ANALYSIS

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 reactions

$e + A \Rightarrow e' + \gamma, \pi, K, \Lambda, \dots + X$       unpolarized interaction with nucleus  
targets

$A = \text{H, D, } ^3\text{He, } ^4\text{He, N, Ne, Kr and Xe}$

**Longitudinal beam polarization PB=0.5**

**Longitudinal and transverse target polarization PT=0.8-0.9**

**Unpolarized nucleus targets**

**$180 \cdot 10^6$**   
**DIS positrons (electrons)**  
**more than  $3.5 \cdot 10^3 \text{ pb}^{-1}$**   
**of Integrated Lumi**

# Поляризация кварков в нуклоне (спиновый кризис ??)

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

## Inclusive polarized DIS

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

## Semi nclusive polarized DIS

*evaluated at*  $0.021 < x < 0.6$

$$\Delta\Sigma = 0.359 \pm 0.026(\text{exp}) \pm 0.018(\text{theo})$$

$$(\alpha_s = 0.29 \pm 0.01 \quad Q_0^2 = 2.5 \text{ GeV}^2)$$

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

quarks

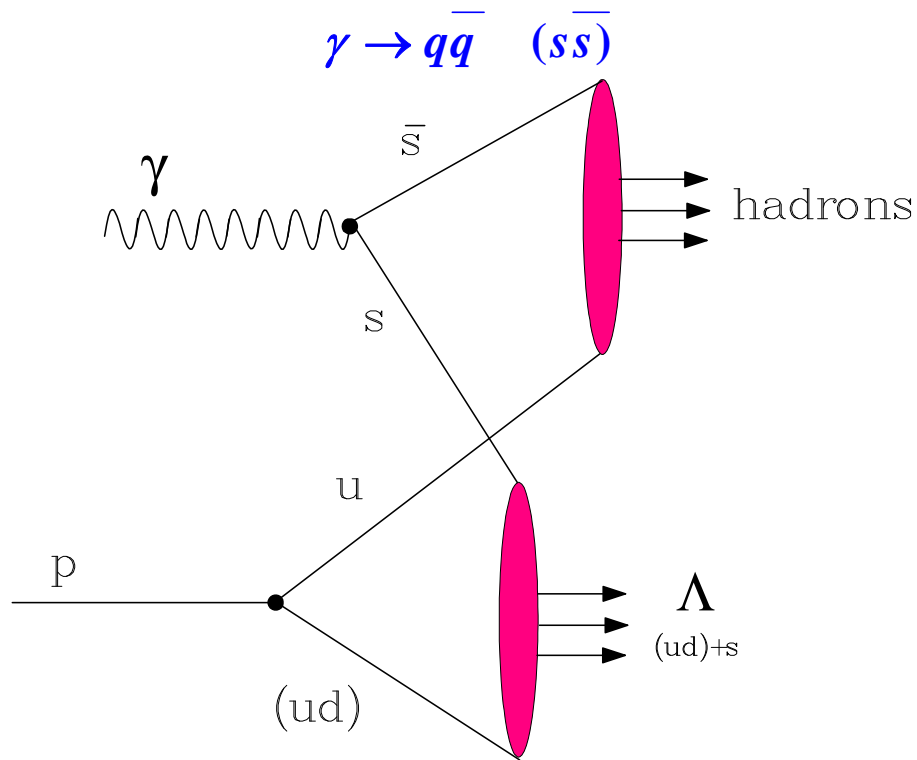
Gluons high PT

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

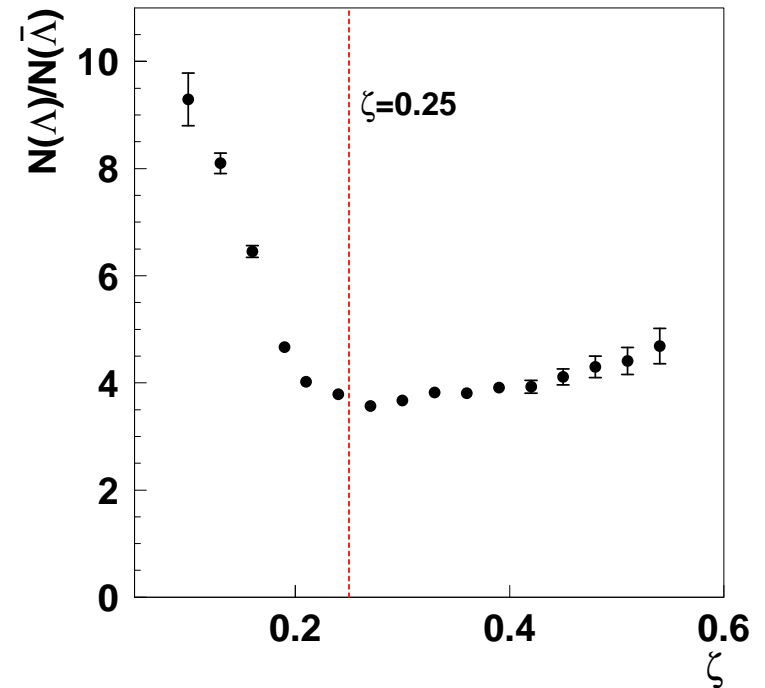
$$\text{at } \langle x \rangle = 0.204$$

# $\Lambda$ photoproduction mechanism by PYTHIA

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



## $\Lambda$ 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*

