

На конкурс научных работ ОИЯИ за 2020 год
ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

Представляется работа

**Измерение анализирующих способностей в нуклон-
ядерном рассеянии в диапазоне импульсов от 1.75 до 5.4
ГэВ/с**

Раздел: Научно-методические работы

КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ:

**Гаврищук О. П.
Кириллов Д. А.
Мушински Я.
Пердрисат Ч.
Пискунов Н. М.
Пунджаби В.
Рукояткин П. А.
Ситник И. М.
Томази-Густафссон Э.
Шиндин Р. А.**

В представленный цикл работ входит 3 публикации:

1. L.S. Azhgirey, V.A. Arefiev, I. Atanasov, S.N. Basilev, Yu.P. Bushuev, V.V. Glagolev, M.K. Jones, D.A. Kirillov, P.P. Korovin, G.J. Kumbartzki, P.K. Manyakov, J. Mus̄insky´, L. Pentchev, C.F. Perdrisat, V. Punjabi, N.M. Piskunov, I.M. Sitnik, V.M. Slepnev, I.V. Slepnev, E. Tomasi-Gustafsson
Measurement of analyzing powers for the reaction $p + \text{CH}_2$ at $p_p = 1.75\text{-}5.3 \text{ GeV}/c$
Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 538 (2005) 431–441
2. J. R. Puckett, E. J. Brash, M. K. Jones, W. Luo, M. Meziane, L. Pentchev, C. F. Perdrisat, V.Punjabi, F. R. Wesselmann, A. Afanasev, A. Ahmidouch, I. Albayrak, K. A. Aniol, J. Arrington, A. Asaturyan, H. Baghdasaryan, F. Benmokhtar, W. Bertozzi, L. Bimbot, P. Bosted, W.Boeglin, C. Butuceanu, P. Carter, S. Chernenko, M. E. Christy, M. Commisso, J. C. Cornejo, S. Covrig, S. Danagoulian, A. Daniel, A. Davidenko, D. Day, S. Dhamija, D. Dutta, R. Ent, S. Frullani, †H. Fenker, E. Frlez, F. Garibaldi, D. Gaskell, S. Gilad, R. Gilman, Y. Goncharenko, K. Hafidi, D. Hamilton, D. W. Higinbotham, W. Hinton, T. Horn, B. Hu, J.Huang, G. M. Huber, E. Jensen, C. Keppel, M. Khandaker, P. King, D. Kirillov, M. Kohl, V.Kravtsov, G. Kumbartzki, Y. Li, V. Mamyán, D. J. Margaziotis, A. Marsh, Y. Matulenko, J. Maxwell, G. Mbianda, D. Meekins, Y. Melnik, J. Miller, A. Mkrtchyan, H. Mkrtchyan, B. Moffit, O. Moreno, J. Mulholland, A. Narayan, S. Nedev, Nuruzzaman, E. Piasetzky, W. Pierce, N.M. Piskunov, Y. Prok, R. D. Ransome, D. S. Razin, P. Reimer, J. Reinhold, O. Rondon, M. Shabestari, A. Shahinyan, K. Shestermanov, †S.˘Sirca, I. Sitnik, L. Smykov, † G. Smith, L. Solovyev, P. Solvignon, † R. Subedi, E. Tomasi-Gustafsson, Vasiliev, M. Veilleux, B.B. Wojtsekhowski, S. Wood, Z. Ye, Y. Zanevsky, X. Zhang, Y. Zhang, X. Zheng, and L. Zhu
Polarization Transfer Observables in Elastic Electron-Proton Scattering at $Q^2 = 2.5, 5.2, 6.8$ and 8.5 GeV^2 , *Phys.Rev.C 96 (2017) 5, 055203*,
Phys.Rev.C 98 (2018) 1, 019907 (erratum) e-Print: [1707.08587](https://arxiv.org/abs/1707.08587) [nucl-ex]
3. S.N. Basilev, Yu.P. Bushuev, O.P. Gavrishchuk, V.V. Glagolev, D.A. Kirillov, N.V. Kostayeva, A.D. Kovalenko, K.S. Legostaeva, A.N. Livanov, I.A. Philippov, N.M. Piskunov, A.A. Povtoreiko, P.A. Rukoyatkin, R.A. Shindin, A.V. Shipunov, A.V. Shutov, I.M. Sitnik, V.M. Slepnev, I.V. Slepnev, A.V. Terletskiy, K. Hamilton, R. Montgomery, J. R.M. Annand, D. Marchand, Y. Wang, E. Tomasi-Gustafsson, C.F. Perdrisat, V. Punjabi, G. Martinska, J. Urban, and J. Mušinsky
Measurement of neutron and proton analyzing powers on C, CH, CH₂ and Cu targets in the momentum region 3-4.2 GeV/c,
Eur.Phys.J.A 56 (2020) 26 Special Article - New Tools and Techniques, e-Print: [1908.06159](https://arxiv.org/abs/1908.06159) [nucl-ex]

Extraction of the analyzing powers

$$\frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta, \varphi) = \frac{d\sigma}{d\Omega}(\theta)_{unpol} (1 + A_y P_y \cos \varphi)$$

$$(\theta, \varphi) - bin \quad N(\theta, \varphi)^\pm$$

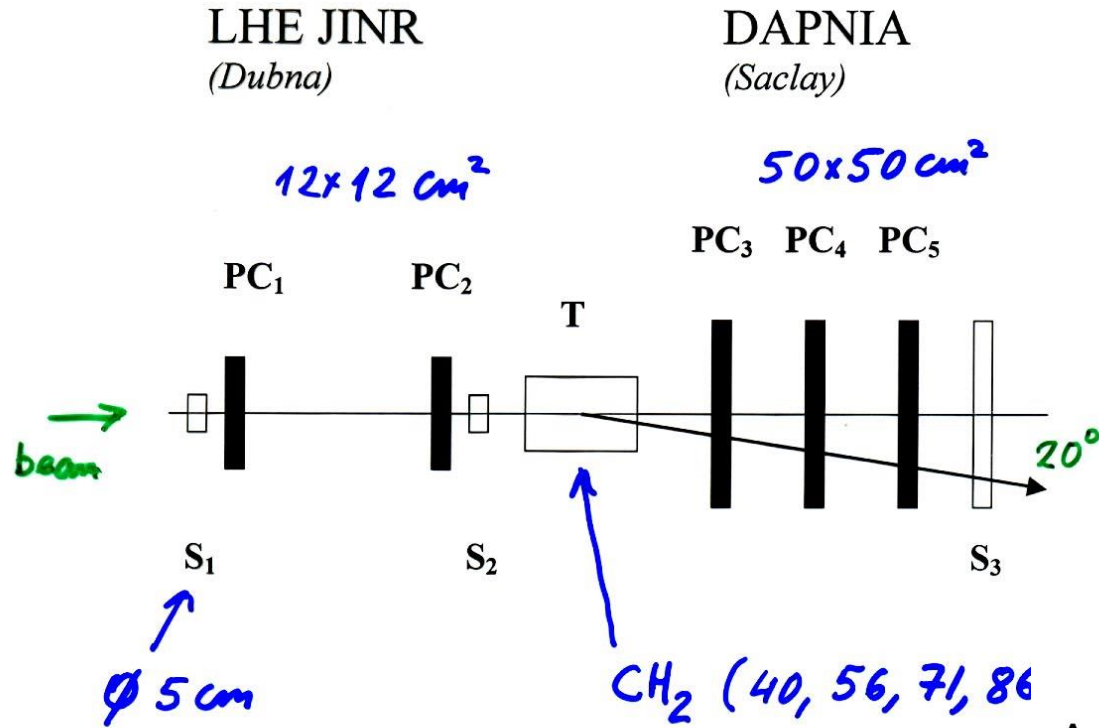
$$N^\pm(\theta, \varphi) = N_0(\theta) (1 \pm A_y(\theta) P_y \cos \varphi)$$

$$R(\theta, \varphi) = \frac{N^+ - N^-}{N^+ + N^-} = P_y A_y(\theta) \cos \varphi$$

$$\Delta A_y = \frac{1}{P_y} \sqrt{A_y^2 \Delta P_y^2 + \frac{4N^+ N^-}{(N^+ + N^-)^3}}$$

~ 3-5%

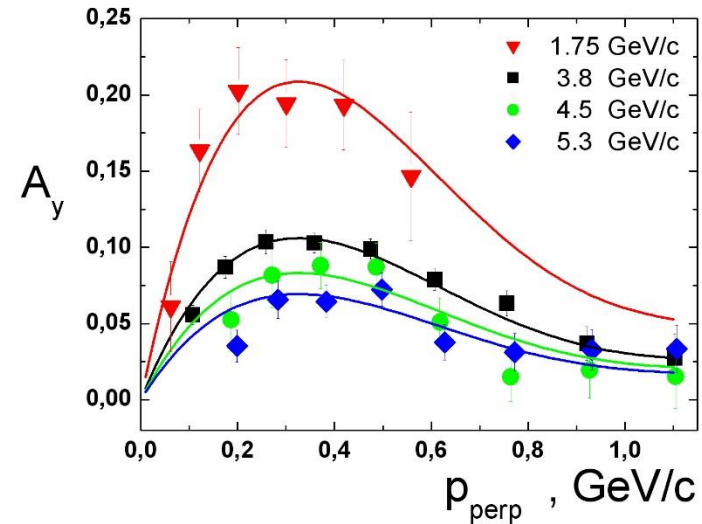
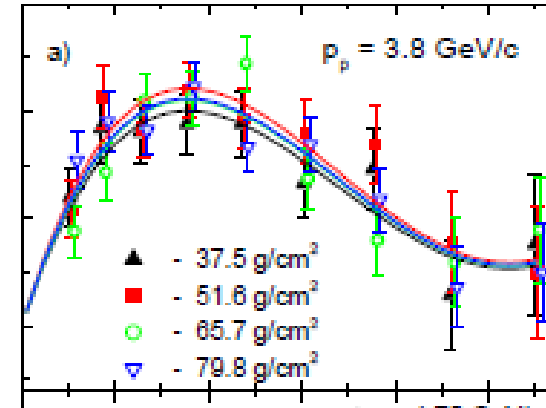
2001 year



2π - polarimeter

~ 4800 events/spill
0.5 s

$10^7 \Rightarrow 4 \cdot 10^6$



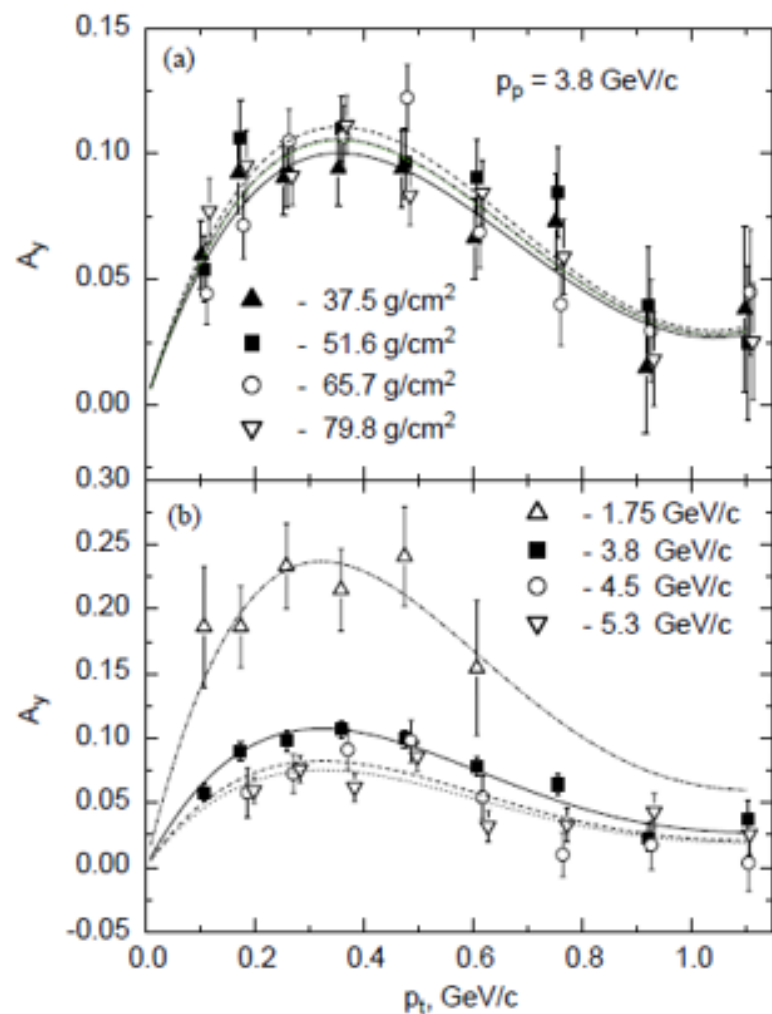


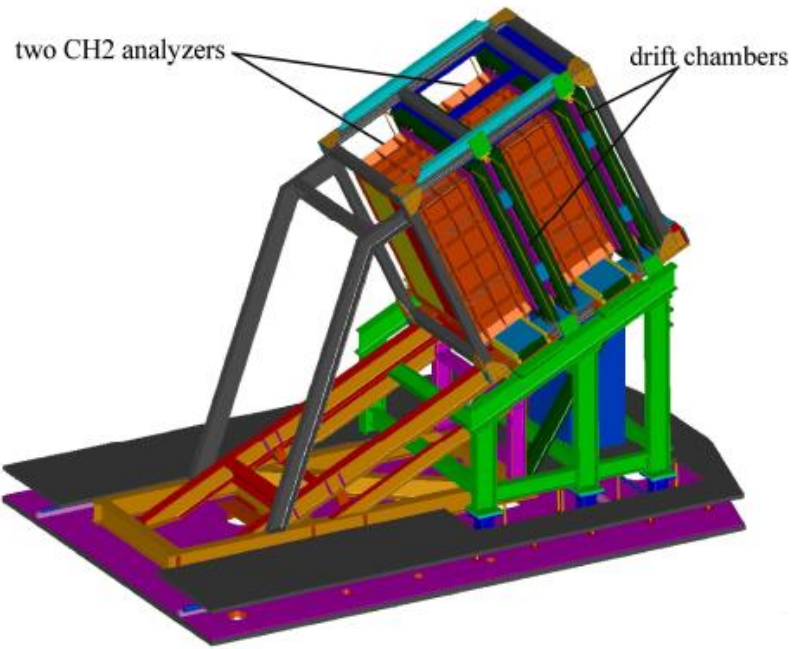
Fig. 4. Analyzing powers as a function of p_t : (a) for different target thicknesses at $p_p = 3.8 \text{ GeV}/c$; (b) for different momenta at $L = 51.6 \text{ g}/\text{cm}^2$.

На первом этапе была измерена анализирующая способность A_y для инклюзивной реакции $p + \text{CH}_2 \rightarrow \text{одна заряженная частица} + X$ при импульсах протонов 1.75, 3.8, 4.5 и 5.3 ГэВ/с [1]. Для проведения измерений в Дубне из Франции были привезены пропорциональные камеры для регистрации частиц в широком угловом диапазоне. ¶

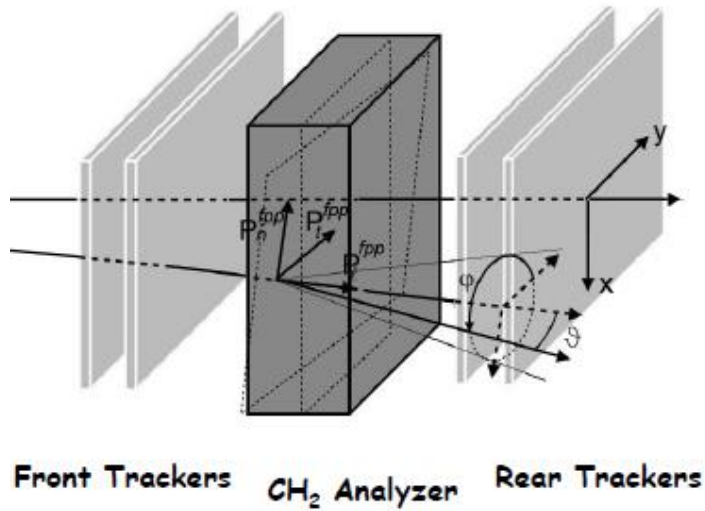
Результаты измерений показали следующие интересные особенности: ¶

- Для протонов 3.8 ГэВ/с; A_y практически не зависит от количества материала в анализаторе, от 37 до 80 г/см²; ¶
- Толщина мишени выше длины ядерного столкновения и аксептанс поляриметра выше $p_t > 0.7 \text{ ГэВ}/c$ не улучшают качество (Figure of merit, FOM) поляриметра. ¶
- A_y уменьшается с увеличением налетающего импульса, но все еще остается значительной при импульсе протона 5.3 ГэВ/с; ¶
- CH_2 показывает большую A_y , чем углерод. ¶
- Высокое угловое разрешение поляриметра очень важно для увеличения FOM. ¶
- В измеренном диапазоне импульсов A_y обратно пропорциональна налетающему импульсу. ¶

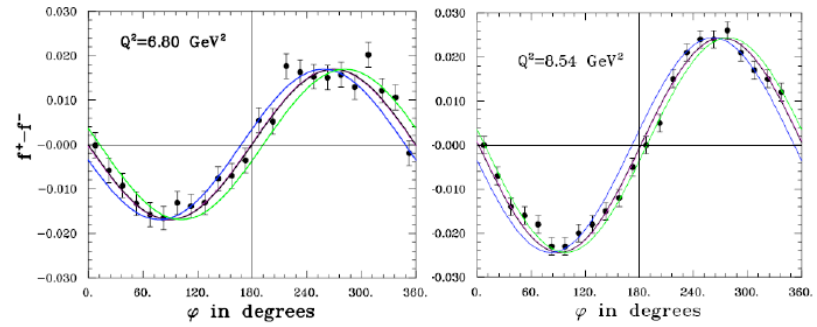
¶
¶



4 drift chambers and a prototype with a sensitive area of 116x178 cm² were built in the LHE Instrumentation Division (Yu. Zanevsky)



Physical Asymmetries at Q² of 6.8 and 8.5 GeV²



Double Focal Plane Polarimeter



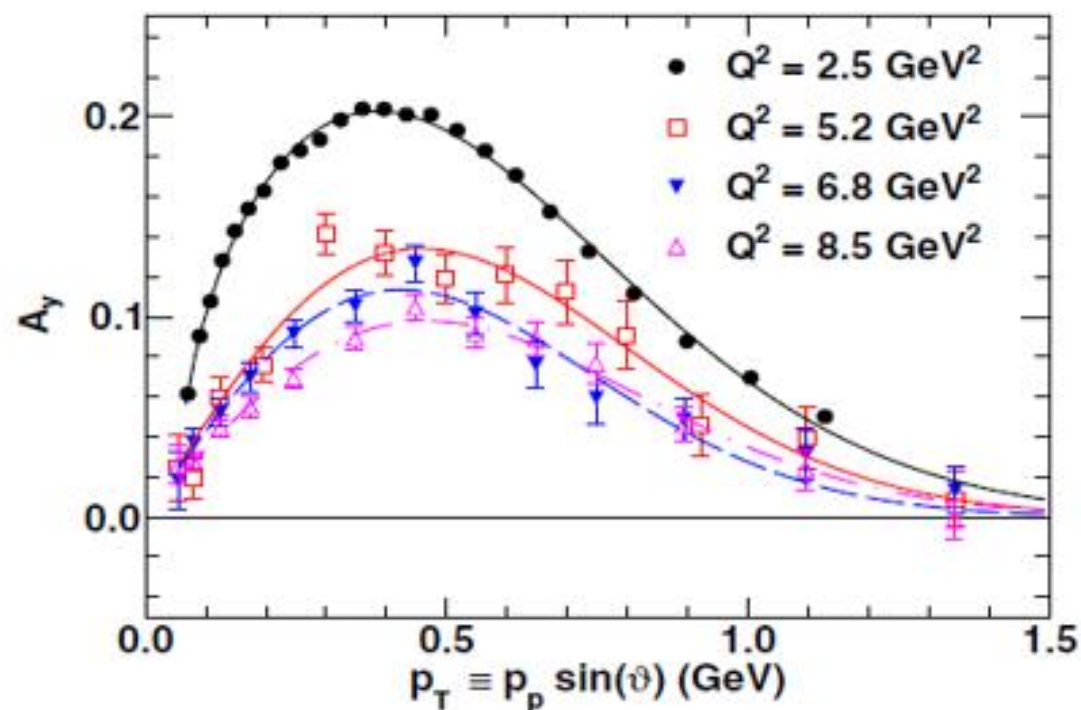


FIG. 14. Analyzing power A_y vs $p_T \equiv p_p \sin \vartheta$ for the four different Q^2 values from GEP-III/ 2γ . Data are from both polarimeters combined. Curves are the fits to the data, used to estimate the position and value of the maximum in $A_y(p_T)$. See text for details.

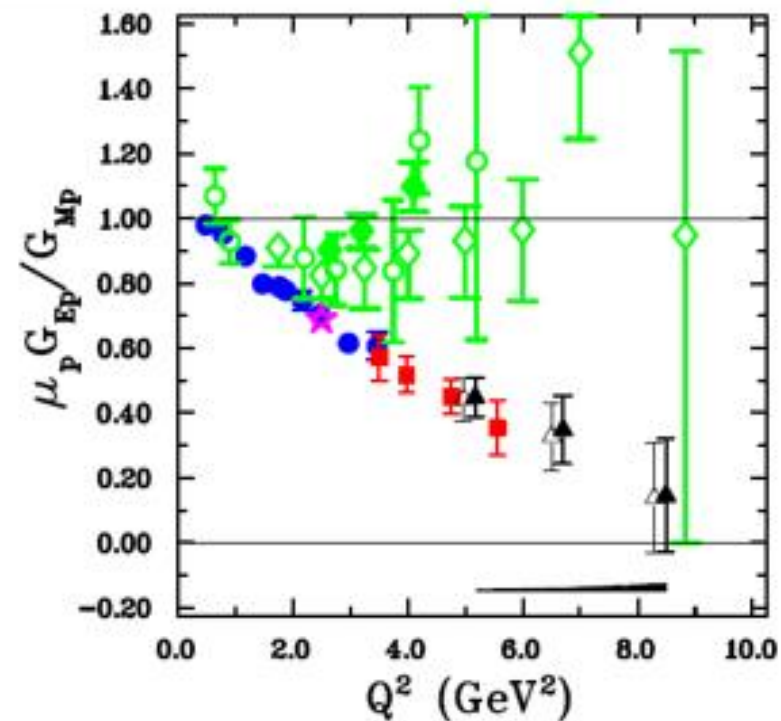
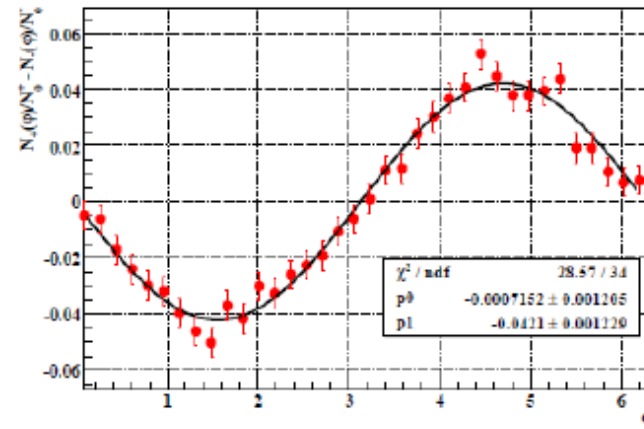
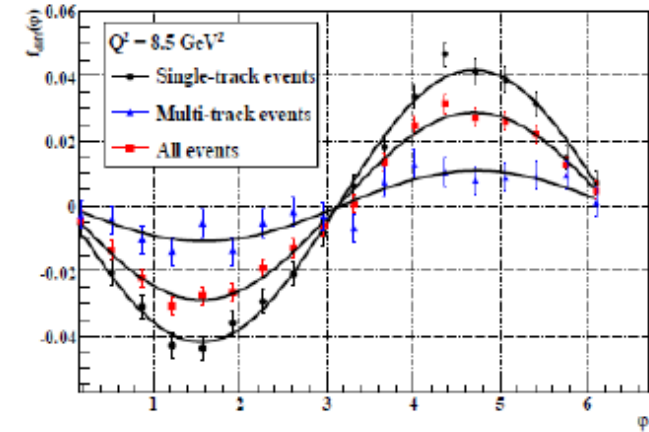


FIG. 18. Final results of GEP-III (black filled triangles) for $\mu_p G_E^p / G_M^p$, with selected existing data from cross section and polarization measurements. The error bars shown are statistical. The band below the data shows the final, one-sided systematic uncertainties for GEP-III. The originally published results [31] (black empty triangles) are shown for comparison, offset slightly in Q^2 .

From Jlab polarimeter



(a) Single-track events.



(b) Comparison of single-track, multiple-track, and combined asymmetries.

Dubna setup

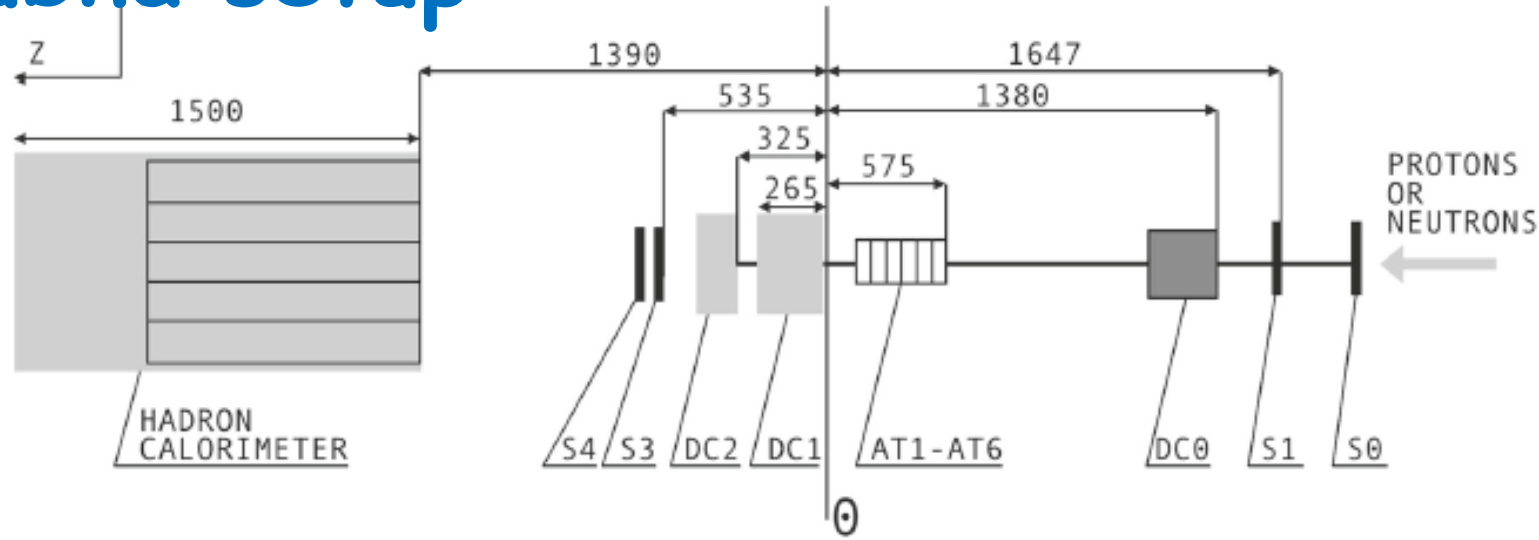


Fig. 7 Side view schematic of the ALPOM2 set-up positioned on the secondary proton/neutron beam line, including scintillation counters (S0, S1, S3, S4); drift chambers (DC0, DC1, DC2); hadron calorimeter.

The analyzing targets were located between DC0 and DC1. Here a CH active target (AT1-AT6), is shown as an example. Dimensions are in mm. Θ indicates the origin of the z coordinate

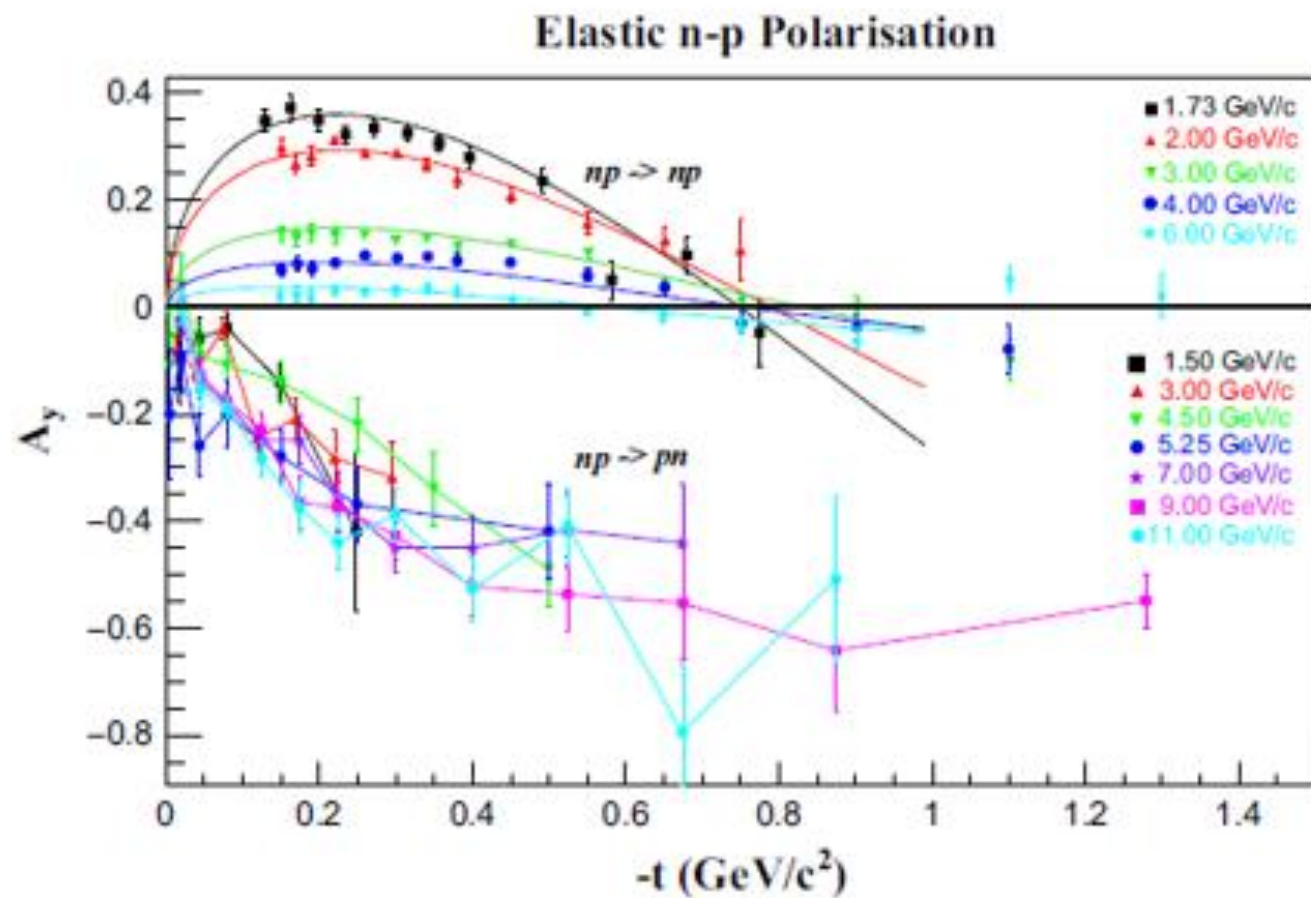


Fig. 4 Top: t -dependence of the polarisation of np scattering for different values of p_{lab} [34,35]. The smooth dotted lines show the fit of Ref. [38] to the np data. Bottom: the t -dependence of charge-exchange np scattering, for different values of p_{lab} [39,40]. The color coding relates the data to momentum labels

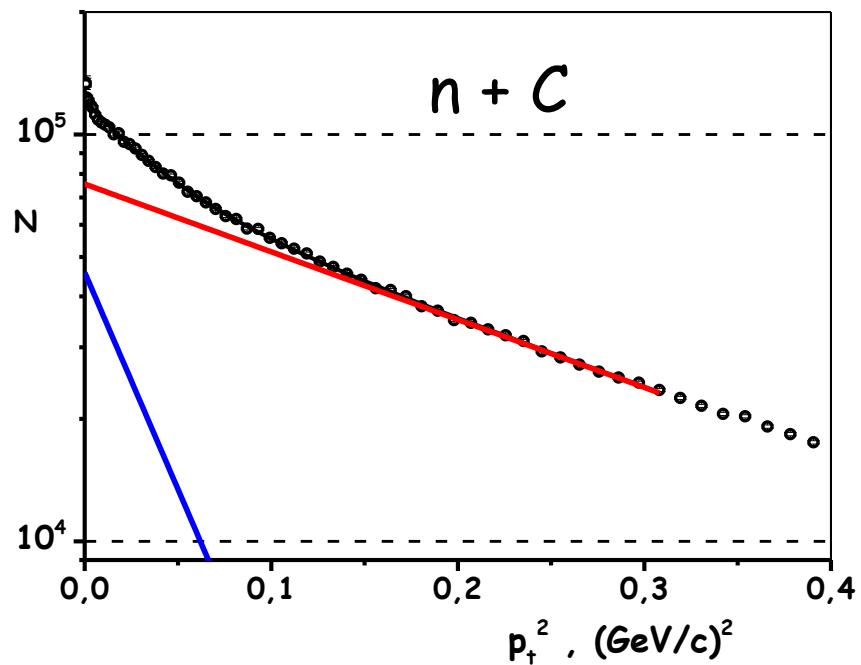


Figure 14: p_t^2 -distribution for $n + C$ scattering events at 3.75 GeV/c (arbitrary units). The solid line is the sum of exponential functions, the dot-dot-dashed and the dot-dashed lines correspond respectively to the two contributions with slope parameters b_1 and b_2 .

□

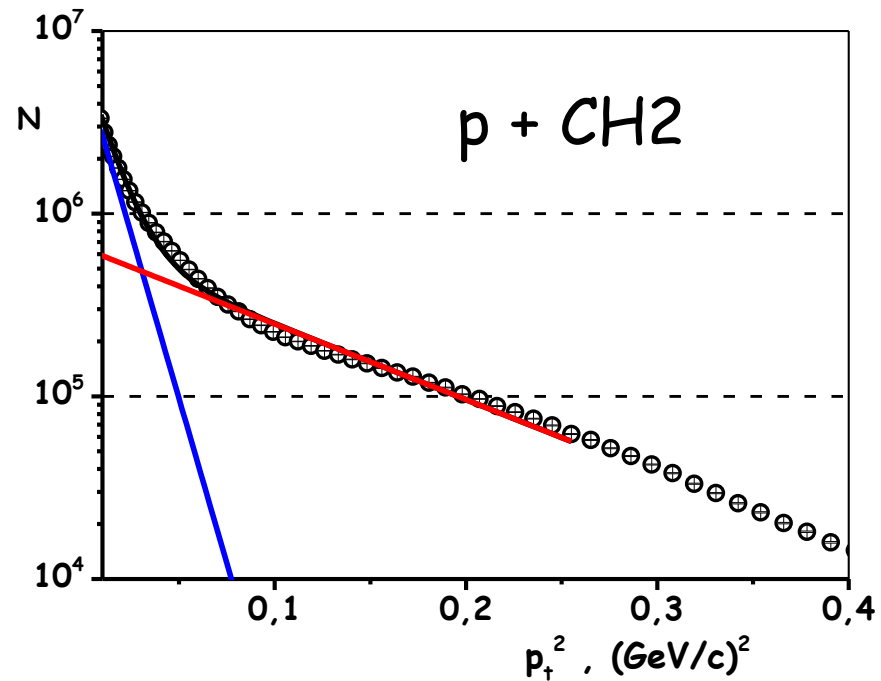


Figure 15: p_t^2 -distribution for $p + CH_2$ scattering events at 3.75 GeV/c (arbitrary units). The solid line is the sum of exponential functions, the long dashed and the dot-dashed lines correspond to the two contributions with slope parameters b'_2 and b'_3 , respectively.

□

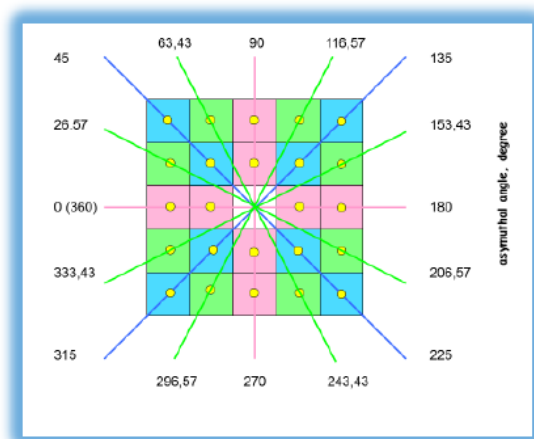
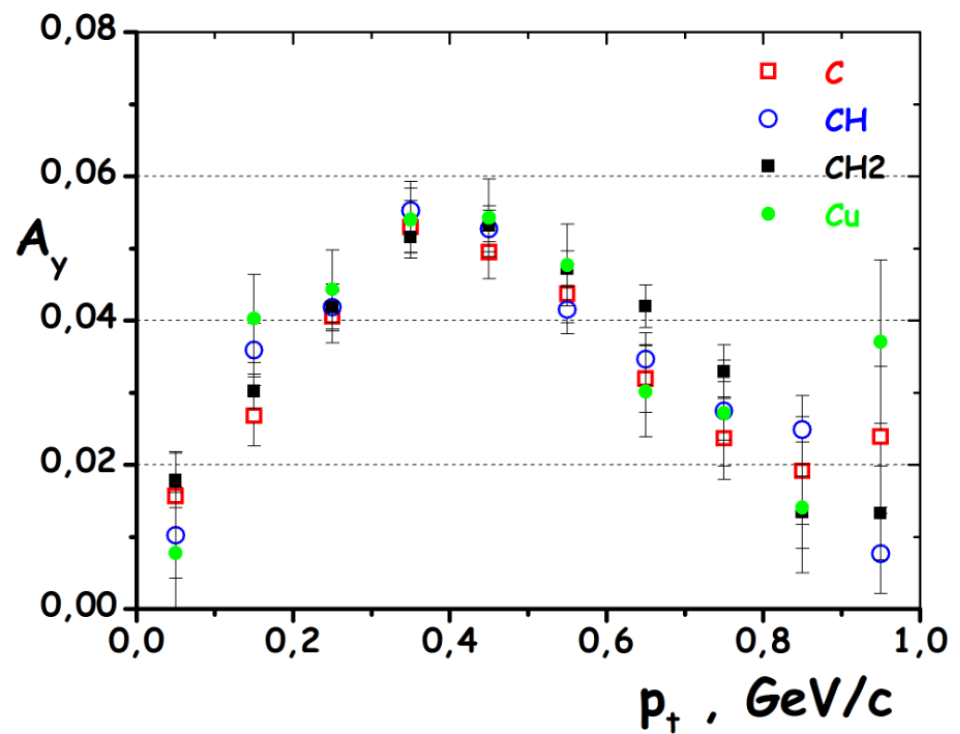


Fig.17. Azimuthal segmentation of the hadron calorimeter for the asymmetry measurements.

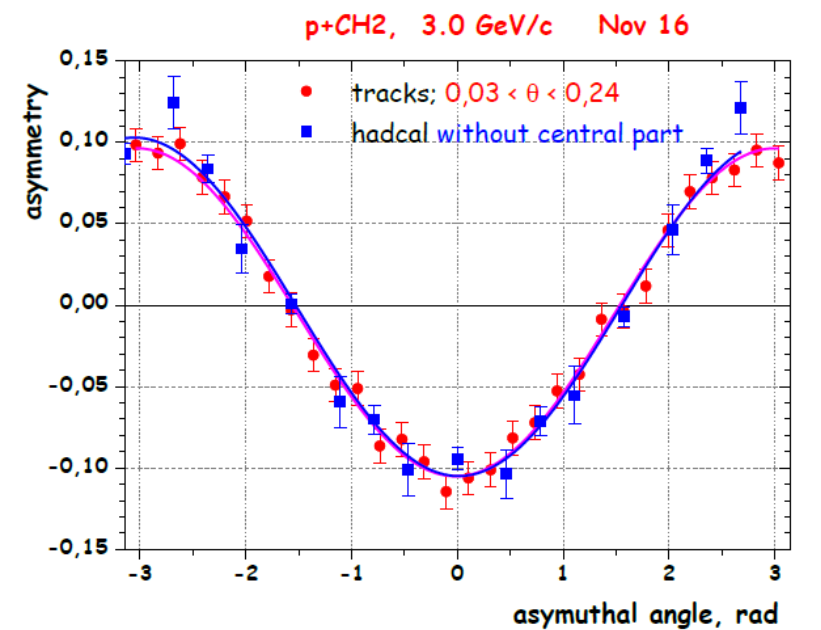


Fig.18. The asymmetry as a function of the azimuthal angle from the calorimeter (blue squares) and from the chambers (red circles).

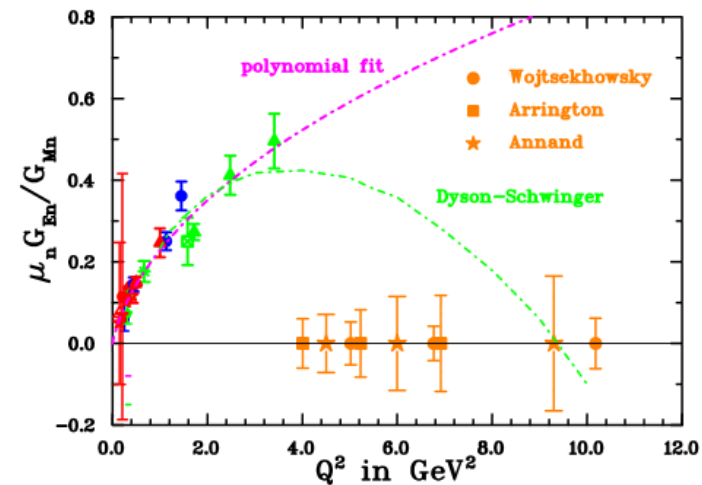
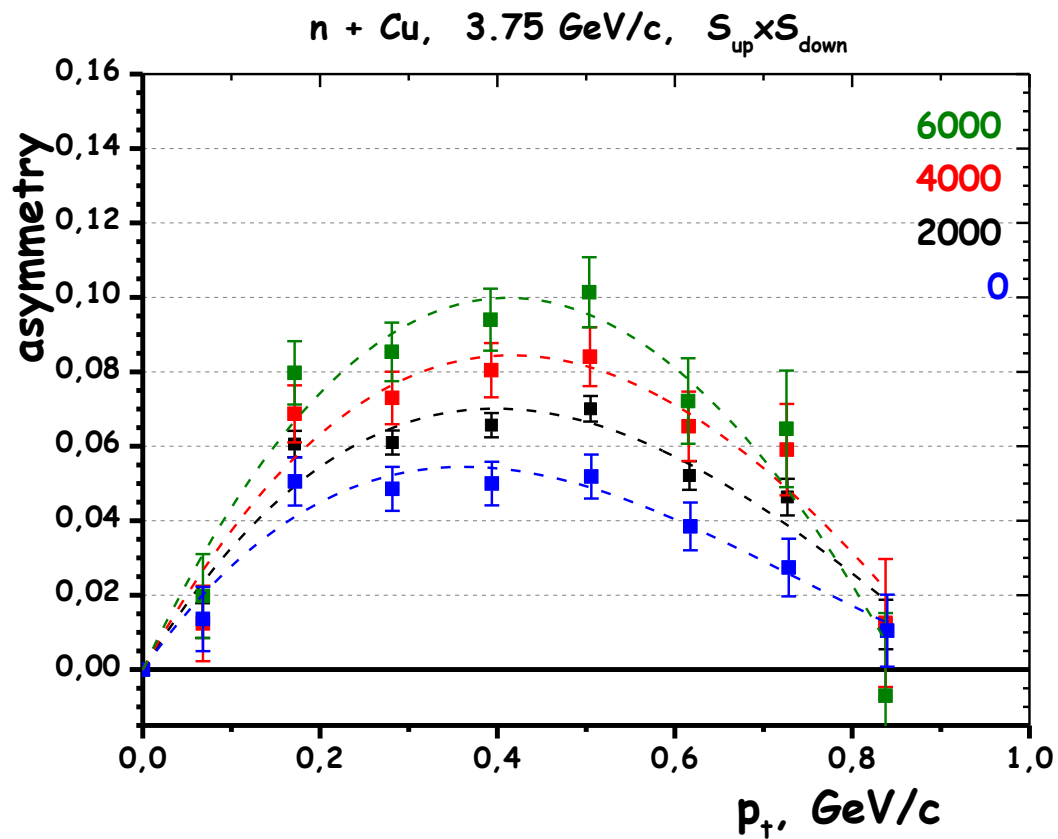


Figure 2: The future data points proposed for recoil polarization G_E^n/G_M^n experiments at JLab [19, 20], and the JLab polarized ^3He experiment [21]. Also shown are the data from Becker (filled green diamonds) [22], Eden (filled blue squares) [23], Glazier (red diamonds with internal +) [24], Golak (empty green diamonds) [25], Herberg (empty red triangles) [26], Meyerhof (filled green stars) [27], Ostrick (filled red diamonds) [28], and Passchier (filled red circles) [29].

Три новых подхода в развитии поляриметрии, а именно: включение калориметра для отбора высокоэнергетических нуклонов в конечном состоянии, использование реакции перезарядки и замена богатой водородом легкой мишени более тяжелыми ядрами, открывают путь к более простым и эффективным измерениям поляризации протонов и нейтронов в области ГэВ-ных энергий. Будущие эксперименты в Лаборатории Джефферсона, требующие поляриметрии нуклонов отдачи, уже интегрировали эти концепции, как и в случае экспериментов E12-07-109 и E12-17-004, см. Приложение 2 и рисунок ниже, где представлены текущее состояние и планируемые измерения нейтронных электромагнитных форм-факторов.

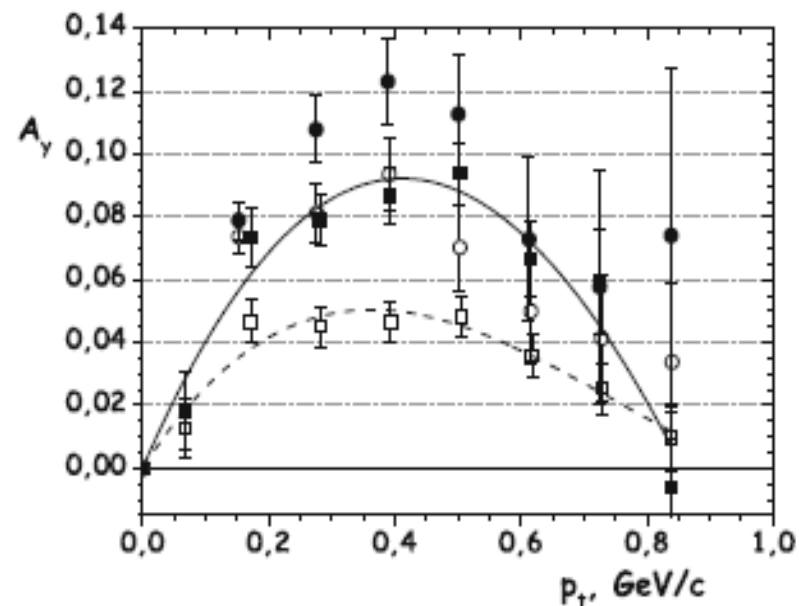


Fig. 19 p_t -dependence of A_y for quasi-elastic $p + Cu \rightarrow$ one charged particle $+X$ as open circles (solid circles) and charge-exchange $n + Cu \rightarrow$ one charged particle $+X$ as open squares (solid squares), for incident p and n momentum of 3.75 GeV/c before (after) selection of events with large energy deposit (> 6000 [channels]) in the calorimeter. The lines represent eye guides through the data points for $n + Cu \rightarrow p + X$ before selection (dashed line) and after selection (solid line)