

Исследование реакции $p + A \rightarrow p' + X$ на ядрах

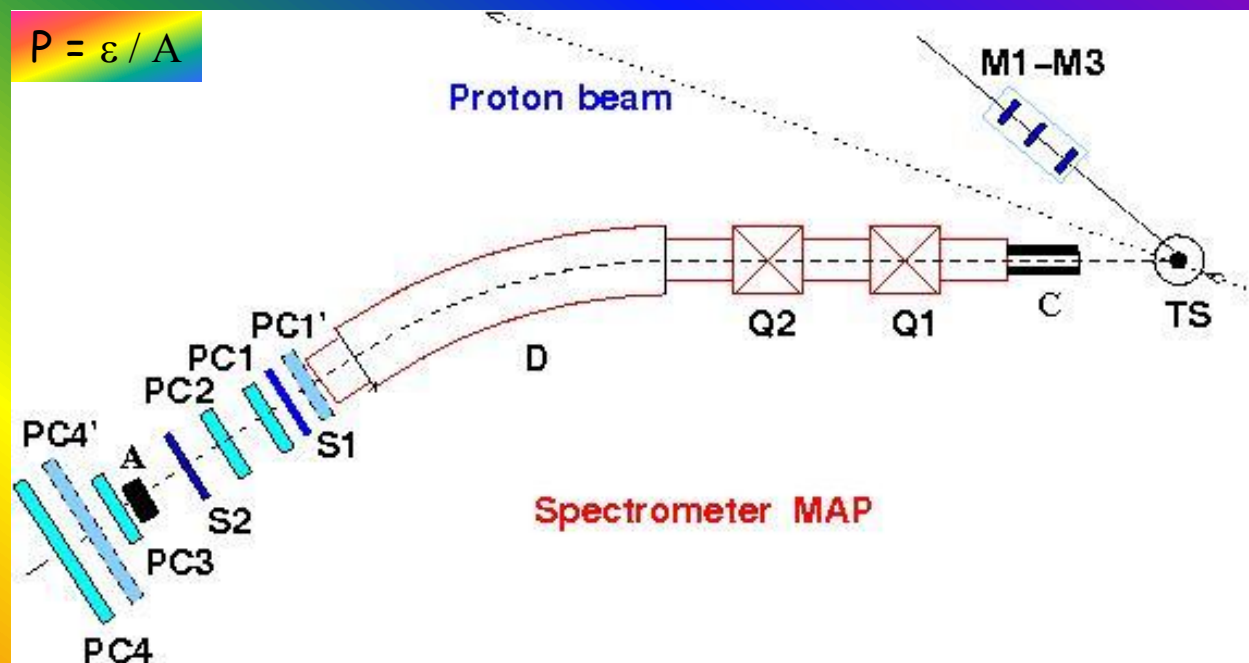
О. Миклухо

тема НИОКР : Исследование структуры ядерной материи на малых расстояниях в квазиупругих и неупругих протон-ядерных взаимодействиях при энергии 1 ГэВ с помощью прецизионного высокоэнергетического плеча двухплечевого магнитного спектрометра на синхроциклотроне ФГБУ «ПИЯФ»

2013 -2016

$$P = \varepsilon / A$$

Main parameters of the MAP polarimeter	
Carbon block thickness, [mm]	155
Polar angular range, [deg]	3 - 16
Average analyzing power	> 0.2
Efficiency, [%]	~ 4



Target	Dimensions [mm] thickness x width x height	Isotope concentration [%]	Density g/cm ³
CH ₂	4.0 x 10 x 70		1.0
C	4.0 x 10 x 70	98.9	1.60
CH ₂ foil	0.1 x 4 x 10		1.0
¹² C	4.0 x 7 x 10	98.9	1.60
⁴⁰ Ca	4.0 x 7 x 10	97.0	1.55
²⁸ Si	4.0 x 7.5 x 9.5	99.9	2.33
⁵⁶ Fe	3.0 x 5.2 x 10.1	91.7	7.86

Main parameters of the magnetic spectrometer MAP	
Maximum particle momentum K, [GeV/c]	1.7
Horizontal angle acceptance Δθ _H , [deg]	0.8
Vertical angle acceptance Δθ _V , [deg]	1.9
Solid angle acceptance Ω, [sr]	4x10 ⁻⁴
Dispersion in the focal plan Df, [mm/%]	22.0
Momentum acceptance ΔK/K, [%]	8.0
Momentum resolution (FWHM) for the C target, [MeV/c]	~ 5.8
Momentum resolution (FWHM) for the Si target, [MeV/c]	~ 6.5
Momentum resolution (FWHM) for the Ca target, [MeV/c]	~ 5.5
Momentum resolution (FWHM) for the Fe target, [MeV/c]	~ 10.5

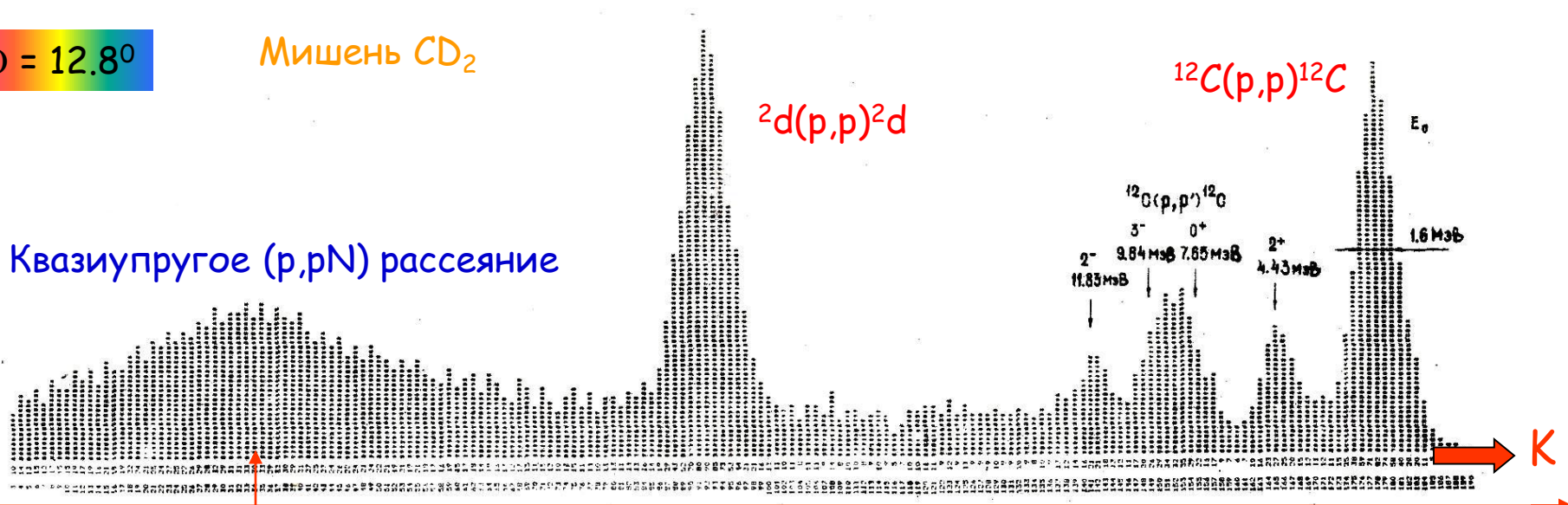
CH₂, C → Θ = 12.25°, 13.5°, 16°, 18.5°, 21°, 23°

С.Л. Белостоцкий, Ю.В. Доценко, С.С. Волков, А.А. Воробьев, А.Г. Кудин,
 Н.Т. Куропаткин, О.В. Миклухо, В.Н. Никулин, О.Е. Прокофьев, М.А. Шуваев.
 Препринт ЛИЯФ № 826, 1983, с.52.

$\Theta = 12.8^\circ$

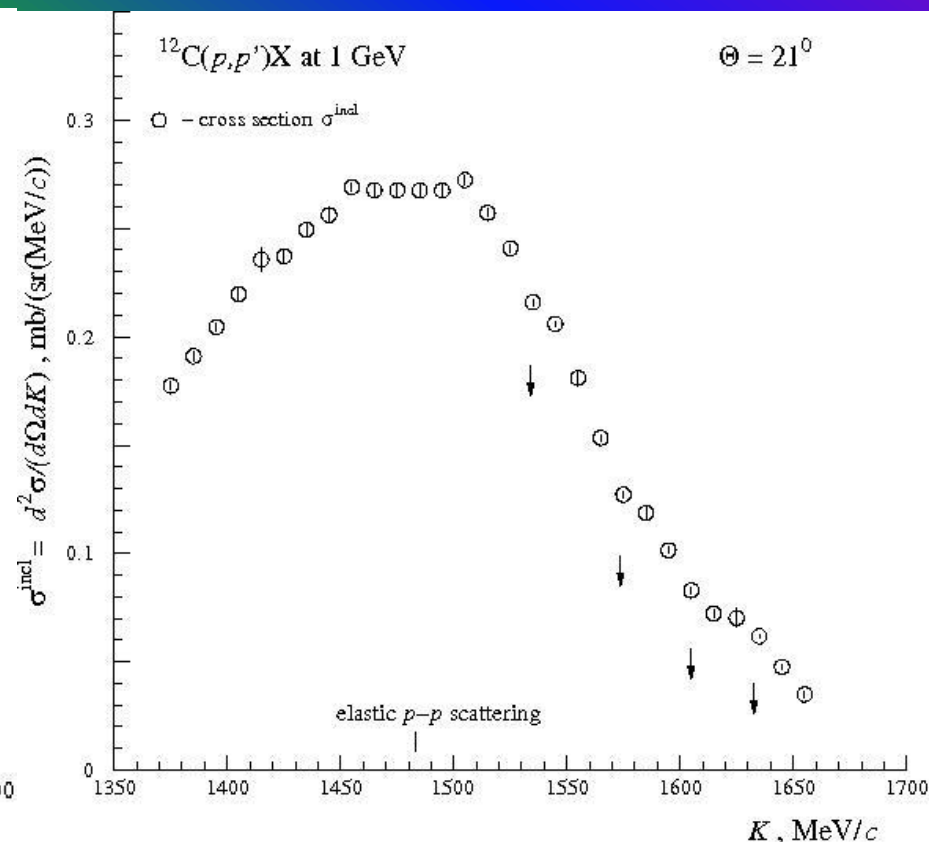
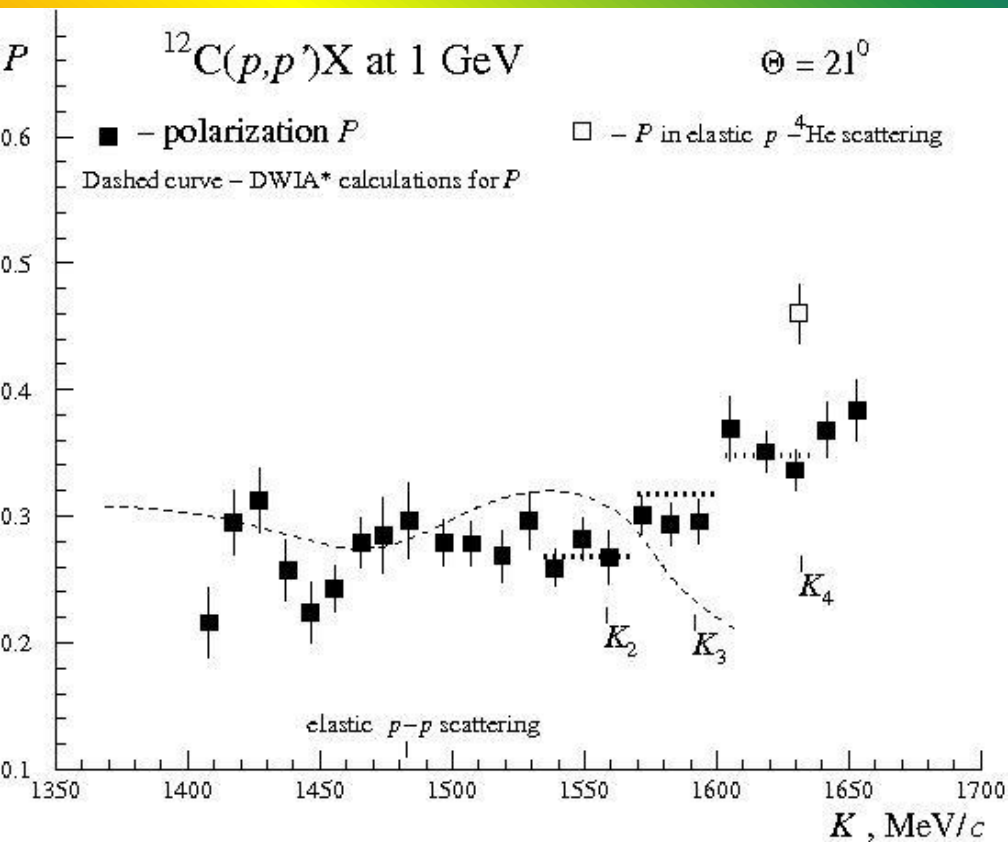
Мишень CD_2

Квазиупругое (p,pN) рассеяние



K_{pN}

$2^+ (4.43 \text{ MeV}), 0^+ (7.85 \text{ MeV}), 3^- (9.84 \text{ MeV}), 2^- (11.83 \text{ MeV})$



Этапы исследований :

Эксперимент 2013 - Декабрь : Измерены поляризация и сечение в рассеянии на ^{12}C , ^{40}Ca под углом $\Theta=21^\circ$ ($Q = 600 \text{ MeV}/c$).

Эксперимент 2015 - Февраль : Исследованы ядра ^{28}Si , ^{56}Fe .

Публикация 2015 - Август :

O.V. Miklukho et al., "Observation of a polarization structure in inelastic $^{40}\text{Ca}(p, p')X$ reaction at 1 GeV", JETP Letters, 2015, Vol. 102, No. 1, pp. 11-13.

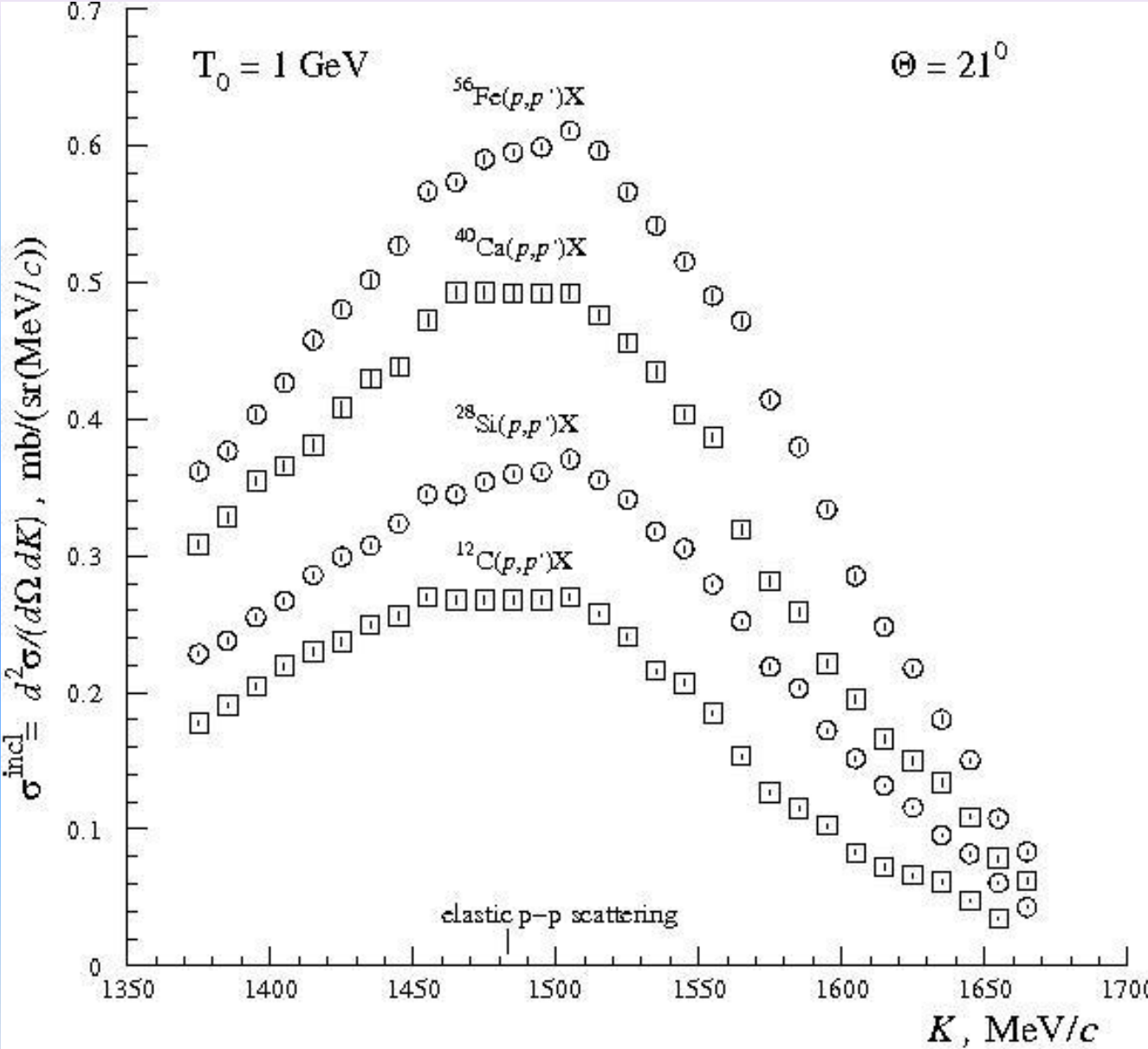
Эксперимент 2015 - Декабрь : Исследованы ядра ^9Be , ^{90}Zr .

Публикация 2016 :

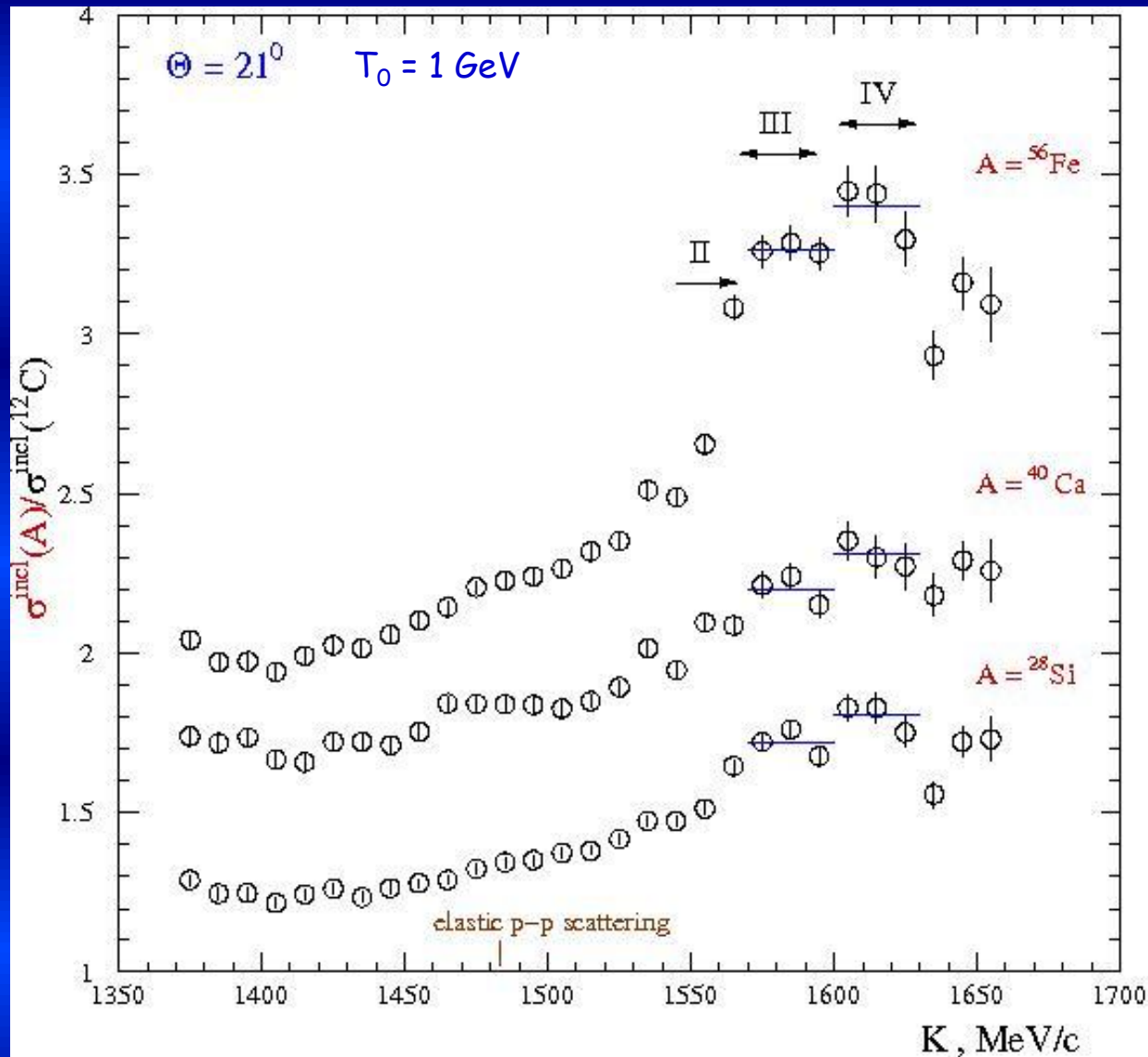
О.В. Миклухо и др., "Структурные эффекты в поляризации и сечениях инклюзивного рассеяния $A(p, p')X$ на ядрах ^{40}Ca и ^{12}C при энергии 1 ГэВ", ЯФ, 80 (№ 1), 1 (2017).

2016 - Ноябрь : Завершен анализ данных эксперимента 2015-Февраль (исследование ядер ^{28}Si , ^{56}Fe). Observation of a structure in cross section ratios in the inclusive (p, p') reaction with nuclei at 1 GeV (JETP Letters - 2017). Результаты эксперимента будут опубликованы в ЯФ.

Эксперимент 2016 - Декабрь : Измерены поляризация и сечение в рассеянии на ^{12}C , ^{40}Ca под углом $\Theta=24.5^\circ$ ($Q = 700 \text{ MeV}/c$).



- Систематика :**
- $\delta\sigma/\sigma (\text{Fe}) = \pm 4.2\%$
 - $\delta\sigma/\sigma (\text{Ca}) = \pm 3.5\%$
 - $\delta\sigma/\sigma (\text{Si}) = \pm 3.4\%$
 - $\delta\sigma/\sigma (\text{C}) = \pm 1.5\%$



Систематика :

$\delta\sigma/\sigma(\text{Fe/C}) = \pm 4.5\%$

$F/C = 56/12 = 4.667$

$\delta\sigma/\sigma(\text{Ca/C}) = \pm 3.8\%$

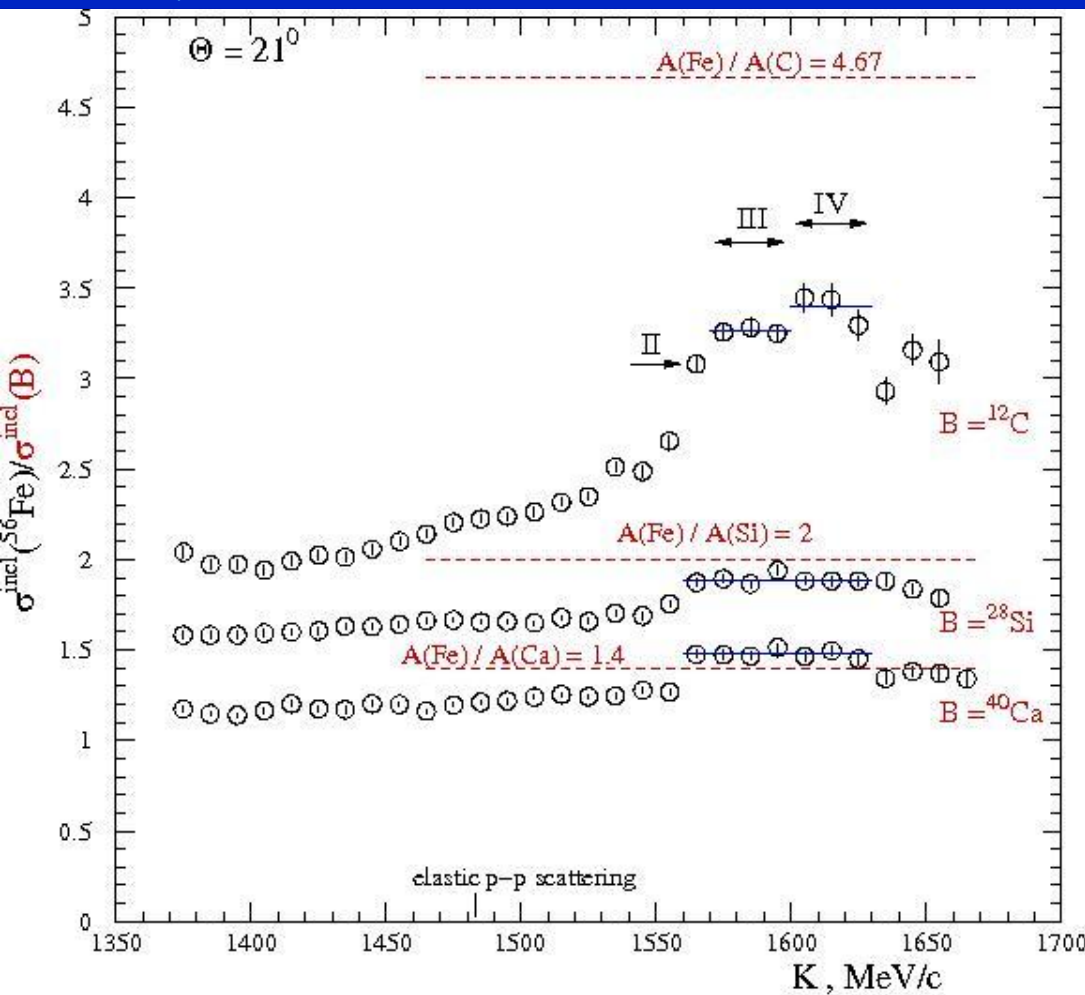
$\text{Ca/C} = 40/12 = 3.333$

$\delta\sigma/\sigma(\text{Si/C}) = \pm 3.7\%$

$\text{Si/C} = 28/12 = 2.333$

Q - practically constant (~ 600 MeV/c) in the range 1480 < K < 1650 MeV/c

$x_B = Q^2/2m_N v(K)$



$$x_B = Q^2 / 2m_N v(K)$$

Q - practically constant (~ 600 MeV/c) in the range 1480 < K < 1650 MeV/c

$$\sigma_A(Q^2, X_B) = A \sum_{j=2} (a_j(A)/j) \sigma_j(Q^2, X_B)$$

Вероятность возникновения j-нуклонной корреляции a_j пропорциональна средней ядерной плотности в степени j ($\sim \langle \rho_A^j(r) \rangle$). Сильно падает с ростом j.

$$(\sigma_A/\sigma_C)_j = (A/C) [a_j(A)/a_j(C)] [\sigma_j(A)/\sigma_j(C)].$$

Н.Б. Дашьян (https://www.jlab.org/Hall-B/thesis/Dashyan_thesis.pdf)

Предположим, что

$$\sigma_j(A) / \sigma_j(C) \approx \sigma_{j+1}(A) / \sigma_{j+1}(C).$$

Так как $a_j(A) / a_j(C) \sim \langle \rho_A^j(r) \rangle / \langle \rho_C^j(r) \rangle \sim (1+\alpha)^j$ и средняя нуклонная плотность в ядрах с $A > 12$ больше, чем в ^{12}C ($\alpha > 0$), то отношение $(\sigma_A / \sigma_C)_j$ должно несколько увеличиться с ростом j.

Систематика :

$$\delta\sigma/\sigma(\text{Fe/C}) = \pm 4.5\%, \quad \delta\sigma(\text{Fe/C}) = \pm 0.15$$

$$\delta\sigma/\sigma(\text{Fe/Si}) = \pm 5.4\%, \quad \delta\sigma(\text{Fe/Si}) = \pm 0.10$$

$$\delta\sigma/\sigma(\text{Fe/Ca}) = \pm 5.5\%, \quad \delta\sigma(\text{Fe/Ca}) = \pm 0.08$$

Ближайшие экспериментальные планы :

Исследование ядер ^{12}C и ^{40}Ca (измерение поляризации и сечений); ^9Be , ^{11}B , ^{28}Si , ^{56}Fe , ^{90}Zr (измерение сечений) под углом рассеяния $\Theta = 24.5^\circ$.

Кинематика : Переданный ядру импульс $Q \sim 700 \text{ МэВ/с}$
($Q \sim 3 k_F$).

Предсказания:

- ★ Увидим полочку в отношениях сечений рассеяния на ядрах, соответствующую рассеянию на двухнуклонных корреляциях.
- ★ В пределах импульсных интервалов, соответствующим рассеянию на различных корреляциях, поляризация будет расти с импульсом.

Перспективные планы:

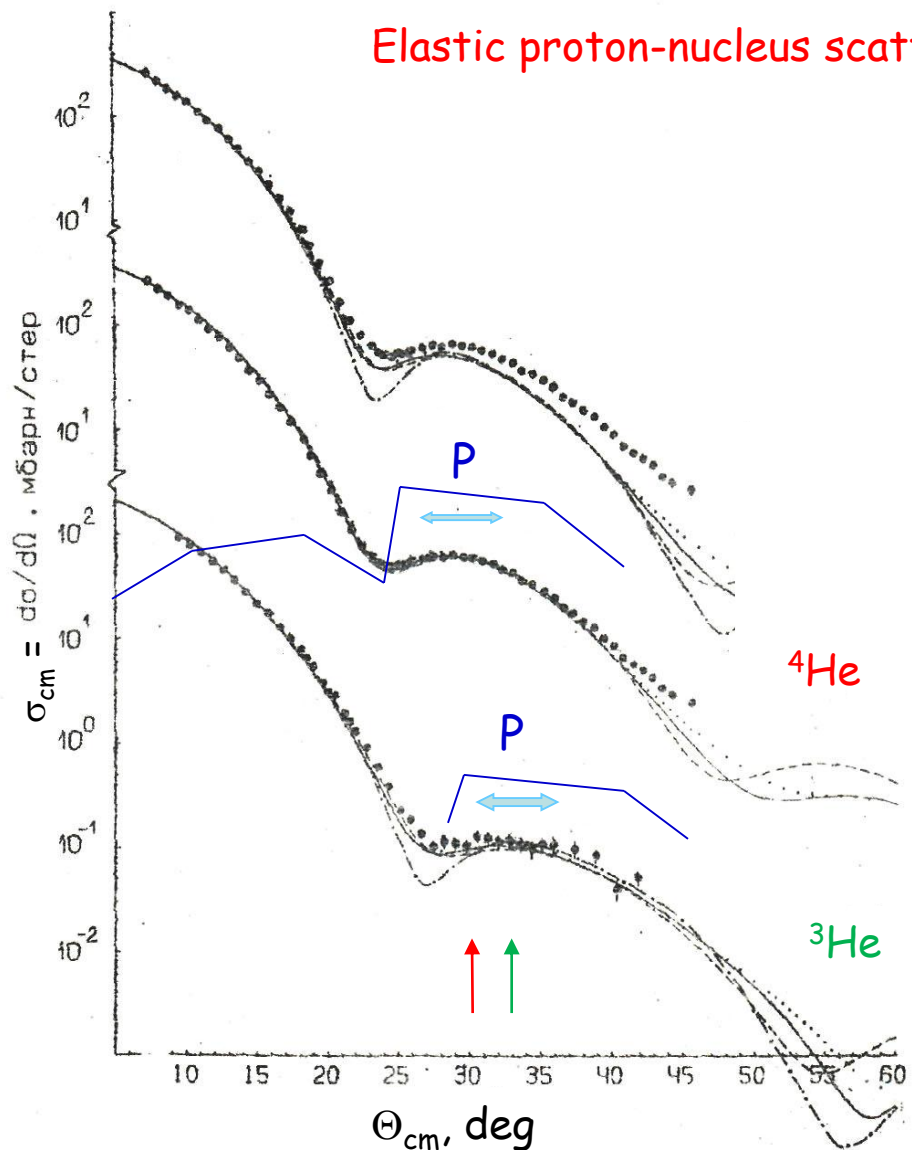
Измерение сечений в инклюзивной реакции (p, p') с ядрами ^4He (^3He ?) с использованием плотных газовых ? и жидких ? мишеней под углами рассеяния $21^\circ, 24.5^\circ$.

Back Slides

Г.Д. Алхазов и др. , Препринт ЛИАФ-778, Ленинград, 1982.

Elastic proton-nucleus scattering at 1 GeV

P - polarization



$\Theta_{lab} = 21^\circ$

$\Theta_{cm} = 30.15^\circ$

$t = 0.3701 \text{ GeV}^2/c^2$

$\sigma_{cm} \sim 1 \text{ mb/sr}$

$J = 1.973$

^4He

$\Theta_{cm} = 32.73$

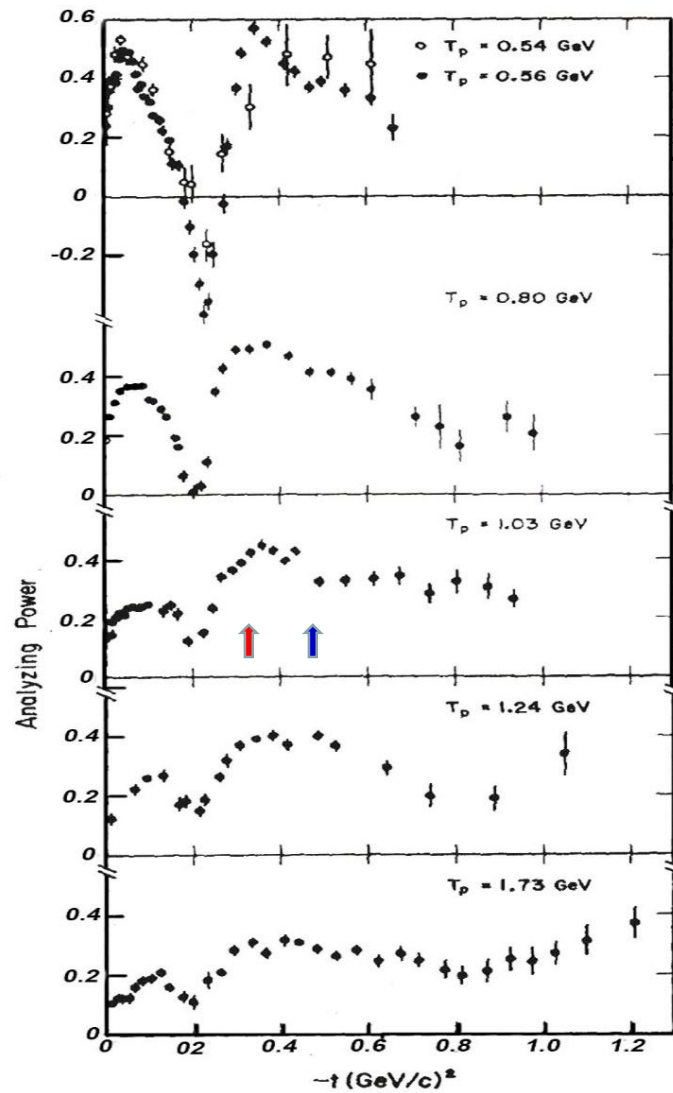
$t = 0.3666 \text{ GeV}^2/c^2$

$\sigma_{cm} \sim 0.1 \text{ mb/sr}$

$J = 2.293$

^3He

Анализирующая способность (Au)

Упругое рассеяние протонов на ядрах ^4He