

**“Некоторые результаты, полученные при изучении
реакций рождения кумулятивных частиц в ЛВЭ ОИЯИ”**

Светлой памяти Валентина Семёновича Ставинского

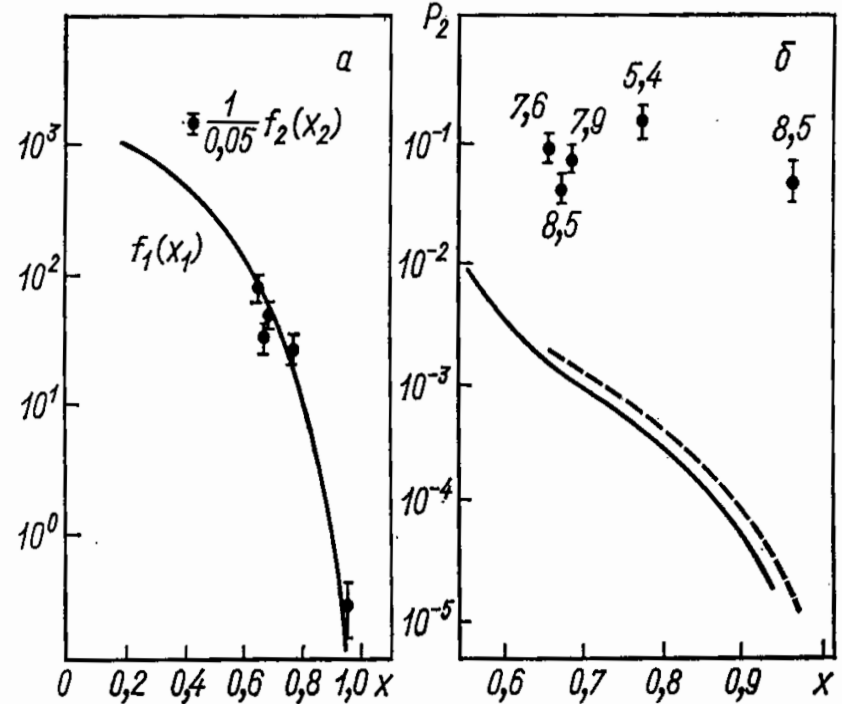
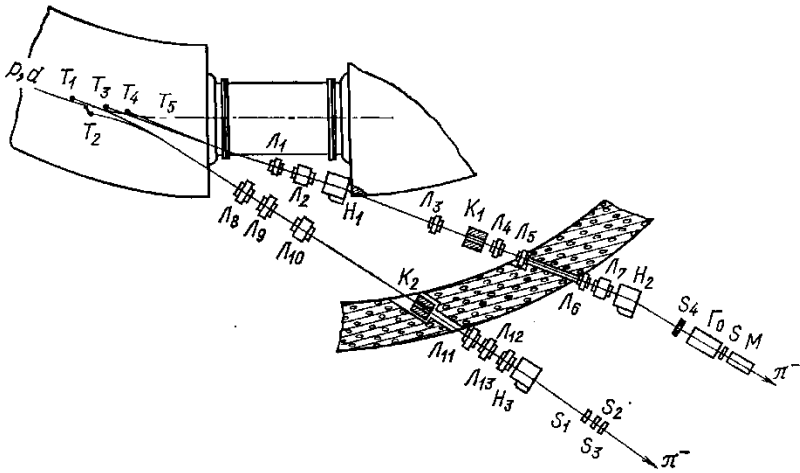
А.Г. Литвиненко

Историческая справка

Первое измерение

Балдин А.М. и др.
P1-5919, Дубна, 1971

$$\frac{d\sigma(D + Cu \rightarrow \pi^- + X)}{d\sigma(p + Cu \rightarrow \pi^- + X)}$$



Кумулятивные частицы (определение)

1. Подпороговость

$$B + A = c + X$$

$$\cancel{p + p} = \cancel{c + X}$$

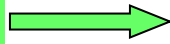
2. Область фрагментации мишени

$$|Y_A - Y_c| \ll |Y_B - Y_c|$$

$$|Y_A - Y_B| \geq 2 ; T_b \cong 4 \div 5 \text{ GeV}$$

НЕОБХОДИМЫЕ ПОЯСНЕНИЯ

ПОДПороГОВость



одна из сталкивающихся частиц - ядро

ПРЕДЕЛЬНАЯ ФРАГМЕНТАЦИЯ

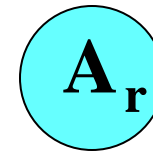
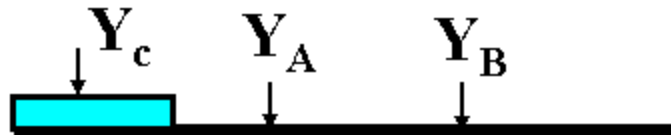


Сталкивающиеся частицы входят в определение несимметрично

$$|Y_A - Y_c| \ll |Y_B - Y_c|$$

Фрагментирующая частица

Частица на которой происходит фрагментация



Две постановки

- Фрагментирует мишень (ДИСК)
- Фрагментируют пучковая частица

Экспериментальные исследования

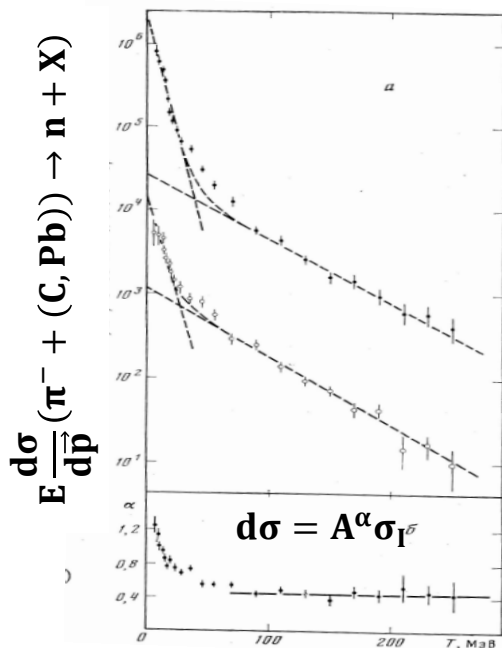
- Ставинский Валентин Семёнович + сотрудники (ОИЯИ)
- Лексин Георгий Александрович + сотрудники (ИТЭФ)
- Егиян Ким Шмавонович + сотрудники (ЕрФФИ)

ЯДЕРНАЯ ФИЗИКА
JOURNAL OF NUCLEAR PHYSICS
т. 35, вып. 4, 1982

ВЫХОДЫ НЕЙТРОНОВ И ПРОТОНОВ НА УГОЛ 90°
ПОД ДЕЙСТВИЕМ π^- -МЕЗОНОВ ИЗ ЯДЕР C, Cu, Pb, U

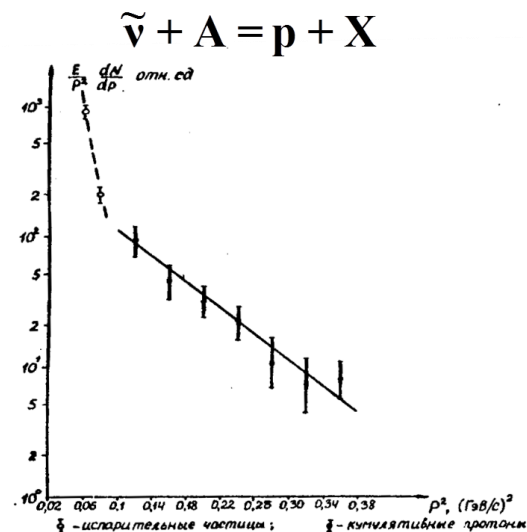
БАЮКОВ Ю. Д., ГАВРИЛОВ В. Б., ГОРИНОВ Н. А., ГРИШУК Ю. Г.,
ГУЩИН О. В., ДЕГТЯРЕНКО П. В., КОРНИШЕНКО Н. Л., ЛЕКСИН Г. А.,
ФЕДОРОВ В. Б., ШВАРЦМАН Б. Б., ШЕВЧЕНКО С. В., ШУВАЛОВ С. М.

ИНСТИТУТ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ И ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ ГИИЛЭ



Результаты

Р.Аммар и др., Препринт ФИАН, (48), (1989)

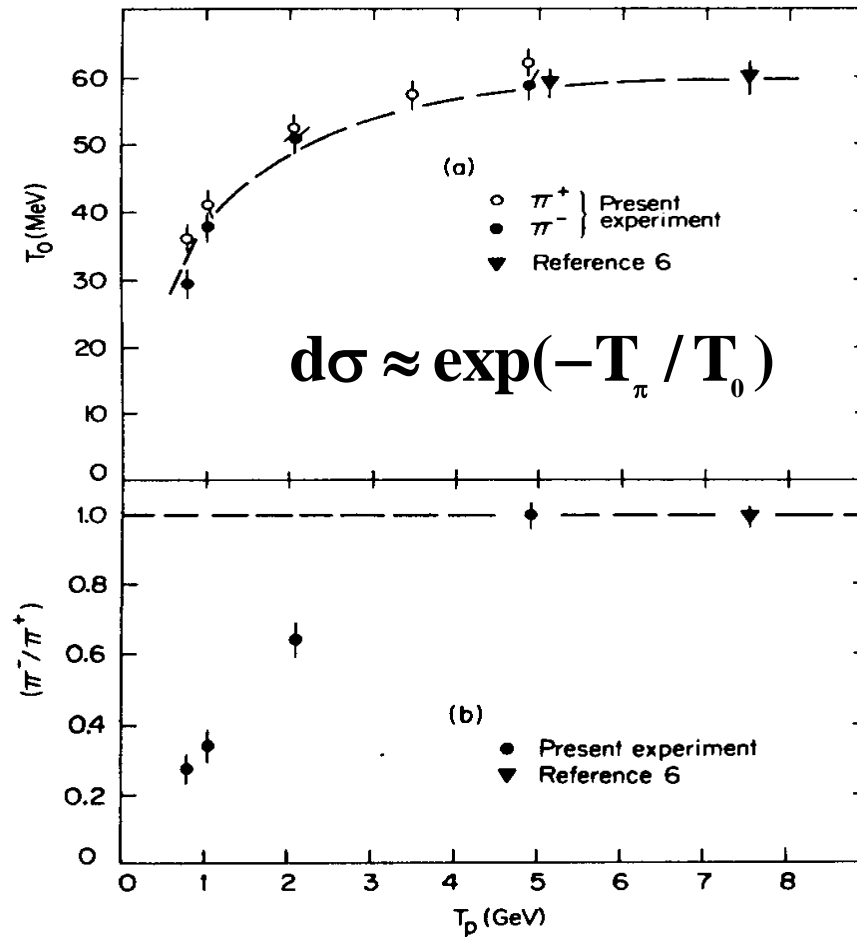


- Ферми движение не описывает рождение кумулятивных частиц
- Спектры и A - зависимости подобны для разных ядер (скейлинг?)

Ещё немного скейлинга

L.S.Schreder et al., Phys.Rev.Lett., v.43,1786,(1979)

А.М.Балдин и др. ЯФ, Т.20,1201,(1979)

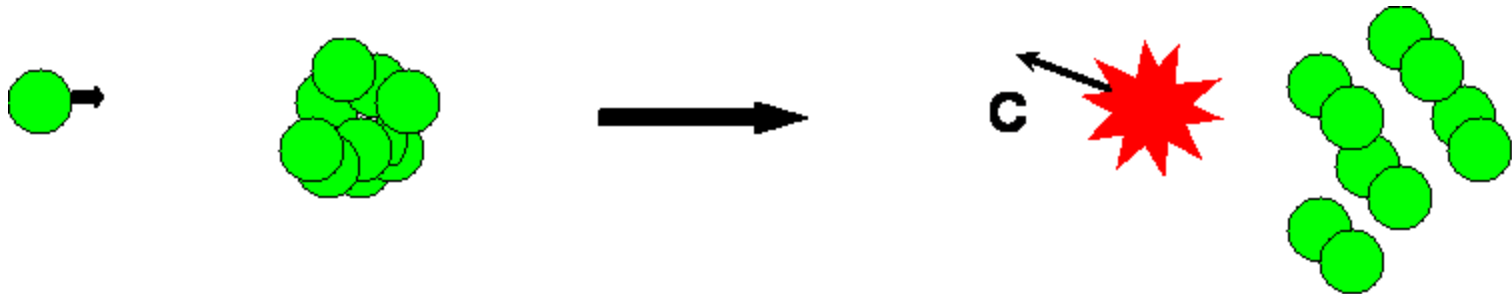


Источник возникновения кумулятивных частиц

Классификация моделей

А.В.Ефремов, ЭЧАЯ, Т.13,613,(1982)

Модели с горячим флуконом



Модели с холодным флуконом



Термин флукон - впервые в работе *Д.И.Блохинцев, ЖЭТФ, Т.33, 1295,(1957)*

В.С. “Обзор данных и размышления о скейлинге”

**«ФИЗИКА ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ И АТОМНОГО ЯДРА»
1979, ТОМ 10, ВЫП. 5**

ПРЕДЕЛЬНАЯ ФРАГМЕНТАЦИЯ ЯДЕР— КУМУЛЯТИВНЫЙ ЭФФЕКТ (ЭКСПЕРИМЕНТ)

В. С. Ставинский

Объединенный институт ядерных исследований, Дубна

Кумулятивное число (Кумулятивная переменная)

Из обзора В.С.Ставинского (цитаты)

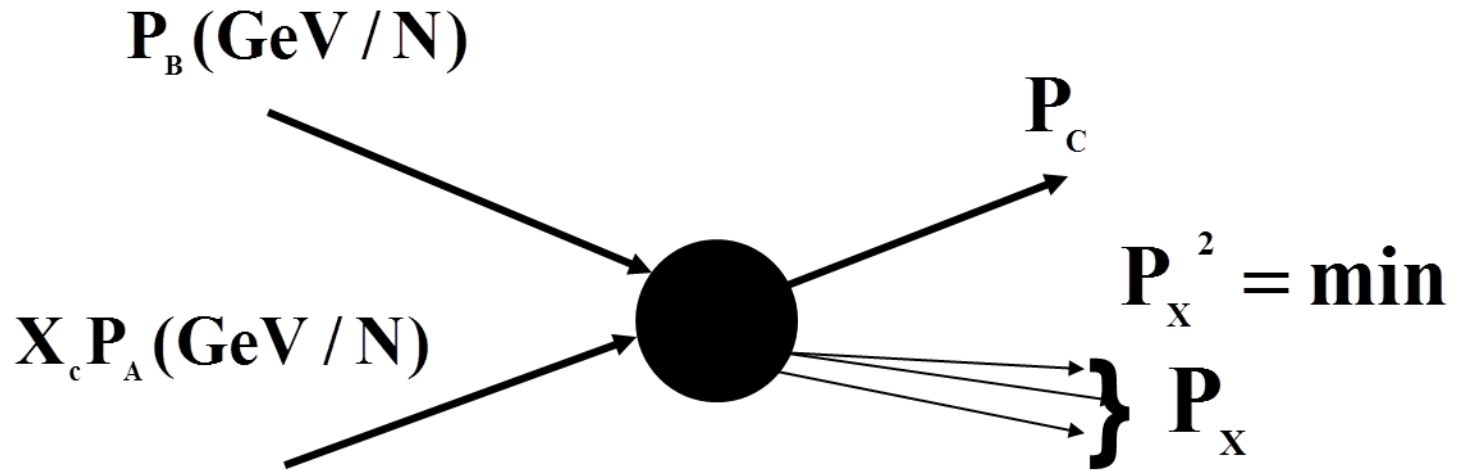
$$\left. \begin{aligned} f_1(m + m \rightarrow \pi + M_1) &= f_1(\mathbf{x}_1); \\ f_2(2m + m \rightarrow \pi + M_2) &= f_2(\mathbf{x}_2); \\ \vdots \\ f_N(Nm + m \rightarrow \pi + M_N) &= f_N(\mathbf{x}_N); \\ \vdots \\ f_A(Am + m \rightarrow \pi + M_A) &= f_A(\mathbf{x}_A). \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

$$E \frac{d\sigma}{d\bar{\mathbf{p}}} = \sum_{N_{\text{мин}}}^A P_N(N) f_N(\mathbf{x}_N). \quad (8)$$

$$N_{\text{мин}} \approx (E_c - P_c \cos \theta_c)/m, \quad (9)$$

В системе координат, где фрагментатор покоится и импульс инклюзивной частицы ограничен, особенно четко видна важность массовых поправок в выборе масштабной переменной. Строго говоря, этот вопрос к настоящему времени является открытым и вполне законной выглядит постановка задачи: найти масштабную переменную и понять ее смысл из равенства инклюзивных сечений при разных энергиях.

Кумулятивное число (Кумулятивная переменная)



$$X_C = \frac{(P_t P_\pi) - m_\pi^2 / 2}{(P_b P_t) - (P_b P_\pi) - m_N^2}$$

$$d\sigma \sim \exp(-X_c / X_0)$$

Скейлинг (Суперскейлинг?):

- ✓ Независимость от начальной энергии;
- ✓ Независимость от типа детектируемой (кумулятивной) частицы;
- ✓ Независимость от типа налетающей частицы;
- ✓ Независимость от ядра мишени для средних и тяжелых ядер;

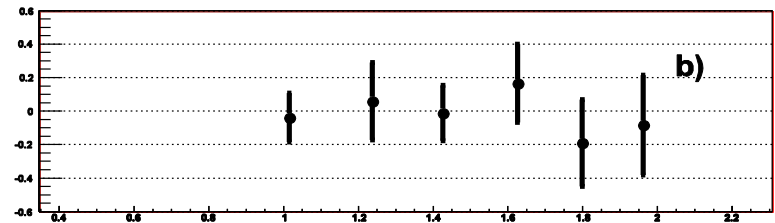
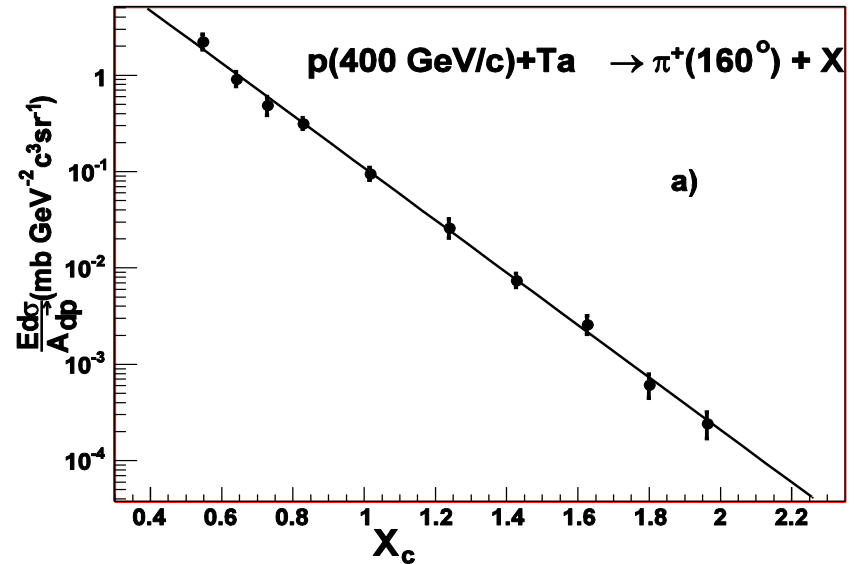
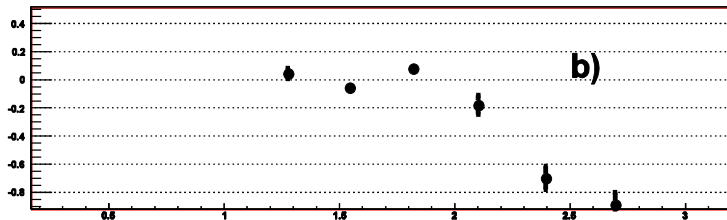
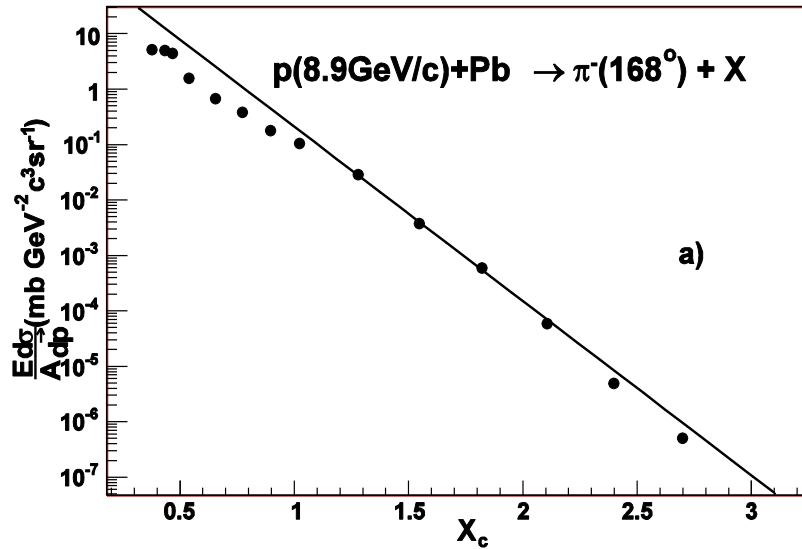
$$E_B - 5 - 400 \text{ GeV} \quad c = \pi^\pm, K^\pm, p^\pm, d$$

Налетающие частицы: лептоны, мезоны, ядра

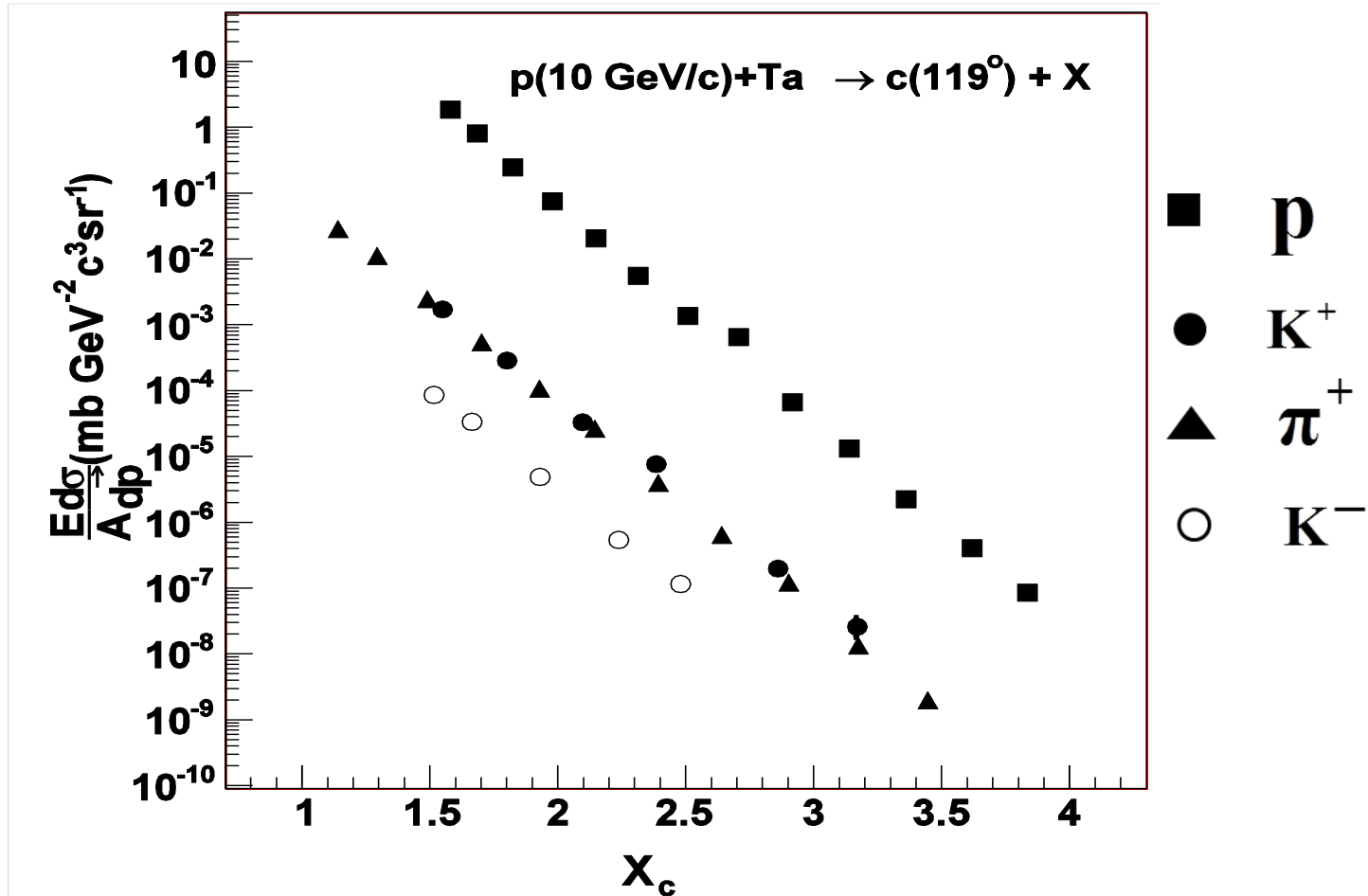
Ядра мишени: дейтрон - свинец

Независимость от начальной энергии.

Точность ~ 30-40 %



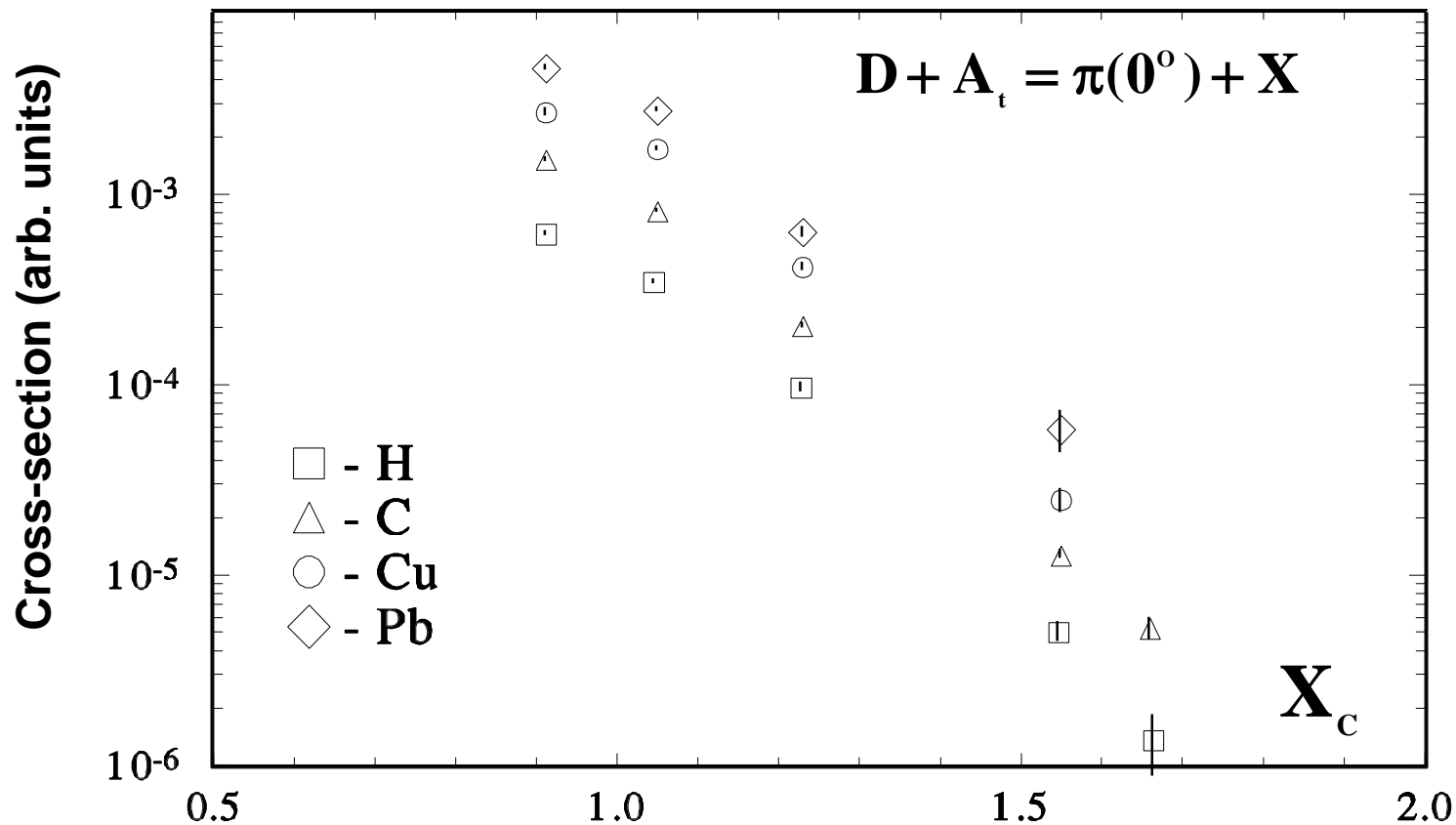
Независимость от типа кумулятивной частицы



С.В.Бояринов и др. Ядерная Физика, **50**(6), 1605, (1989).

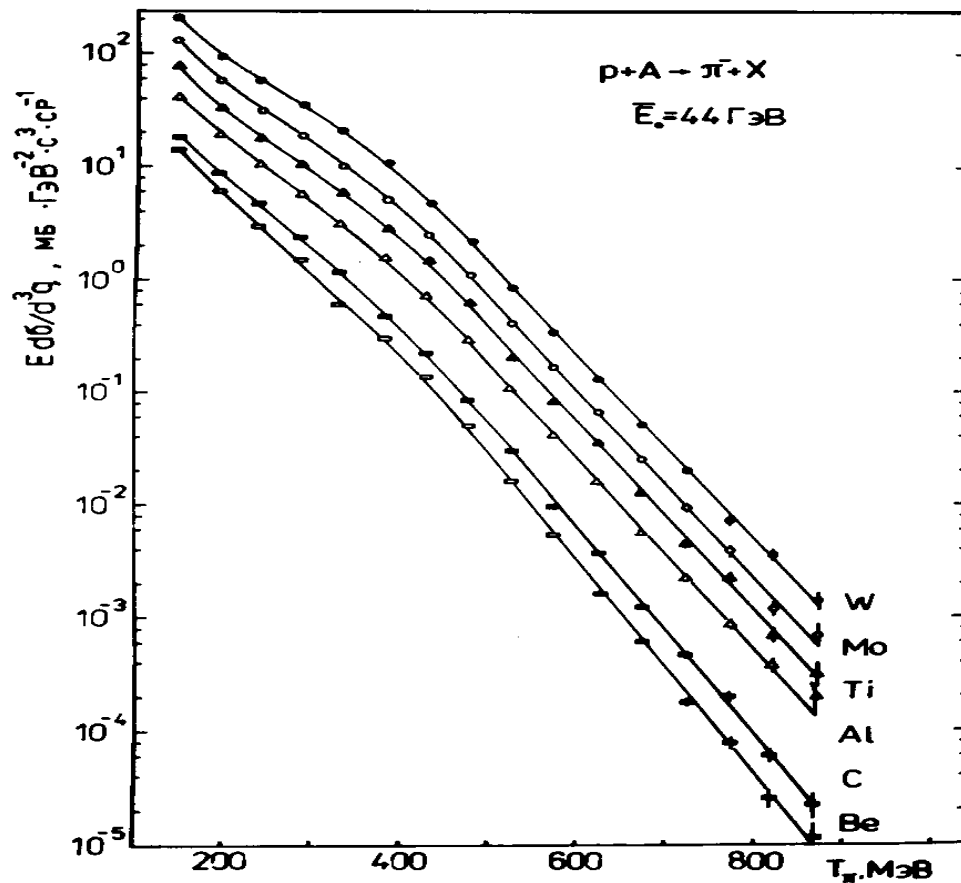
С.В.Бояринов и др. Ядерная Физика, **54**(1), 119, (1991)

Зависимость от налетающего ядра



Ю.С.Анисимов и др. . Ядерная Физика, **60**(6), 1070–1077, (1997)

Независимость от ядра мишени для средних и тяжелых ядер



И.М.Беляев, О.П.Гавришук, Л.С.Золин и В.Ф.Переседов. Ядерная Физика, **56**(10), 135, (1993).

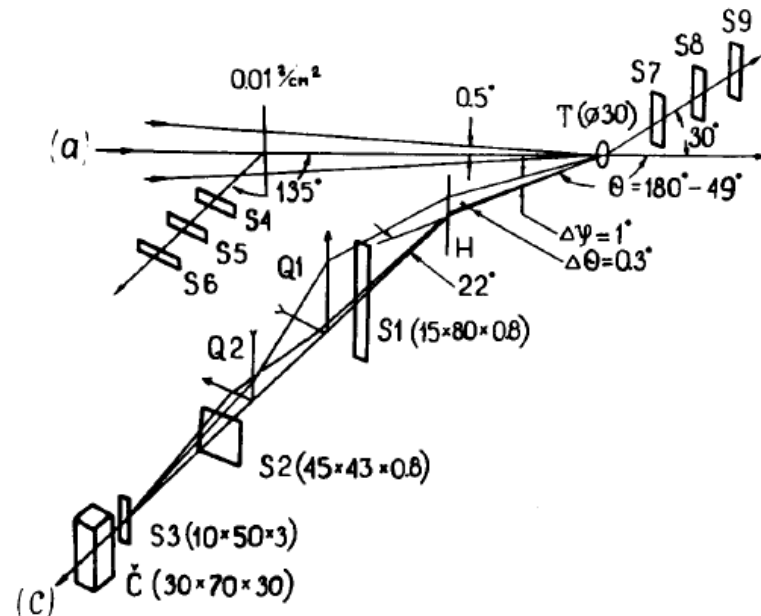
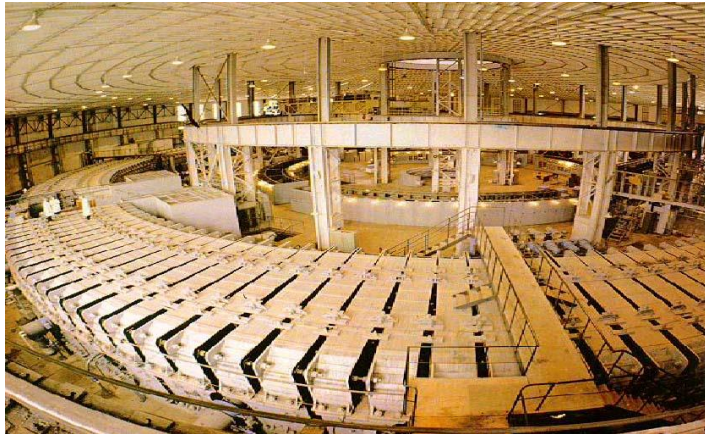
Реакции и постановка эксперимента

$$A_r (4.5 \text{ ГэВ/(с нуклон)}) + A_t = \pi^\pm (120^\circ) + X$$

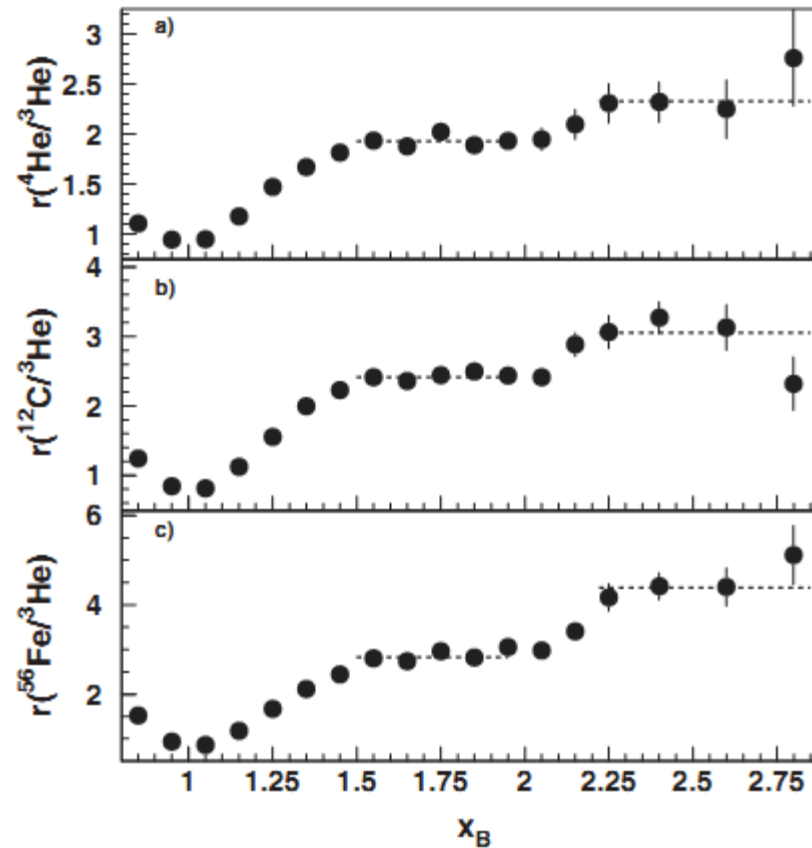
$$A_r = p, D, {}^4\text{He}, {}^{12}\text{C} \quad A_t = D, \dots, {}^{58}\text{Ni}, {}^{64}\text{Ni}, {}^{64}\text{Zn}, {}^{114}\text{Sn}, {}^{124}\text{Sn}, \text{Pb}$$

Ускоритель
СИНХРОФАЗОТРОН

Установка ДИСК - 2



$$E \frac{d\sigma}{d\mathbf{p}} = \sum_{N_{\text{мин}}}^A P_N(N) f_N(\mathbf{x}_N). \quad (8)$$



Measurement of Two- and Three-Nucleon Short-Range Correlation Probabilities in Nuclei

K.S. Egiyan, ..., A. Stavinsky, ... et al., *Clas Coll.*





ЗАКЛЮЧЕНИЕ

**Валентин Семёнович,
СПАСИБО**

Backup Slides

$$X_c = \frac{(P_r P_e) + m_N m_2 + (m_2^2 - m_1^2)/2}{(P_r P_f) - m_N^2 - (P_f P_e) - m_N m_2}$$

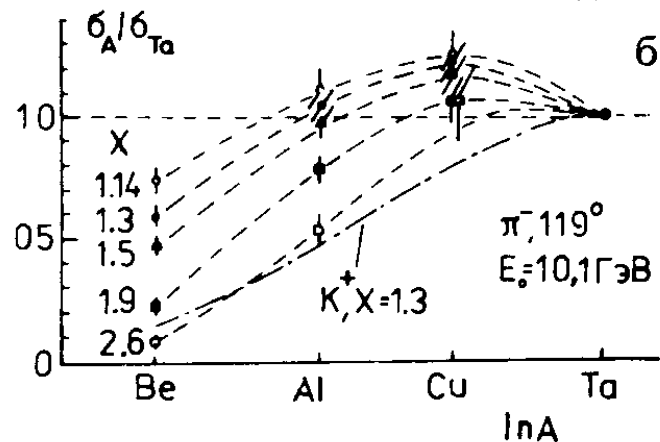
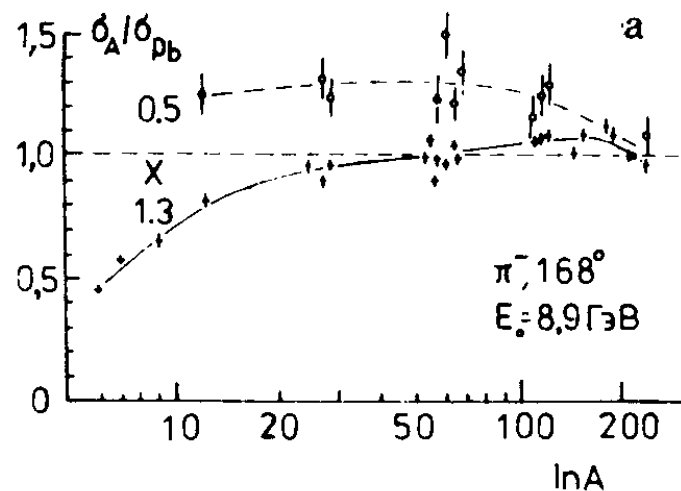
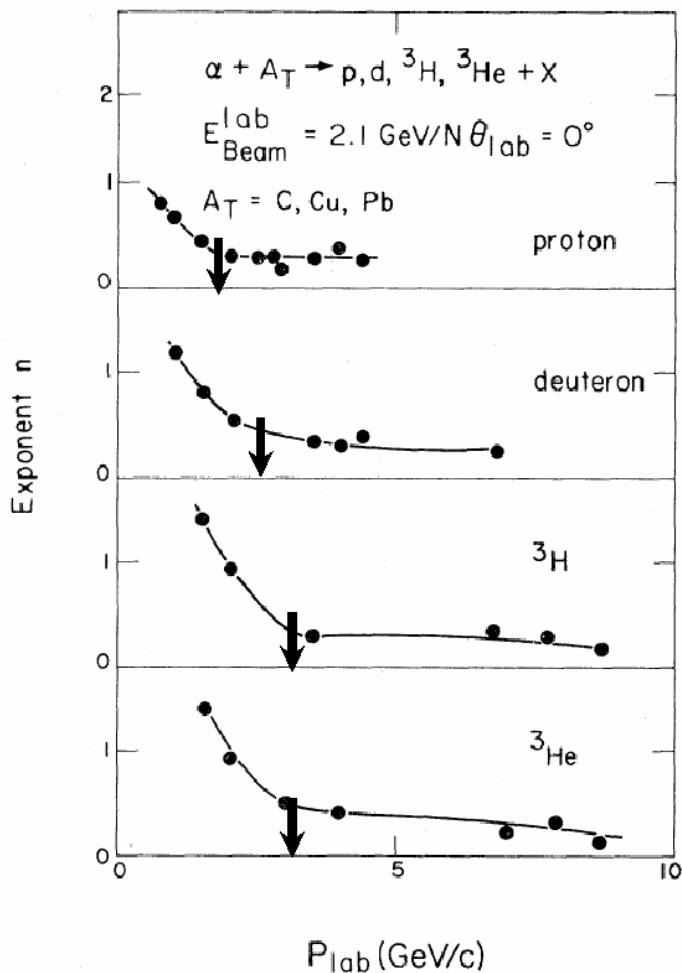
$$X_e = \frac{(P_r P_e) + m_N m_2 + (m_2^2 - m_1^2)/2}{(P_r P_f) - m_N^2 - (P_f P_e) - m_N m_2}$$

Зависимость от атомной массы сталкивающихся ядер

$$d\sigma \sim A_b^n A_t^\alpha f(X_c, \theta)$$

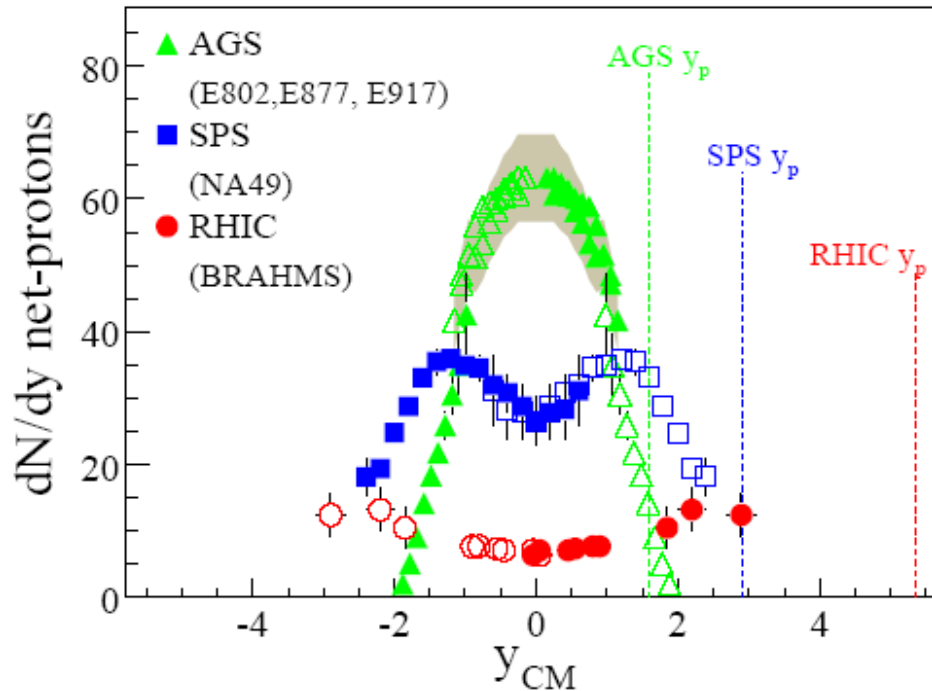
$$A_b > A_t; n \sim 1/3$$

$$\alpha \geq 1; A_t \geq 27$$



Baryon charge of fireball can be obtained from net-proton distribution

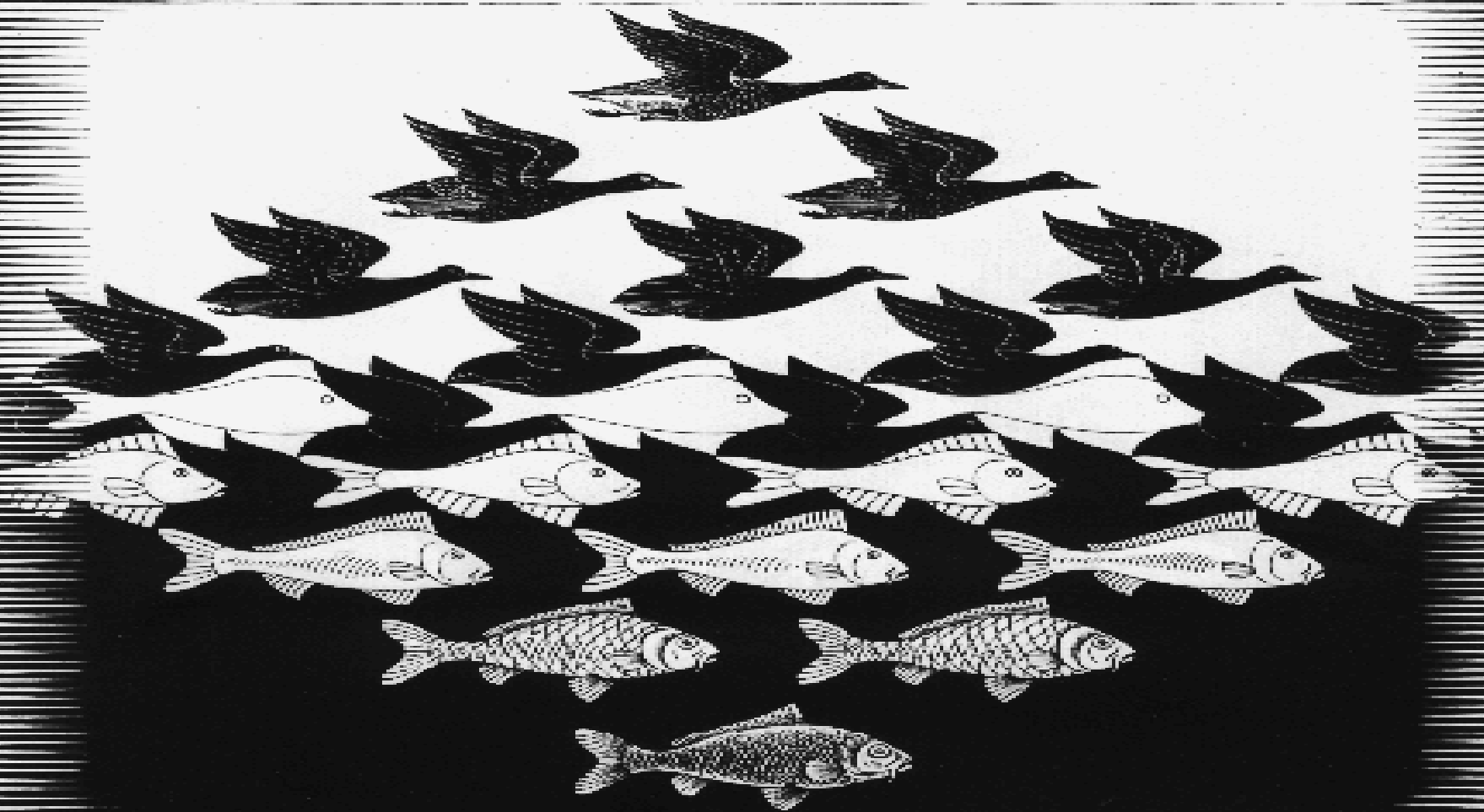
$$\text{Net protons} = \Sigma(\mathbf{p} - \bar{\mathbf{p}})$$

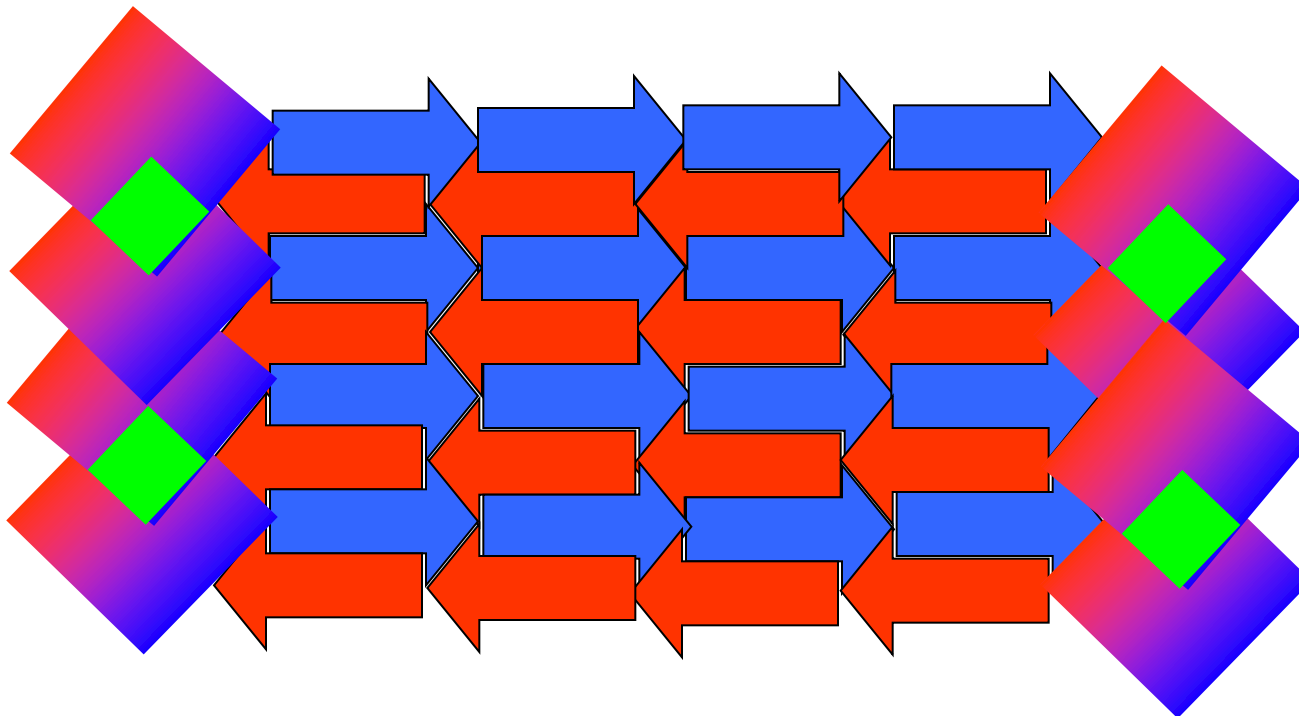


By the way, is often used **Stopping power**

$$\delta y = y_b - \langle y \rangle \quad \text{and} \quad \langle y \rangle = \int_0^{y_b} y \frac{dN}{dy} dy / \int_0^{y_b} \frac{dN}{dy} dy$$

ДУАЛИЗМ – HOW IT IS LOOKS LIKE





6 March 2006