

Вехи НУКЛОТРОНА

А.Малахов

**Рабочее совещание Сотрудничества БЕККЕРЕЛЬ,
14.07.2010, Дубна**





*Дорогой Павел
Игоревич!*

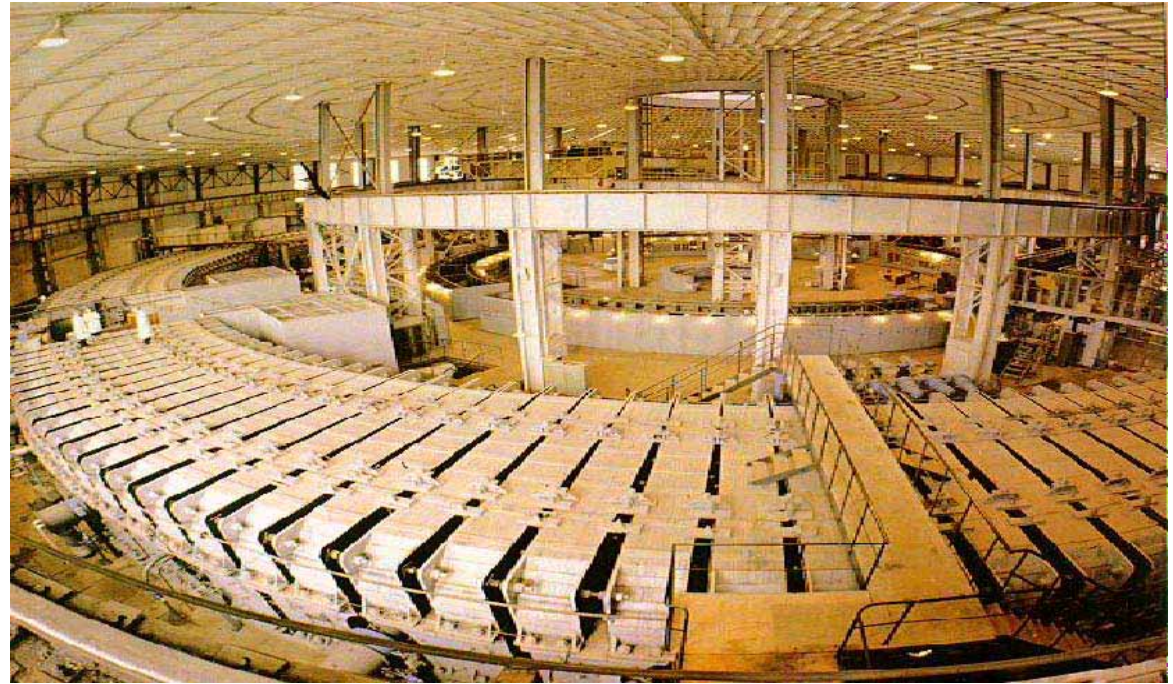
С 50-летием!



В.И.Векслер

СИНХРОФАЗОТРОН

1957 г.



НУКЛОТРОН

1993 г.



А.М.Балдин



Л.Г.Макаров



В.К.Лукьянов

„О РАБОТЕ ПАРТКОМА
И ДИРЕКЦИИ ЛВЭ по
МОБИЛИЗАЦИИ КОЛЛЕК-
ТИВА ЛВЭ НА РЕШЕНИЕ
ЗАДАЧИ ПО СООРУЖЕ-
НИЮ **НУКЛОТРОНА**”

(ДОКЛАД А.И. Малахова на выездном
ЗАСЕДАНИИ ПАРТКОМА КПСС в ОИЯИ)

16.07.87.

Задача состоит в том, чтобы в
конкретных условиях ЛВЭ, не
снижая темпов выполнения науч-
ной программы и поддерживая
работу синхрофазотрона на дол-
жном уровне, сосредоточить уси-
лия на создании нуклотрона
в кратчайшие сроки

" П Л А Н . . . "

- ПАРТИЙНО-ХОЗ. АКТИВ - июнь 86 г.
- ПАРТСОБРАНИЯ ЛВЭ :
 - ИТОГИ 86 г. и задачи на 87 г. - Фев. 87 г.
 - О ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТОВ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ФИЗИЧ. УСТАНОВОК И ПЕРСПЕКТИВЫ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЛВЭ - сент. 87 г.
 - О ПОЛОЖЕНИИ ДЕЛ ПО СООРУЖЕНИЮ НУКЛОТРОНА - окт. 87 г.
сент. 88 г.
- ВОПРОСЫ НА ПАРТКОМЕ :
 - ИНФОРМАЦИЯ О ПРОЕКТНЫХ РАБОТАХ ПО НУКЛОТРОНУ - МАЙ 86 г.
 - О ХОДЕ РАБОТ ПО НУКЛОТРОНУ в ОЭЭА, НИЭТО, НИКО ЭТО, ЦОЭП - Фев 87 г -
- нояб. 88 г.
- М.-Л. и экономич. образов., лекционная ПРОПАГАНДА.
 - "КРУГЛЫЙ СТОЛ" для про-
"ПАГАНДИСТОВ, РАЗВИТИЕ УСКО-
РИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ЛВЭ" - Дек. 86 г.

■ МАССОВО-ПОЛИТИЧЕСКАЯ РАБОТА

- ВСТРЕЧА ПОЛИТИНФОРМАТОРОВ ЛВЭ С ГЛАВНЫМ ИНЖЕНЕРОМ ЛВЭ Л.Г.МАКАРОВЫМ — июль 87г
- ВСТРЕЧА МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ С АДМИНИСТРАЦИЕЙ, ОБЩЕСТВ. ОРГАНИЗАЦИЯМИ ЛВЭ — ЯНВ. 87г.
- ОСВЕЩЕНИЕ В ГАЗЕТЕ „ДУБНА” — ВЕСЬ ПЕРИОД (Рубрика „Намечено пятилетним планом ОИЯИ”)

■ НАГЛЯДНАЯ АГИТАЦИЯ

- ЛОЗУНГ :



ВБЛИЗИ
корп. №1

- СТЕНД : „Ускорительный комплекс ЛВЭ”
(В АДМИНИСТРАТ. КОРПУСЕ ЛВЭ)



- НАГЛЯДНАЯ АГИТАЦИЯ
В ОТДЕЛАХ
- ФОТОИНФОРМАЦИЯ
„СО СТРОИТЕЛЬСТВА
НУКЛОТРОНА” — 2÷3
РАЗА В ГОД

ПАРТИЙНО-ХОЗЯЙСТВЕННЫЙ АКТИВ

(июнь 86 г.)

ВЫСТУПЛЕНИЯ:

- ЗАМЕЧАНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО УСКОРЕНИЮ РАБОТ
- МЕРЫ ПО УСТРАНЕНИЮ НЕДОСТАТКОВ

ПОСТАНОВЛЕНИЕ:

- ВЫДЕЛЕНА ГЛАВНАЯ ЗАДАЧА ДО ОСТАНОВКИ СИНХРОФАЗОТРОНА НА ПАВОДКОВЫЙ ПЕРИОД 1987 г.

Рекомендовано:

- ДИРЕКЦИИ ЛВЭ ПРОВЕСТИ РАБОЧЕЕ СОВЕЩАНИЕ ПО ПОДГОТОВКЕ ТЕХНИЧЕСКИХ И ФИЗИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПРОГРАММЕ „Нуклотрон“.
- ОТДЕЛАМ ПРОВЕСТИ ПАРТСОБРАНИЯ, НА КОТОРЫХ ПРОАНАЛИЗИРОВАТЬ ХОД РАБОТ ПО НУКЛОТРОНУ, В МАКСИМ. СТЕПЕНИ МОБИЛИЗОВАТЬ КОЛЛЕКТИВ НА ВЫПОЛНЕНИЕ ЭТОЙ ЗАДАЧИ, ВВЕСТИ В ДЕЛО РЕЗЕРВЫ.

ОБСУЖДЕНИЯ ДЕЛ ПО НУКЛОТРОНУ
СОСТОЯЛИСЬ НА ОТЧЕТНЫХ П/С
ОТДЕЛОВ И ЛВЭ

НЭОРА → ПРОСЬБА В АДРЕС ПАРТКОМА
ЛВЭ О НЕОБХОДИМОСТИ СОЗДА-
НИЯ ПОСТОЯННОДЕЙСТВ. СОВЕЩА-
НИЯ ПО НУКЛОТРОНУ.

- ТЕПЕРЬ ХОД РАБОТ ПО СООРУЖЕНИЮ
НУКЛОТРОНА ЕЖЕКВАРТАЛЬНО ЗАСЛУШИ-
ВАЕТСЯ НА ДИРЕКТОРСКОМ СОВЕЩАНИИ
ЛВЭ.

ПРОПАГАНДИСТСКАЯ РАБОТА

- ОБСУЖДЕНИЕ ДОКУМЕНТОВ 27 СЪЕЗДА КПСС В СИСТЕМЕ М.-Л. ОБРАЗОВАНИЯ ТЕСНО СВЯЗЫВАЕТСЯ С ЗАДАЧАМИ, СТОЯЩИМИ ПЕРЕД КОЛЛЕКТИВОМ
 - ГЛ. ИНЖЕНЕРОМ ЛВЭ ПО ПРОСЬБЕ П/К ПОДГОТОВЛЕН БОЛЬШОЙ МЕТОДИЧЕСКИЙ МАТЕРИАЛ ПО РАЗВИТИЮ УСКОРИТЕЛЬНОЙ БАЗЫ ЛВЭ (ДЛЯ ПРОПАГАНДИСТОВ).
 - НА ТЕОРЕТИЧ. СЕМИНАРЕ НИЭТО (рук. Глущенко В.Г.)
— задачи отдела по реализ. проекта „Нуклотрон“
 - В ШКОЛЕ НАУЧНОГО КОММУНИЗМА ЭТО (рук. Григорашенко В.С.)
— 2 занятия посвящены перспективам развития базовых установок ОИЯИ.
- С аналогичной тематикой прошли занятия у пропагандистов Батюни Б.В. и Дорошенко А.З.
- ИДЕОЛОГИЧ. КОМИССИЯ П/К ИЗУЧАЕТ ВОПРОСЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ, ПОСТУПАЮЩИЕ ОТ СЛУШАТЕЛЕЙ, ИНФОРМИРУЕТ О ПРИНЯТЫХ МЕРАХ.
 - К ПРОВЕДЕНИЮ МАССОВО-ПОЛИТИЧ. РАБОТЫ ПРИВЛЕКАЮТСЯ ЛЕКТОРСКИЙ АКТИВ, РУК. ОТДЕЛОВ, СЕКТОРОВ, ГРУПП.

Активное участие в этой работе принимают Л.Г. Макаров и А.М. Балдин.

— выступали перед молодыми рабочими, наставниками, молодыми учёными и специалистами.

Инициатор таких встреч профком и бюро ВЛКСМ ЛВЭ.

В ЦЕЛЯХ ИДЕОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ РАБОТ ПАРТКОМ И ДИРЕКЦИЯ ЛВЭ ИСПОЛЬЗУЮТ ПРАКТИКУ ЗАСЛУШИВАНИЯ РУКОВОДИТЕЛЕЙ НА:

- ПАРТКОМЕ - 6 НАЧ. ОТДЕЛОВ
(1986 г.) 5 СЕКРЕТАРЕЙ П/О
- ДИРЕКТОРСКОМ СОВЕЩАНИИ
(1986 г.) - 12 НАЧ. ОТДЕЛОВ
- ПАРТСОБРАНИЯХ - 141 чл. КПСС, 39-8/п.

В 1986 г. рук. работники ⇒ { 30 лекций
68 бесед

Руководители → 26 - пропагандисты, члены методсовета

Всего 89 рук. → 12 - политинформаторы

→ 15 - члены об-ва „Знание“

Широко используется данная практика в ЦОЭП, ЭТО, ОЭЭА.

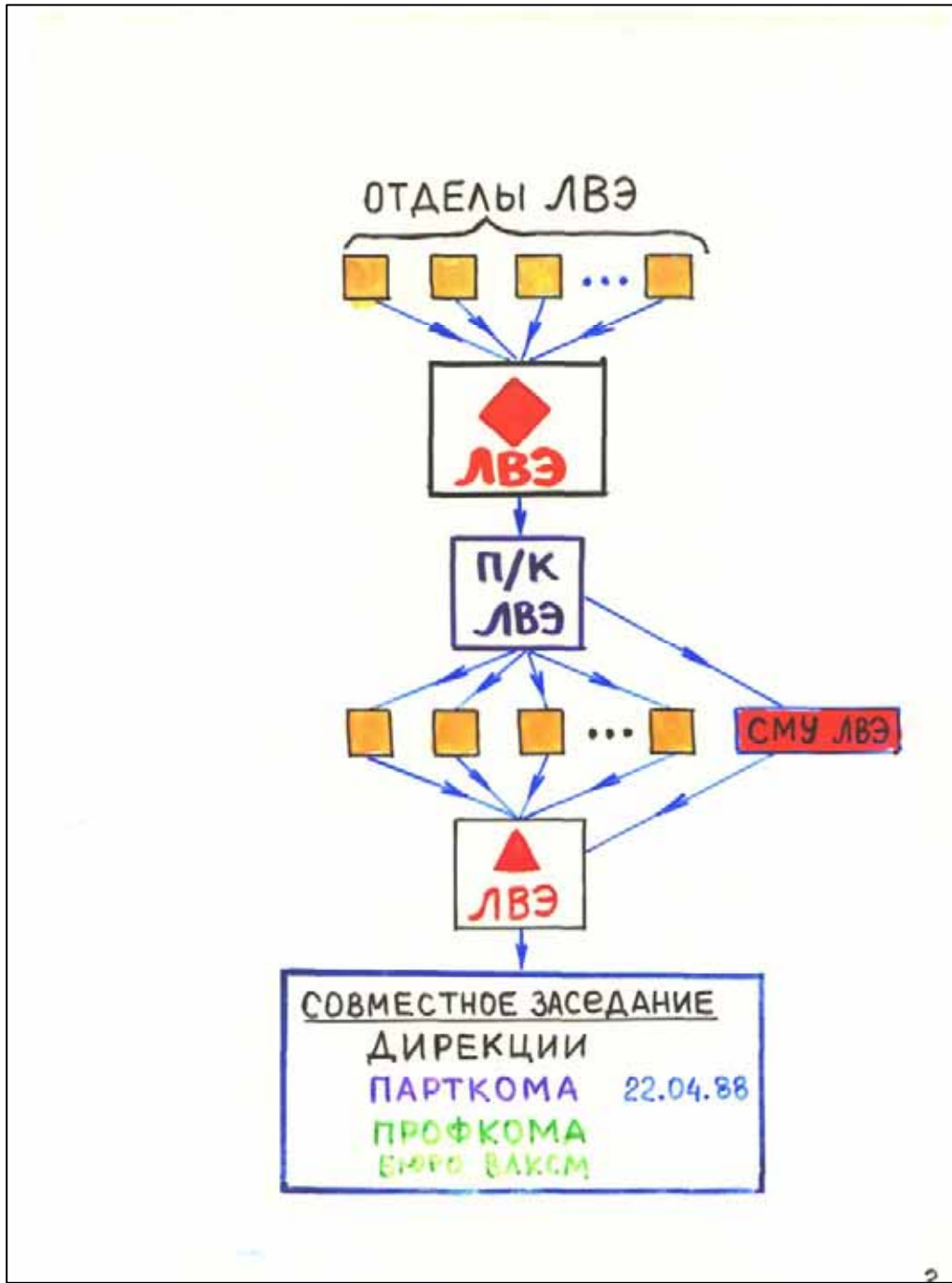
По итогам 1986 г. эти отделы признаны лучшими в выполнении работ по НУКЛОТРОНУ.

- С целью более чёткого контроля работ по созданию НУКЛОТРОНА на открытом партсобрании ЛВЭ 24.06.87г. принято решение о создании комиссии по контролю за деятельностью администрации по работам, связанным с созданием НУКЛОТРОНА и подготовке к физическим исследованиям на нём.
- Приняло 2 дополнит. обязательства по работам по НУКЛОТРОНУ в честь 70-летия ВОР.

УСИЛЕНИЕ СОЦИАЛЬНОЙ НАПРАВЛЕННОСТИ В
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ РУКОВОДЯЩИХ КАДРОВ.
ЗАБОТА О ЧЕЛОВЕКЕ.

- ПРЯКРАСНАЯ СТОЛОВАЯ ЛВЭ (БУФЕТ, КУЛИНАРИЯ)
- НОВЫЙ ПРОДУКТ. МАГАЗИН САМООБСЛУЖИВАНИЯ
- РАСШИРЕННЫЙ МЕДПУНКТ.
- ПРИЁМ "ТРЕУГОЛЬНИКА" КАЖДЫЙ 1-ЫЙ ЧЕТВЕРГ МЕСЯЦА (В ОСНОВН. ЖИЛЬЁ) (ВОСПИТАТ. МОМЕНТ)
- "МЕЛОЧИ" → НЕ МЕЛОЧИ

КАДРЫ

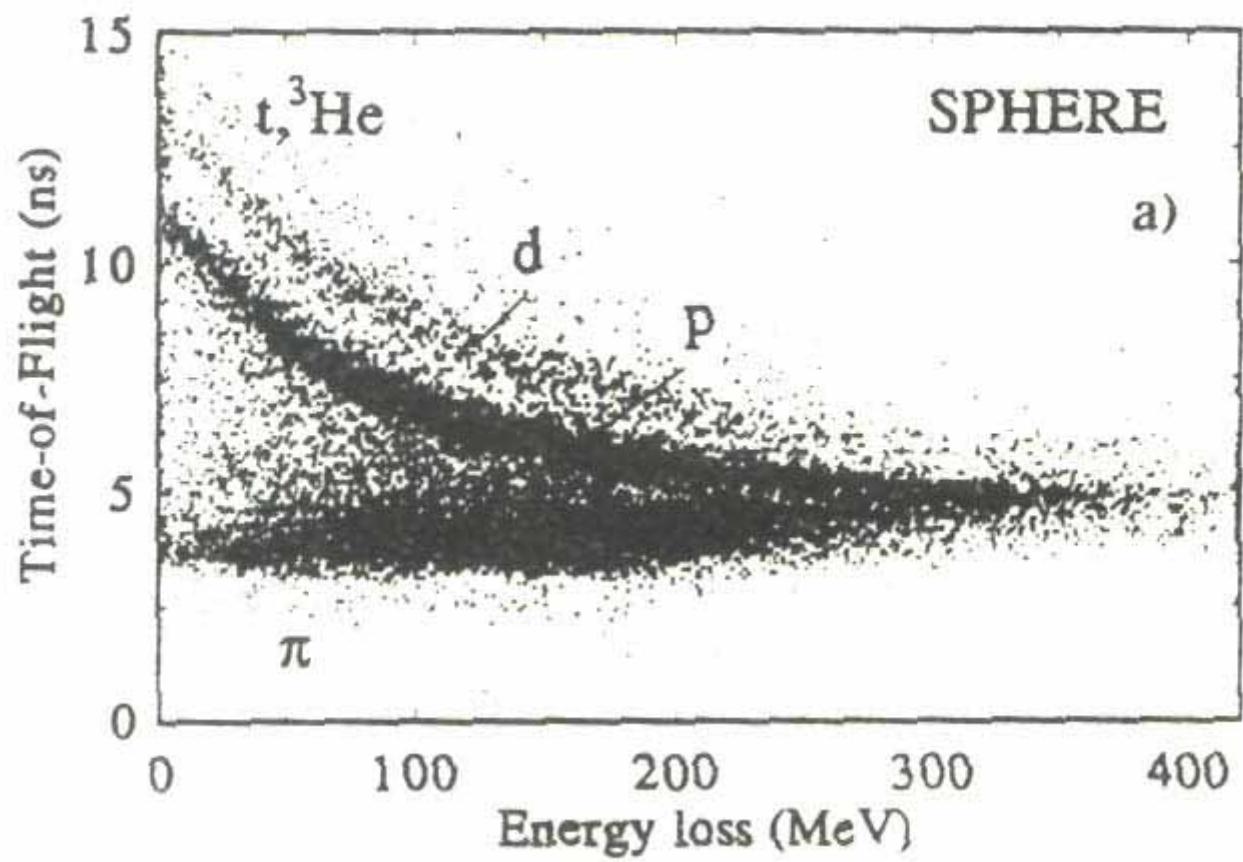


ПОСТАНОВЛЕНИЕ

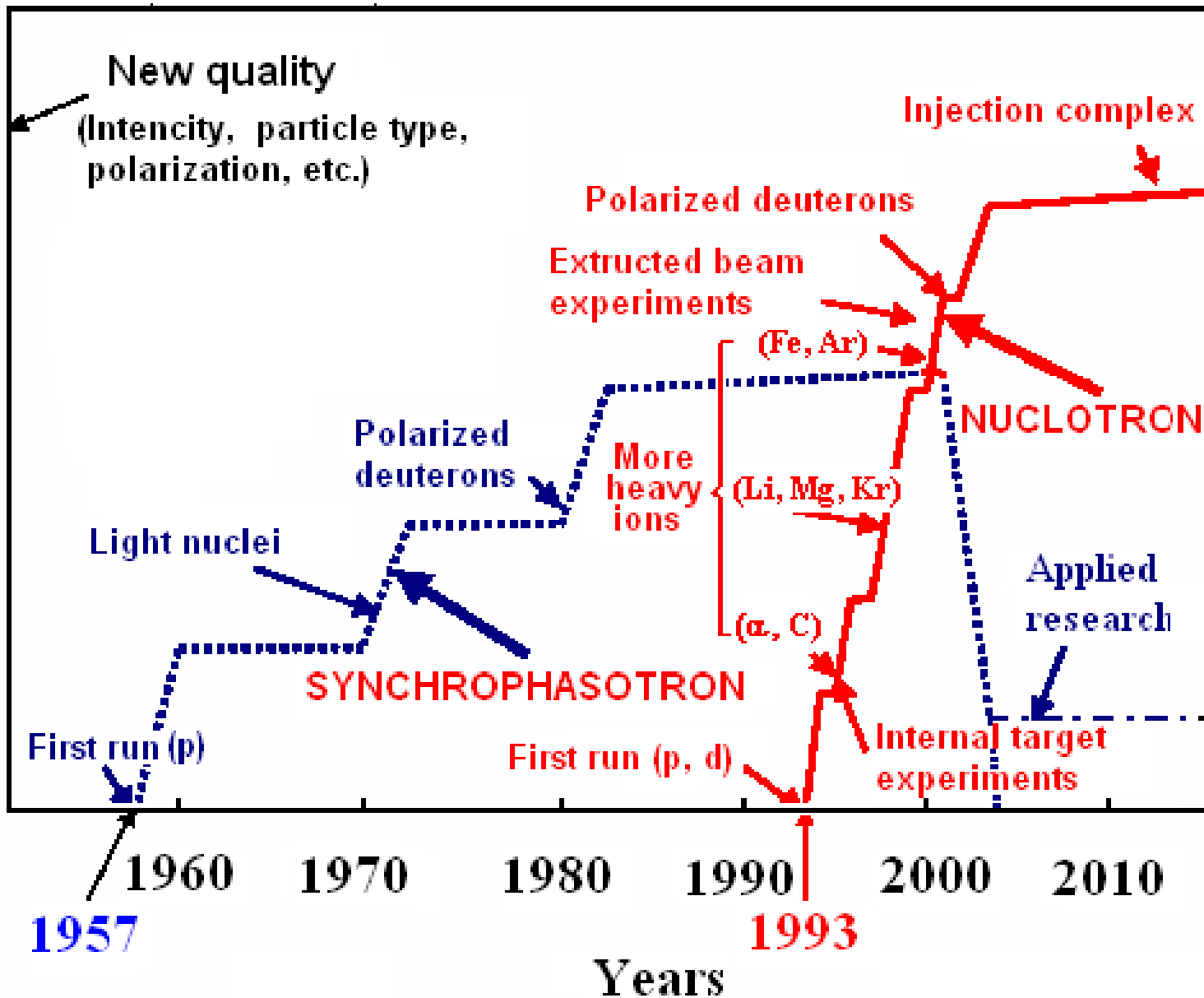
бюро Паркома КПСС в ОИЯИ по вопросу "О работе дирекции и партийной организации ЛВЭ по сооружению нуклотрона".

от 16 июля 1987 г.

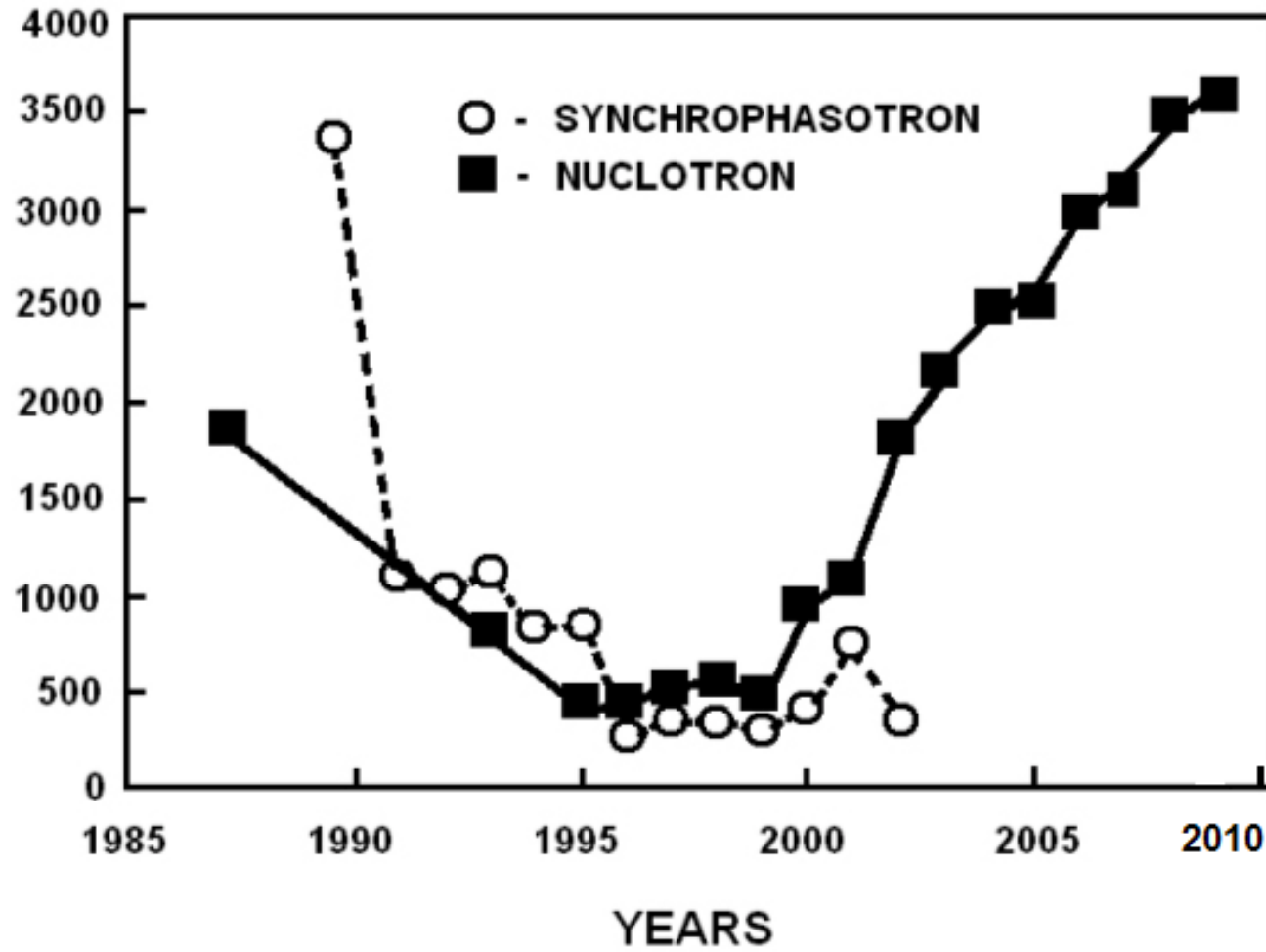
Создание нуклотрона является важнейшей задачей ЛВЭ и одной из главных в ОИЯИ в 12-ой пятилетке. Новая базовая установка ОИЯИ позволит в течение 15-20 лет проводить конкурентноспособные исследования по релятивистской ядерной физике. Реализация этого проекта существенно сократит расходы на эксплуатацию ускорителя. Особенностью сооружения нуклотрона является то, что параллельно ведется работа синхрофазотрона на физический эксперимент без снижения темпов научных исследований на его пучках.



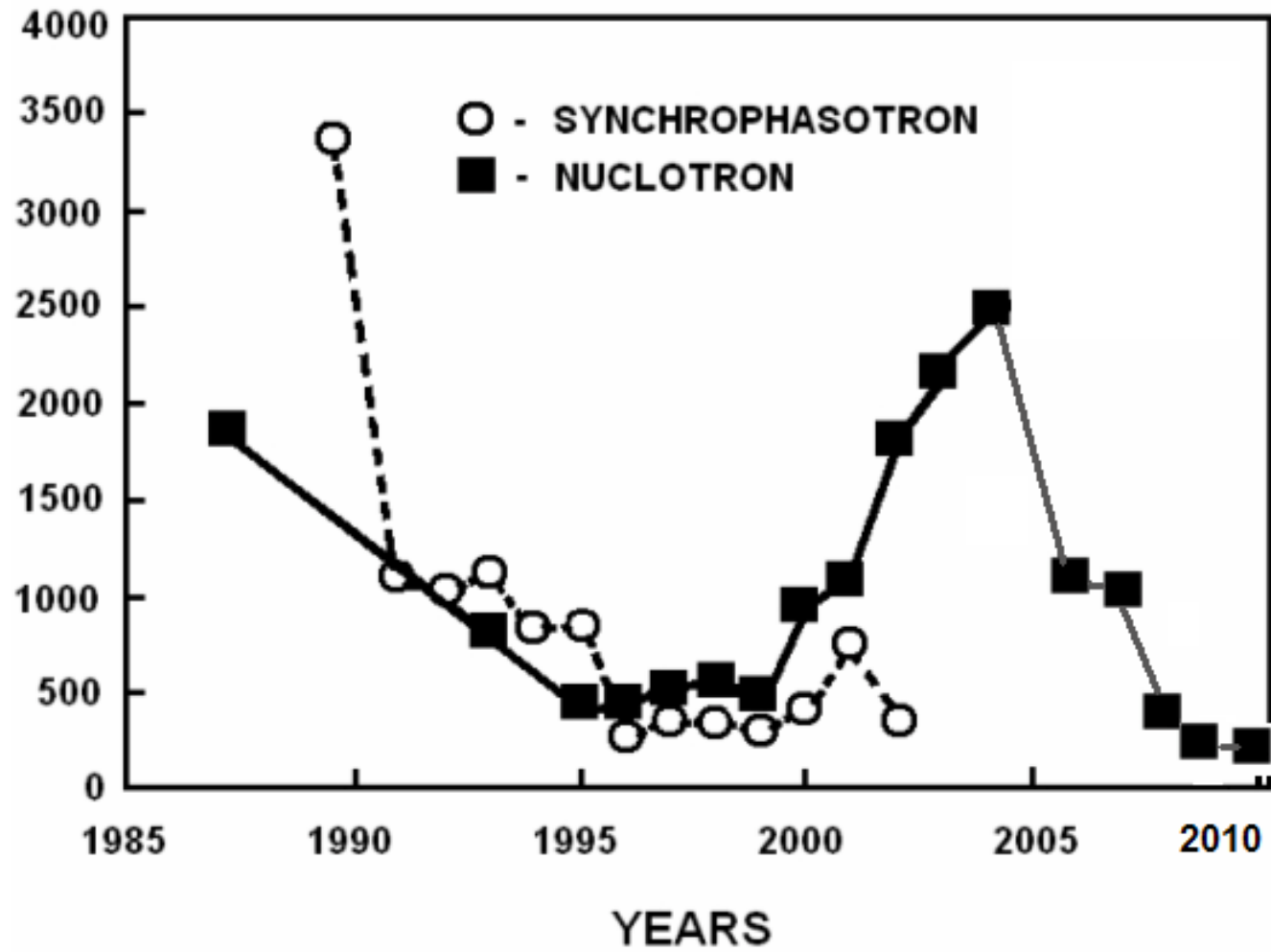
Март 1994 г., $D + Au \rightarrow \dots$, $P_d = 3,8 \text{ ГэВ/с}$



ACCELERATOR COMPLEX OPERATIN



ACCELERATOR COMPLEX OPERATING



Главные результаты

Ускорительный комплекс

Станция внутренних мишеней




Я.Климан



Ш.Гмуца



Ю.С.Анисимов



Первая премия ОИЯИ за 2000 г. “Станция внутренних мишеней для экспериментов на нуклотроне”, авторы: Ю.С.Анисимов, А.С.Артемов, В.А.Краснов, А.И.Малахов, В.М.Слепнев, А.Ю.Стариков, Я.Климан, В.Матоушек, М.Морхач, И.Турзо.

Визит дирекции ОИЯИ



Система медленного вывода пучка

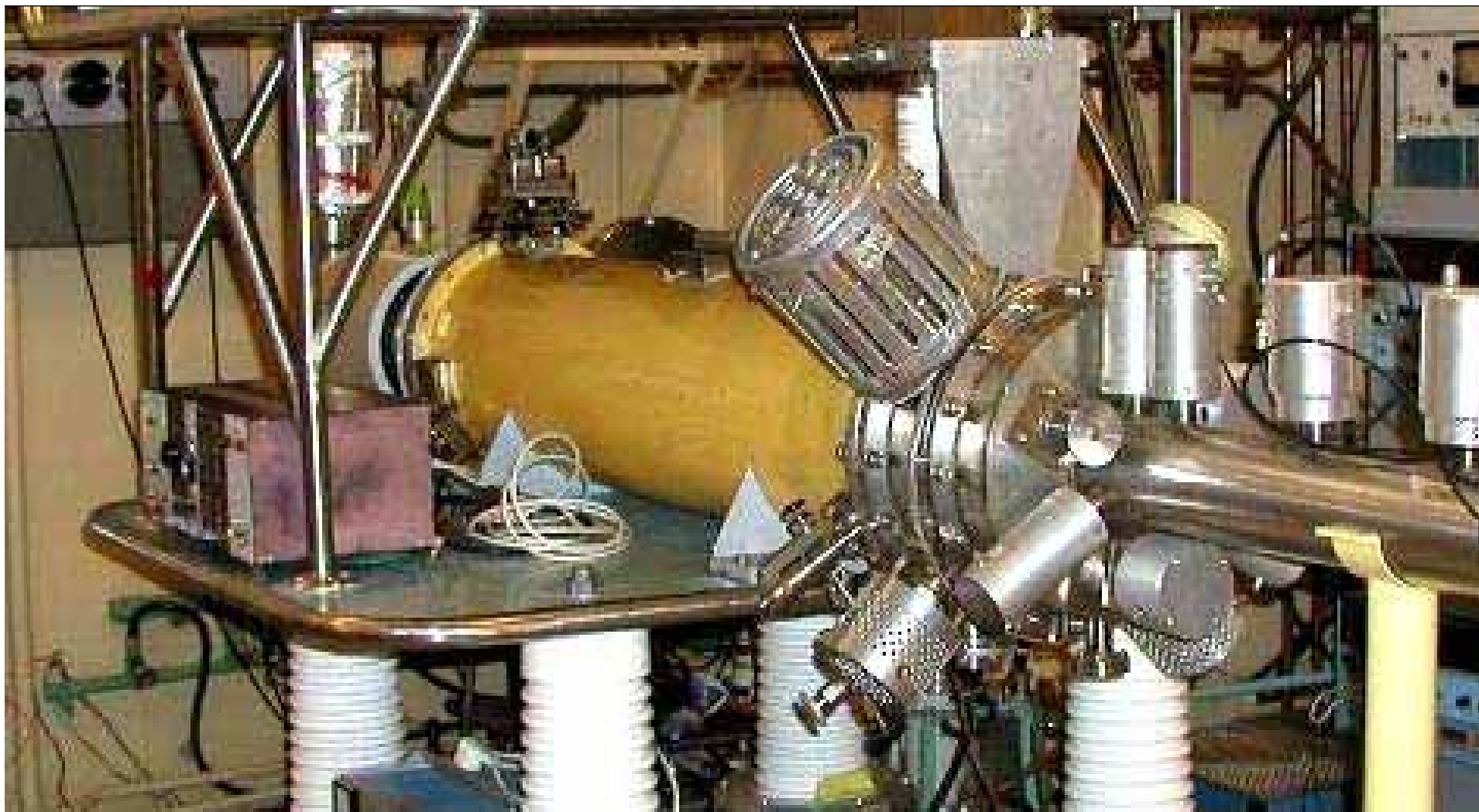


Первая премия ОИЯИ за 2002 г.

"Медленный вывод пучка Нуклотрона".

Авторы: Б.В.Василишин, В.И.Волков, И.Б.Иссинский,
В.Н.Карпинский, А.Д.Коваленко, В.А.Михайлов, В.А.Мончинский,
С.А.Новиков, В.В.Селезнев, Г.Г.Ходжибагиян.

Источник тяжелых ионов КРИОН

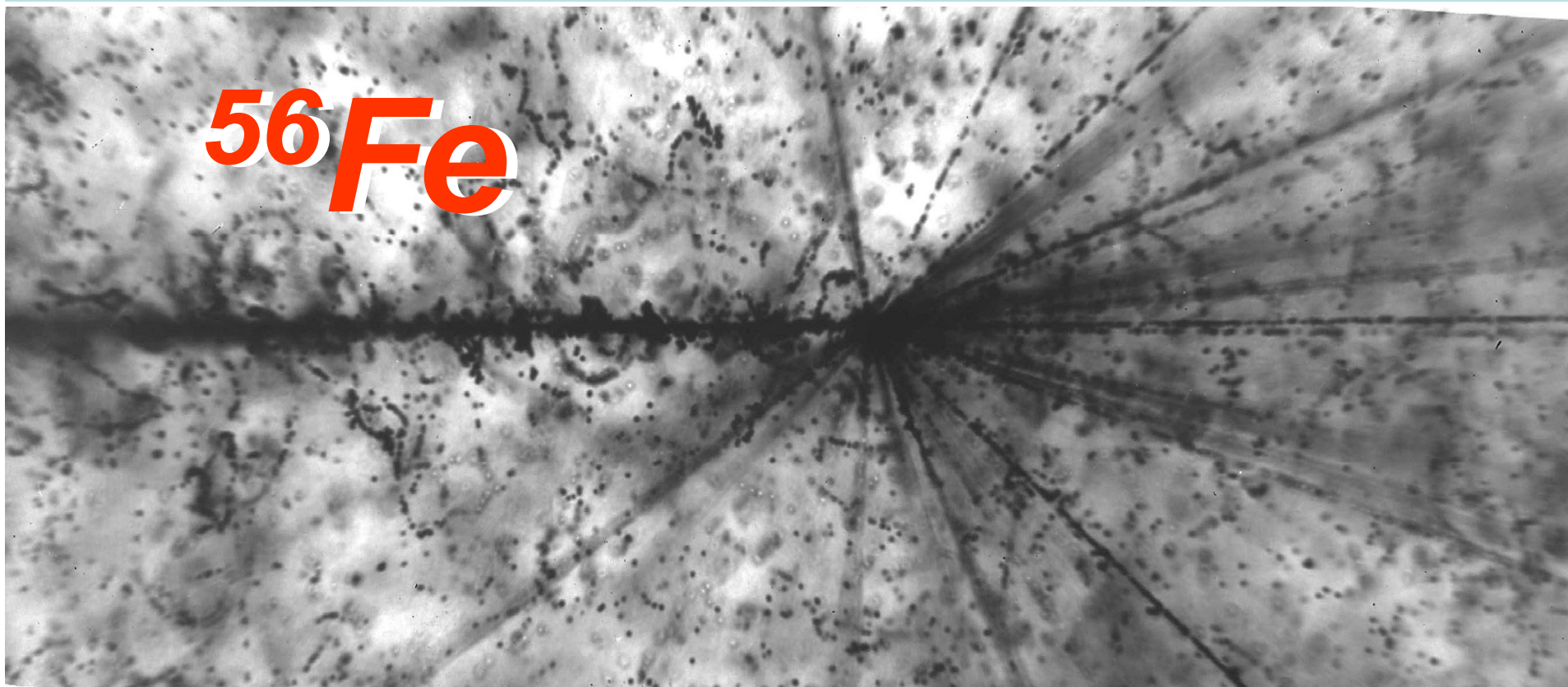


Brightness award

The International Ion Source Prize “Brightness Award” for the “Development of an Electron String Source of Highly Charged Ions”



**Взаимодействие ионов ^{56}Fe с $E_{\text{кин}} = 1 \text{ А}\cdot\text{ГэВ}$,
выведенных из НУКЛОТРОНА, с ядрами
эмульсии**



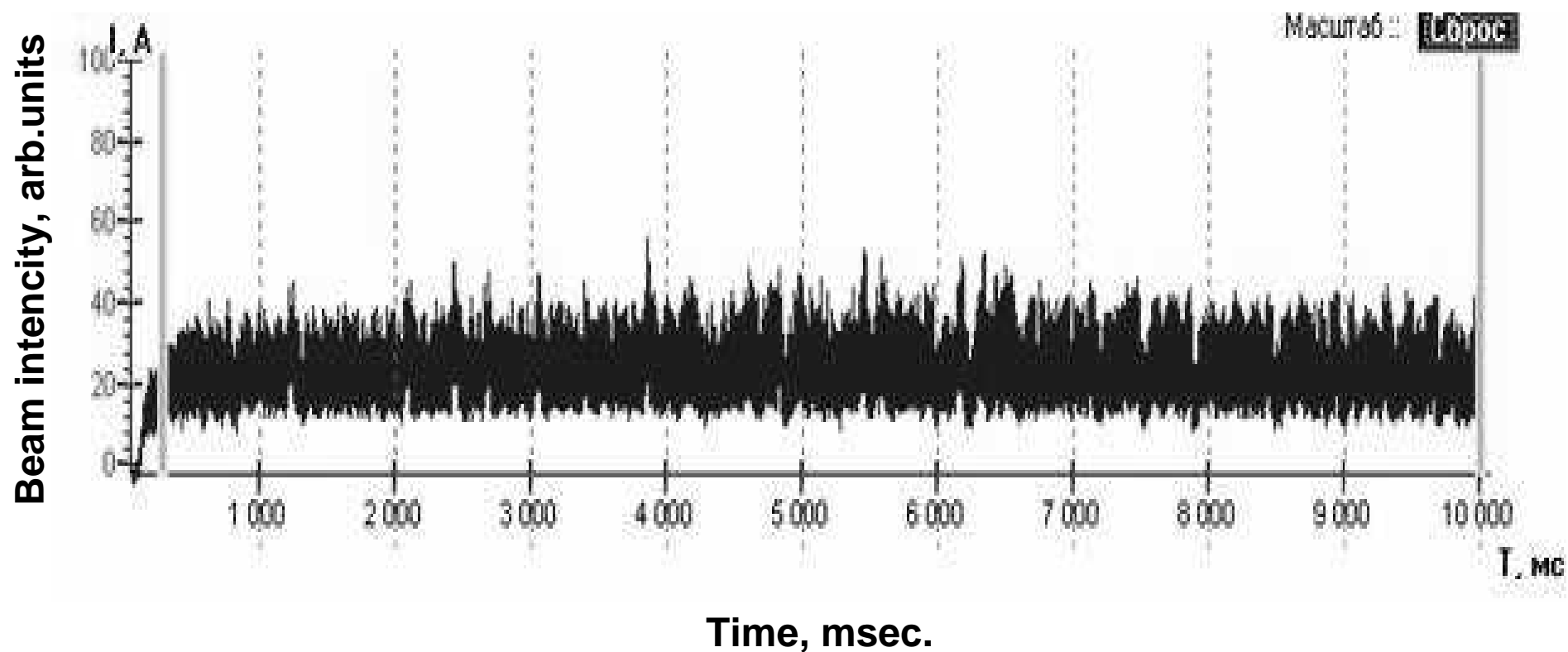
**Взаимодействие ионов ^{124}Xe с $E_{\text{кин}} = 1$ А·ГэВ,
выведенных из НУКЛОТРОНА, с ядрами
эмульсии**



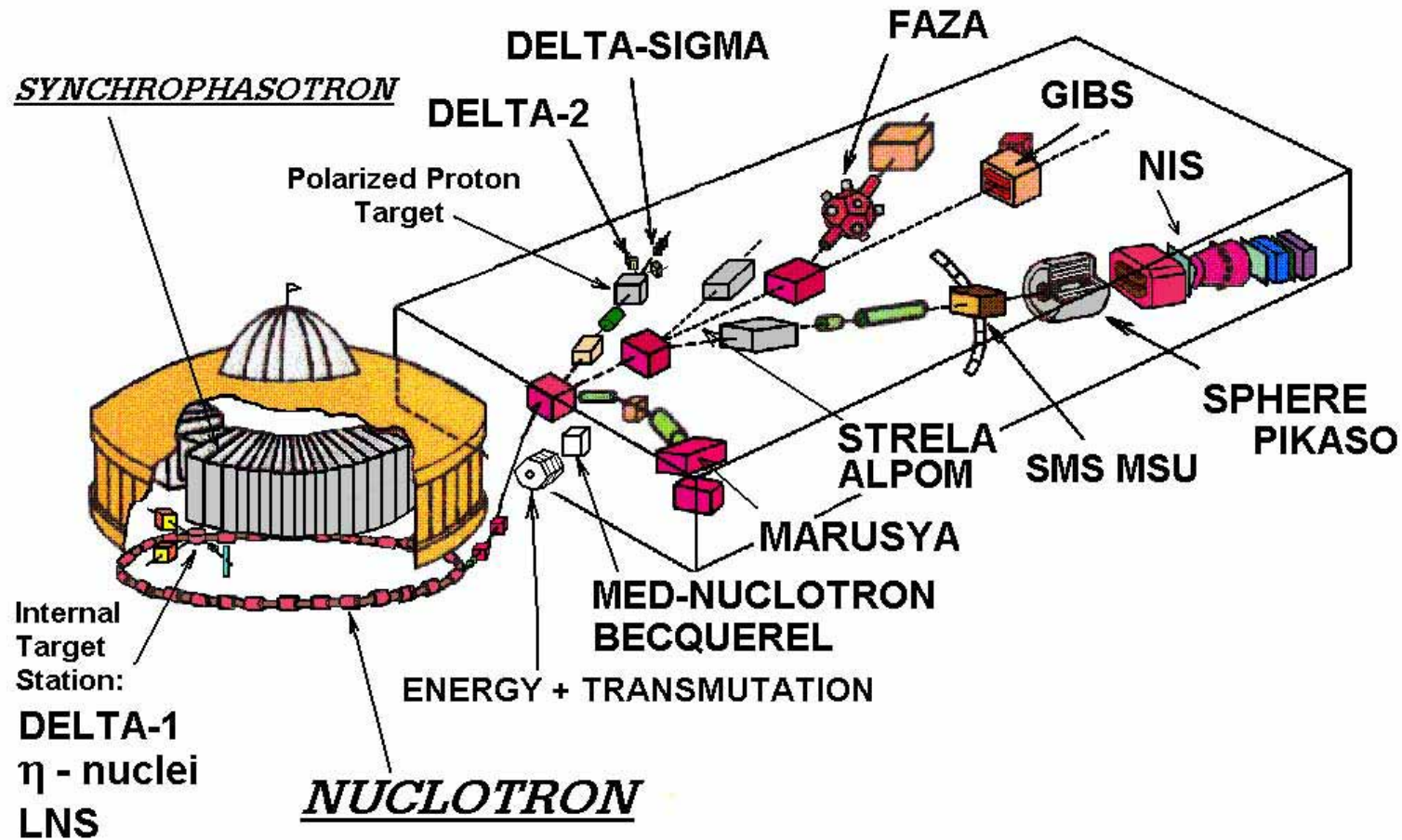
ИНТЕНСИВНОСТЬ ПУЧКОВ НУКЛОТРОНА (частиц в цикл)

BEAM	INTENSITY	BEAM	INTENSITY
p	$5 \cdot 10^{10}$	^{16}O	$7 \cdot 10^8$
d	$5 \cdot 10^{10}$	^{24}Mg	$1 \cdot 10^8$
^4He	$3 \cdot 10^9$	^{40}Ar	$3 \cdot 10^7$
^7Li	$1 \cdot 10^9$	^{56}Fe	$1.2 \cdot 10^6$
^{10}B	$2 \cdot 10^8$	^{84}Kr	$1 \cdot 10^3$
^{12}C	$2 \cdot 10^9$	^{124}Xe	$1 \cdot 10^2$
^{14}N	$1 \cdot 10^7$	d↑	$3 \cdot 10^8$

Длительность растяжки пучка до 10 сек.



Ускорительный комплекс



Пользователи НУКЛОТРОНА



Bulgaria: Institute for Nuclear Research and Nuclear Energy of BAS, University of Chemical Technology and Metallurgy (UCTM) (Sofia) ...

Belarus: The Institute of Radiative Physical-Chemical Problems of NASB, The Academy of Scientific and Engineering Complex 'SOSNY', (Minsk) ...

Czech Republic: Nuclear Physics Institute (Řež), Charles University, Czech Technical University (Prague) ...

Greece: Aristotle University of Thessaloniki (Thessaloniki)

Italy: Istituto Nazionale di Fisica Nucleare. Sezione di Firenze (Florence) ...

Germany: Technische Hochschule Darmstadt – Institut für Kernphysik (Darmstadt), Universität (Siegen, Karlsruhe), Philipps-Universität Marburg (Marburg), Forschungszentrum Jülich GmbH (Jülich) ...

Mongolia: Institute of Physics and Technology of MAS, National University of Mongolia (Ulaanbaatar)

Slovak Republic: Institute of Experimental Physics, P.J. Šafárik University (Košice), Institute of Physics SAS, Comenius University (Bratislava) ...

Poland: Niewodniczanski Institute of Nuclear Physics (Cracow), The Andrzej Soltan Institute for Nuclear Studies (Otwock, Warsaw) ...

Russia: Institute for Nuclear Research of RAS (Troitsk), Lebedev Physical Institute of RAS (FIAN), Skobeltsyn Research Institute of Nuclear Physics at the Moscow State University, Russian Nuclear Research Institute of Experimental Physics (Sarov), Institute of Atomic Energy (Obninsk) ...

And the Scientific Centers in Armenia, Georgia, Egypt, Kazakhstan, Romania, USA, Uzbekistan, Ukraine, France, Japan

Australia: The University of Sidney



А.Д.Коваленко



Н.Н.Агапов



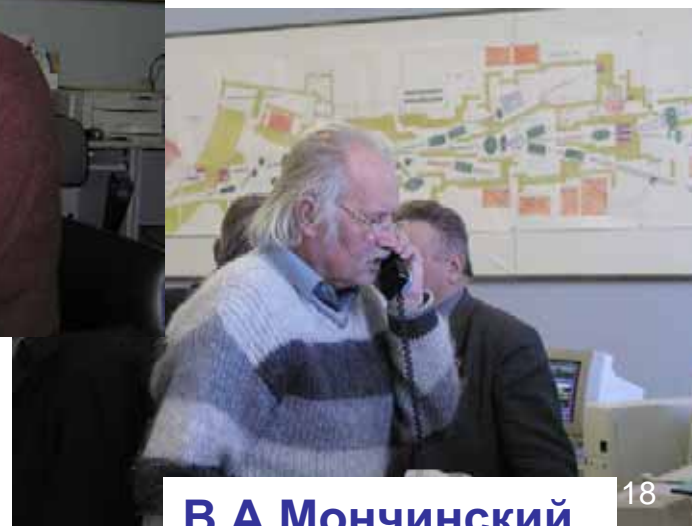
А.А.Смирнов



О.И.Бровко

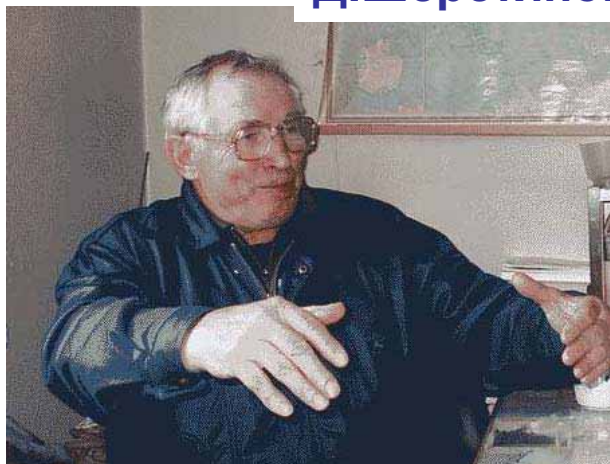


В.И.Волков



В.А.Мончинский

Д.Шерстянов



А.С.Исаев

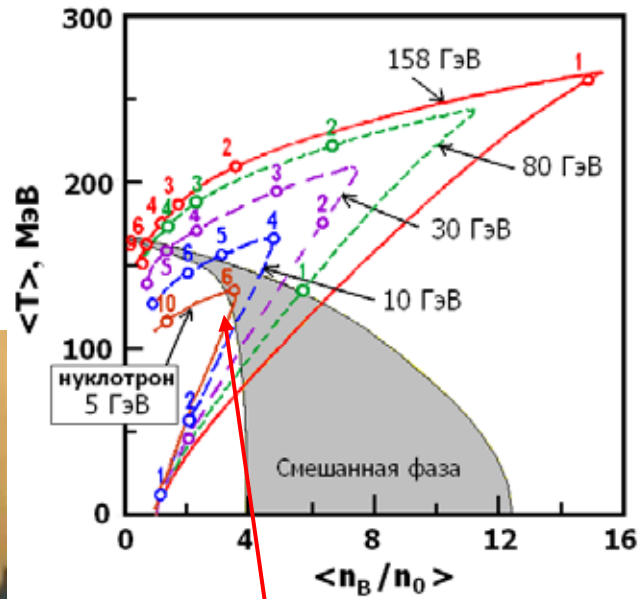


Е.Руднев



СМЕШАННАЯ ФАЗА

А.Н.Сисакян



5 A-GeV



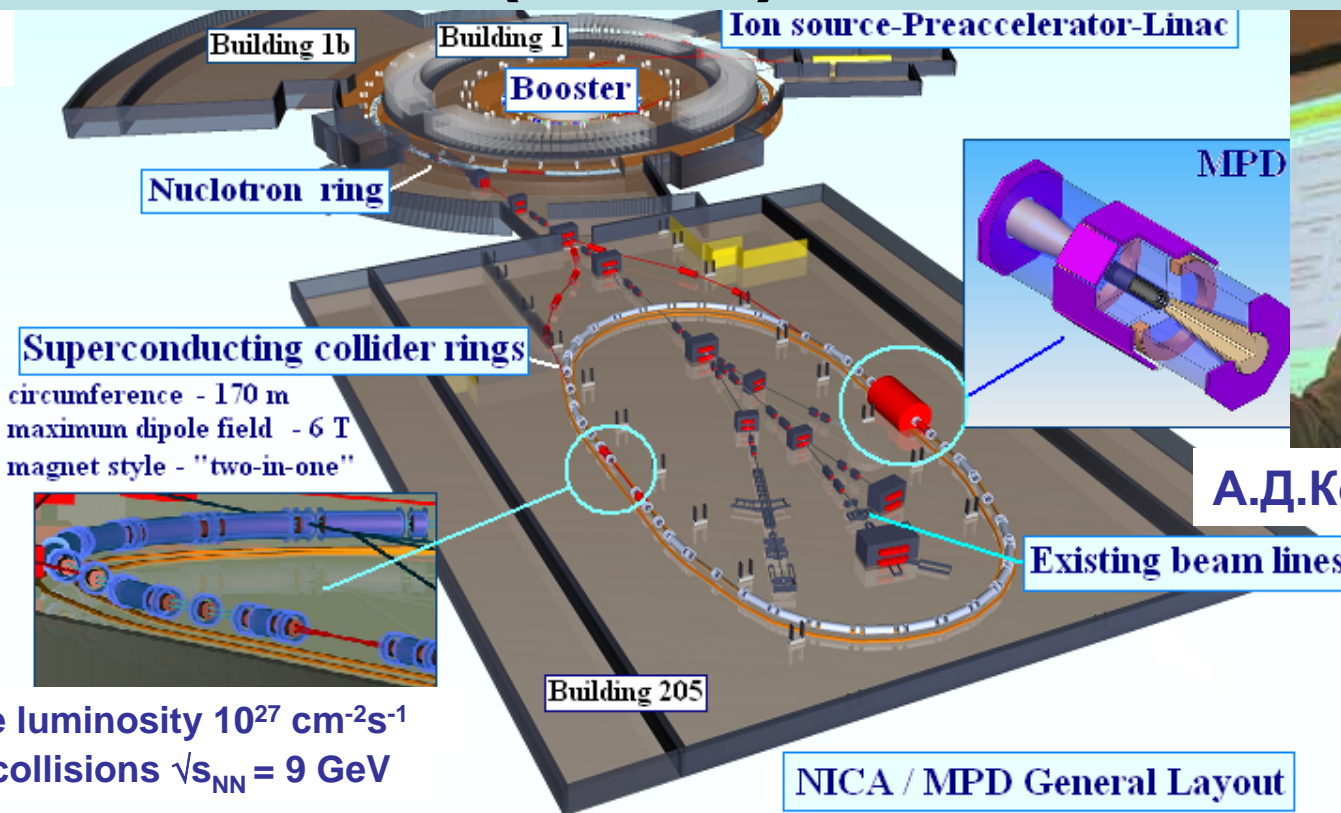
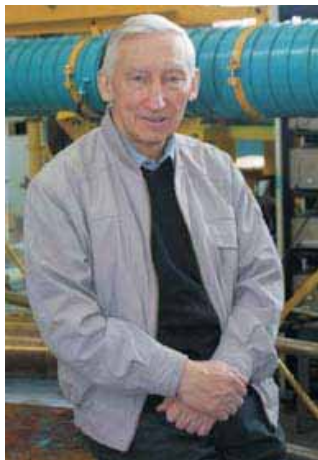
А.С.Сорин

В.Д.Тонеев



Nuclotron-based Ion Collider Facility (NICA)

И.Н.Мешков



Average luminosity $10^{27} \text{ cm}^{-2}\text{s}^{-1}$

U + U collisions $\sqrt{s_{NN}} = 9 \text{ GeV}$

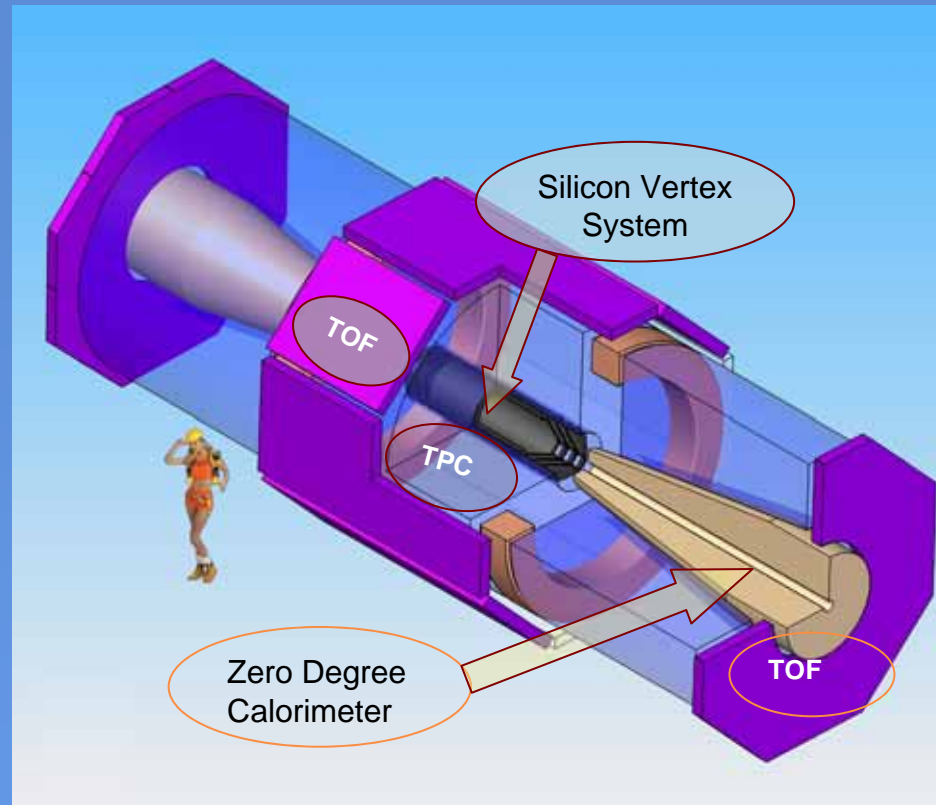


А.Д.Коваленко

MultiPurpose Detector (MPD)



С.В.Афанасьев



В.А.НИКИТИН

Фундаментальные исследования

Релятивистская ядерная физика



Подход Балдина А.М.

$$I + II \rightarrow 1 + 2 + 3 + \dots$$

$$b_{ik} = - (u_i - u_k)^2$$

$$u_i = p_i / m_i$$

$$u_k = p_k / m_k$$

$$i, k = I, II, 1, 2, 3, \dots$$

Классификация ядерных взаимодействий

$$b_{ik} \sim 10^{-2}$$

Classical Nuclear Physics

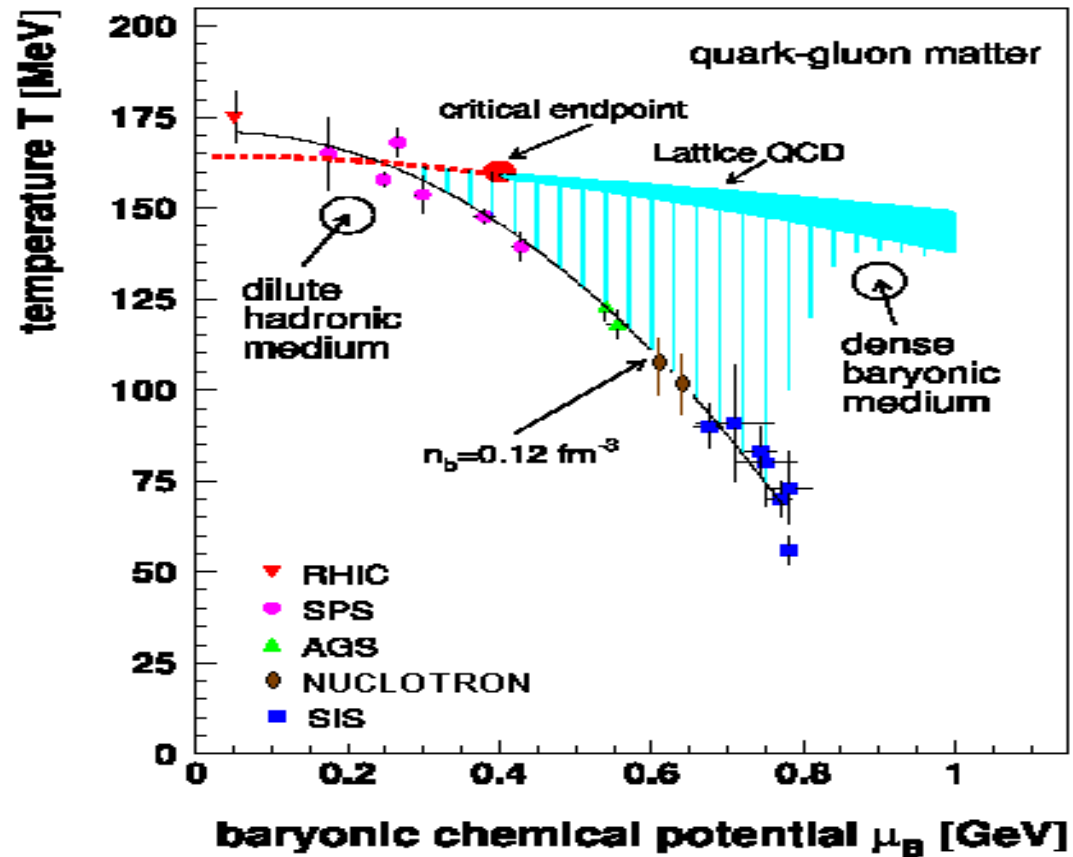
$$0.1 \leq b_{ik} < 1$$

Transition region

$$b_{ik} \gg 1$$

Quark Gluon Systems

НУКЛОТРОН на фазовой диаграмме





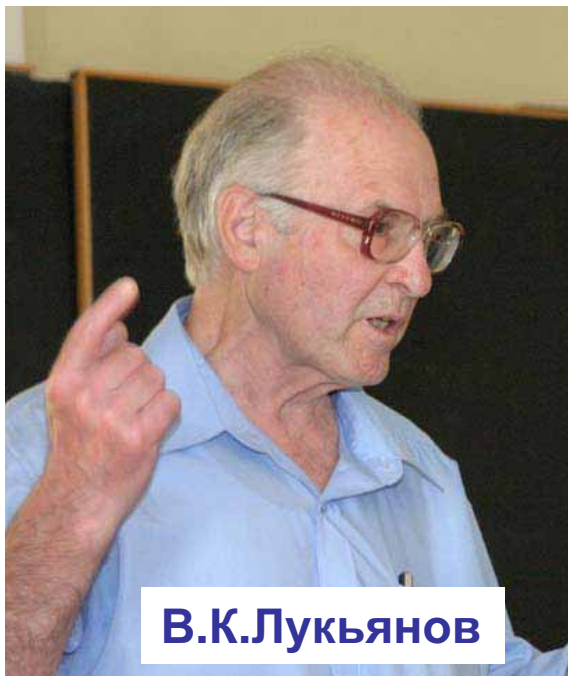
В.С.Ставинский



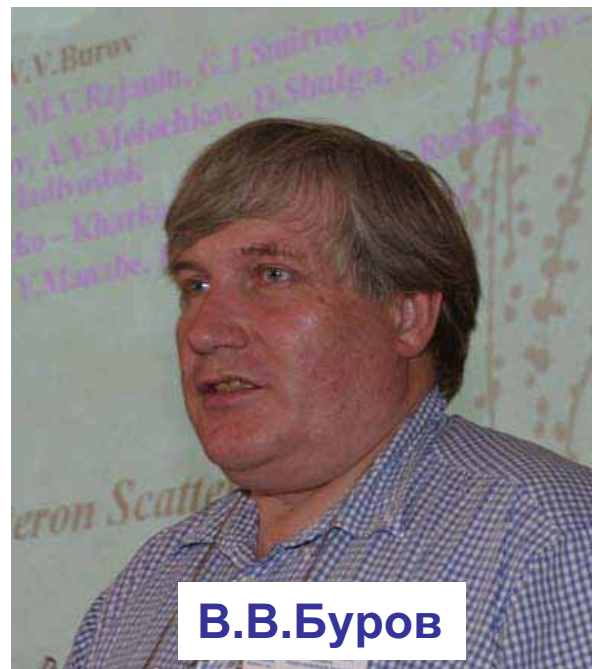
А.М.Балдин



С.Б.Герасимов

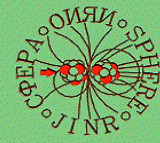


В.К.Лукьянов

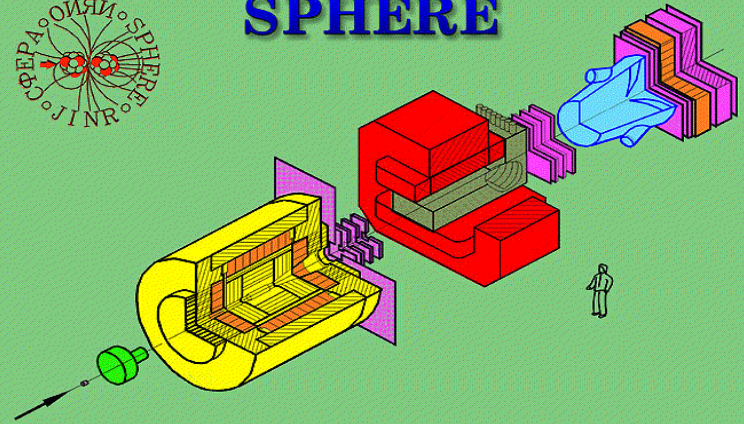


В.В.Буров

**PIKASO, LNS, pHe3,
BECQUEREL, DELTA,
GIBS, ETA-NUCLEI,
FAZA, NA49, PHENIX**

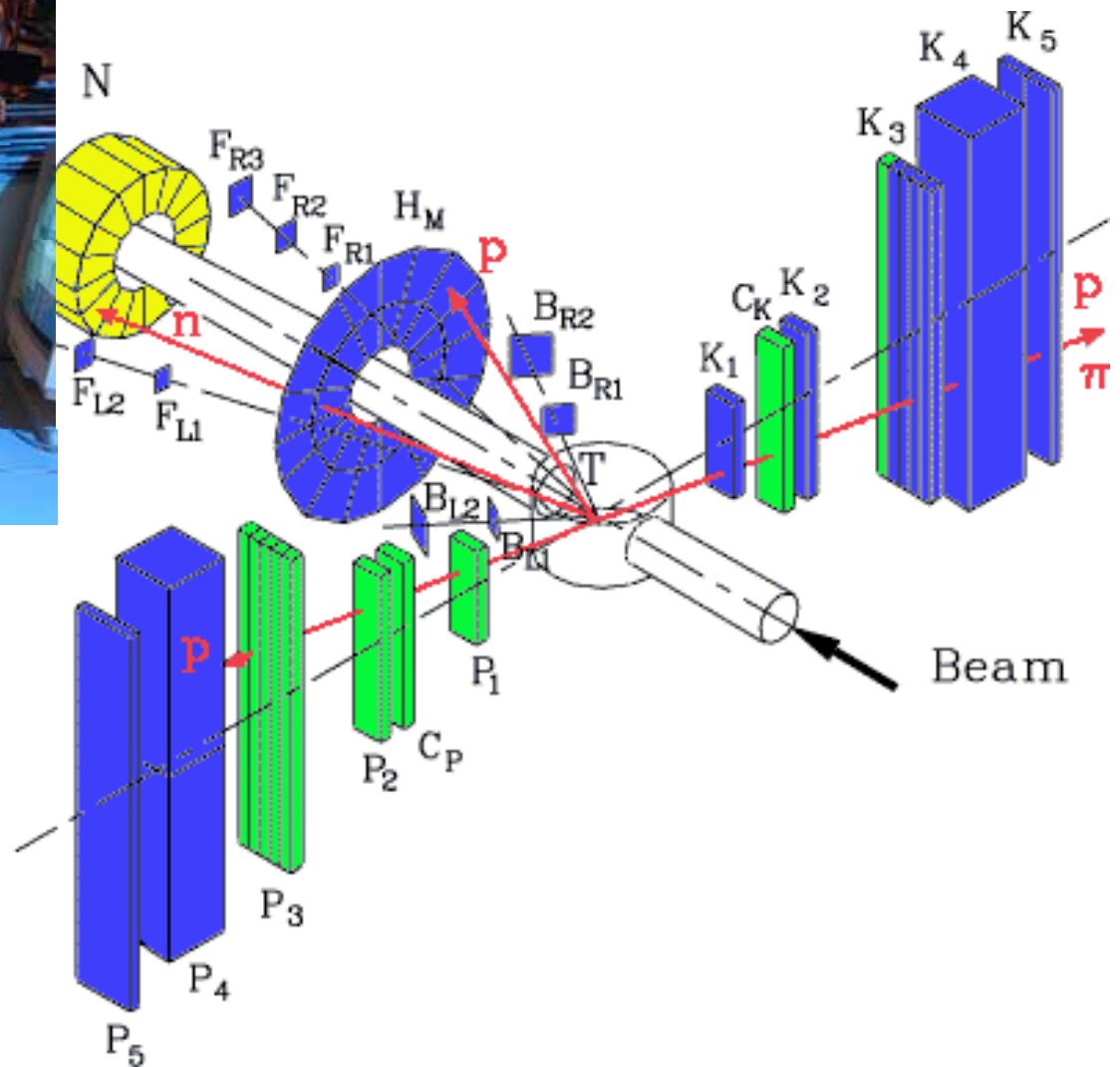


SPHERE

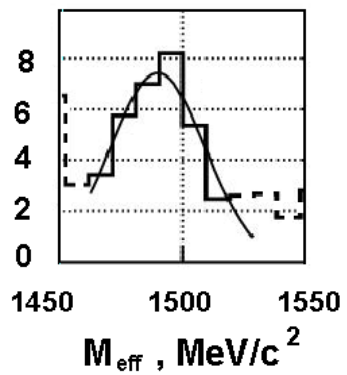


ЭТА-ЯДРА

С.В.Афанасьев



$E_{\text{kin}} = 1.5 \text{ A-GeV}$ $\theta = 180^\circ$

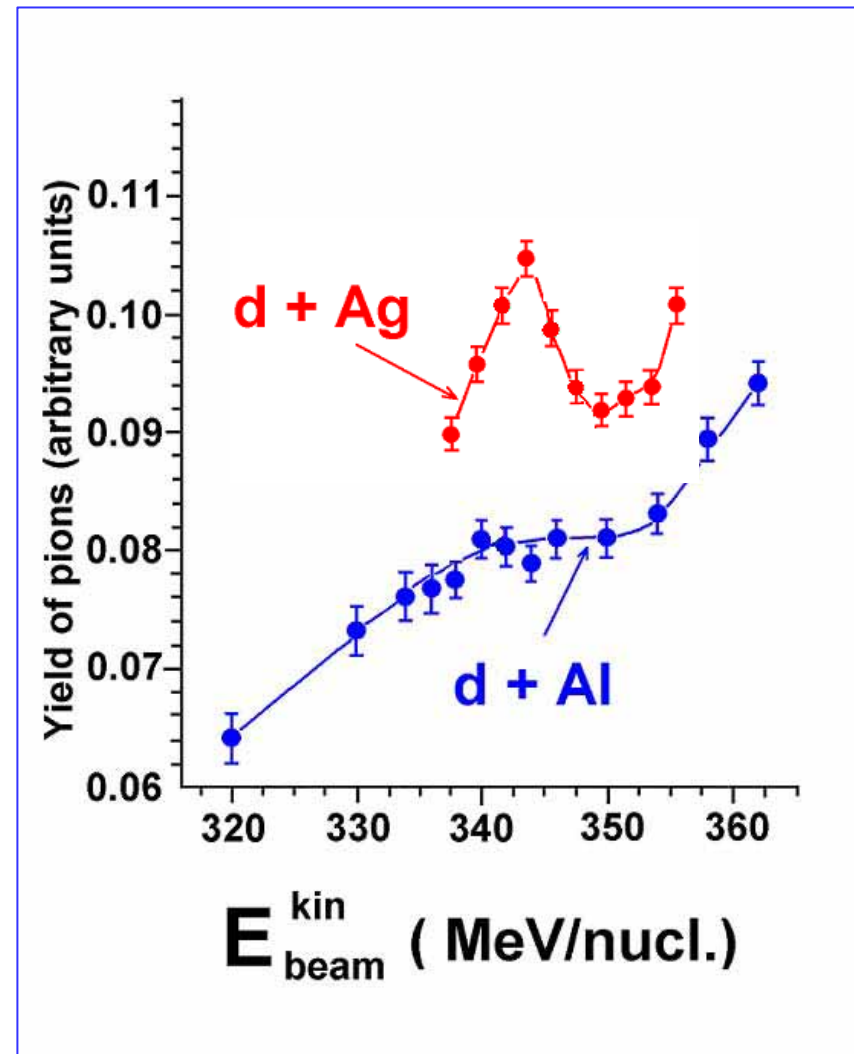


ДЕЛЬТА

А.Б.Курепин

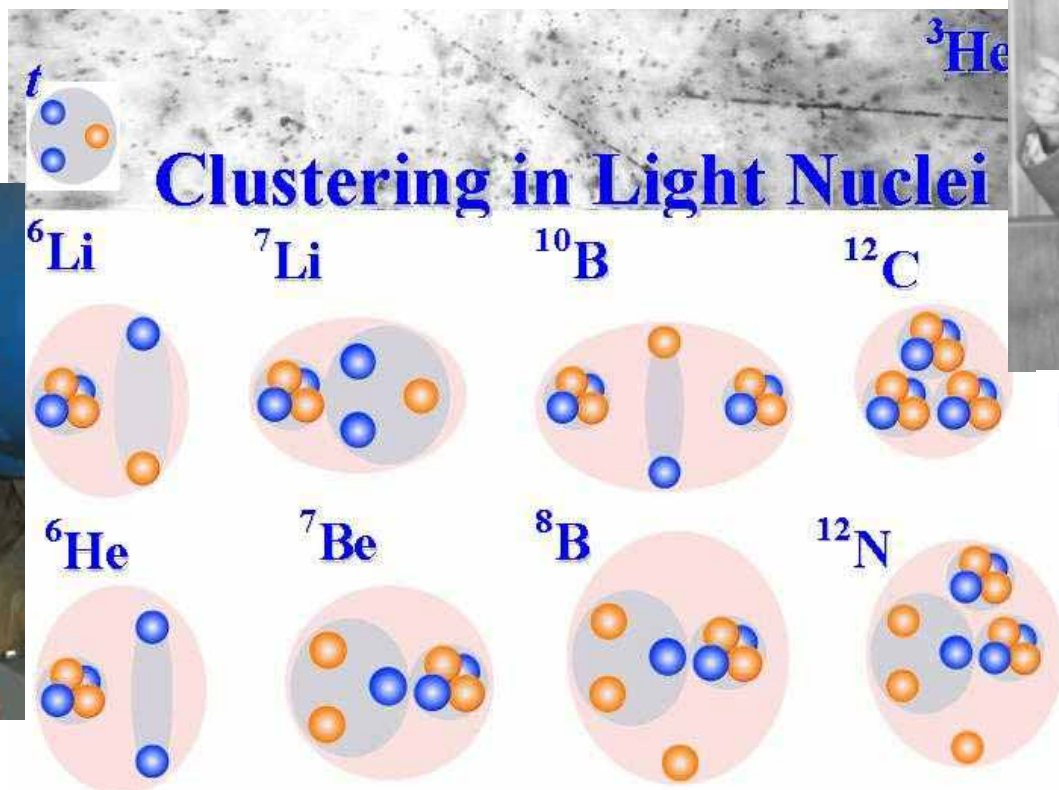


В.А.Краснов



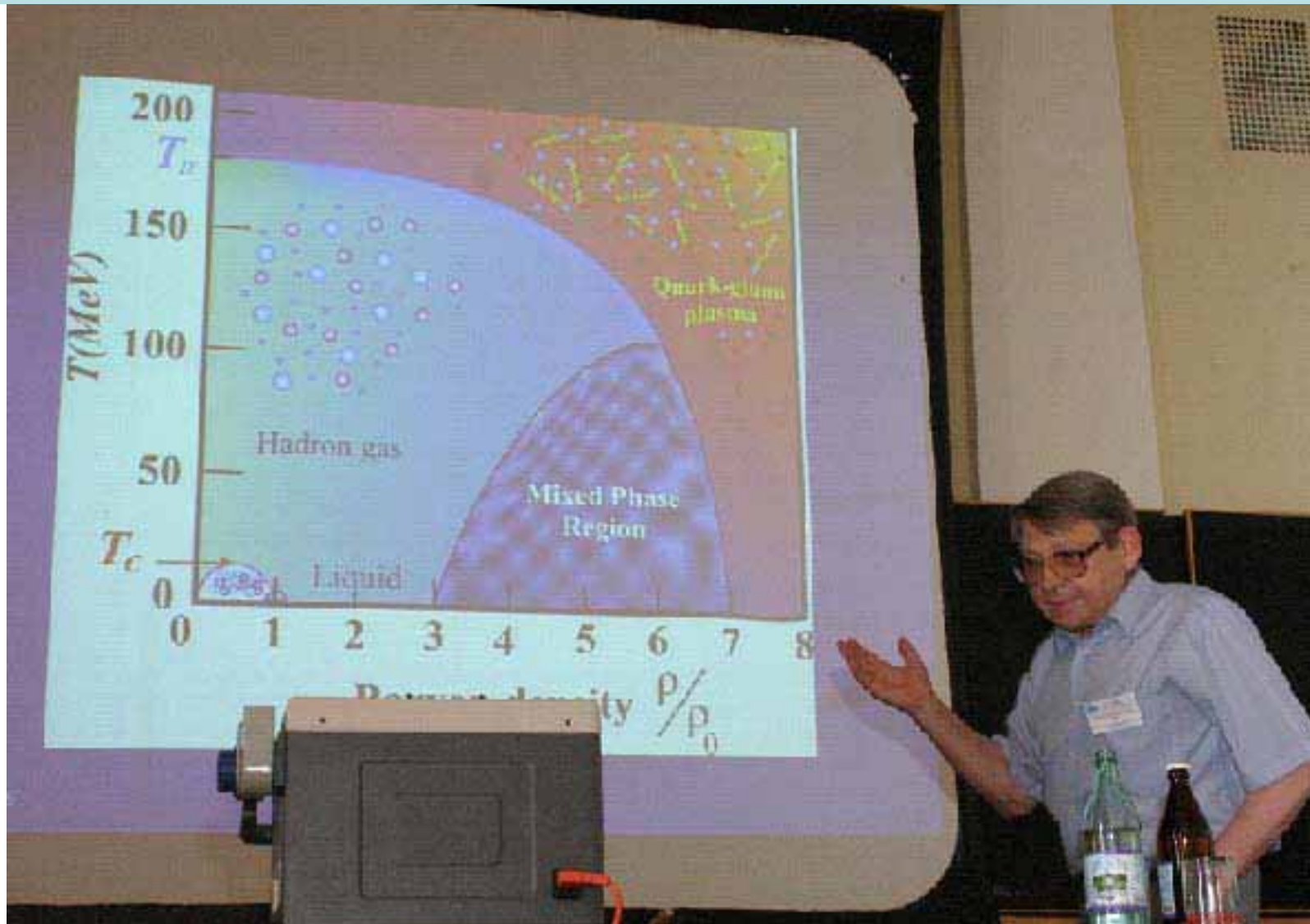
BECQUEREL

П.И.Зарубин

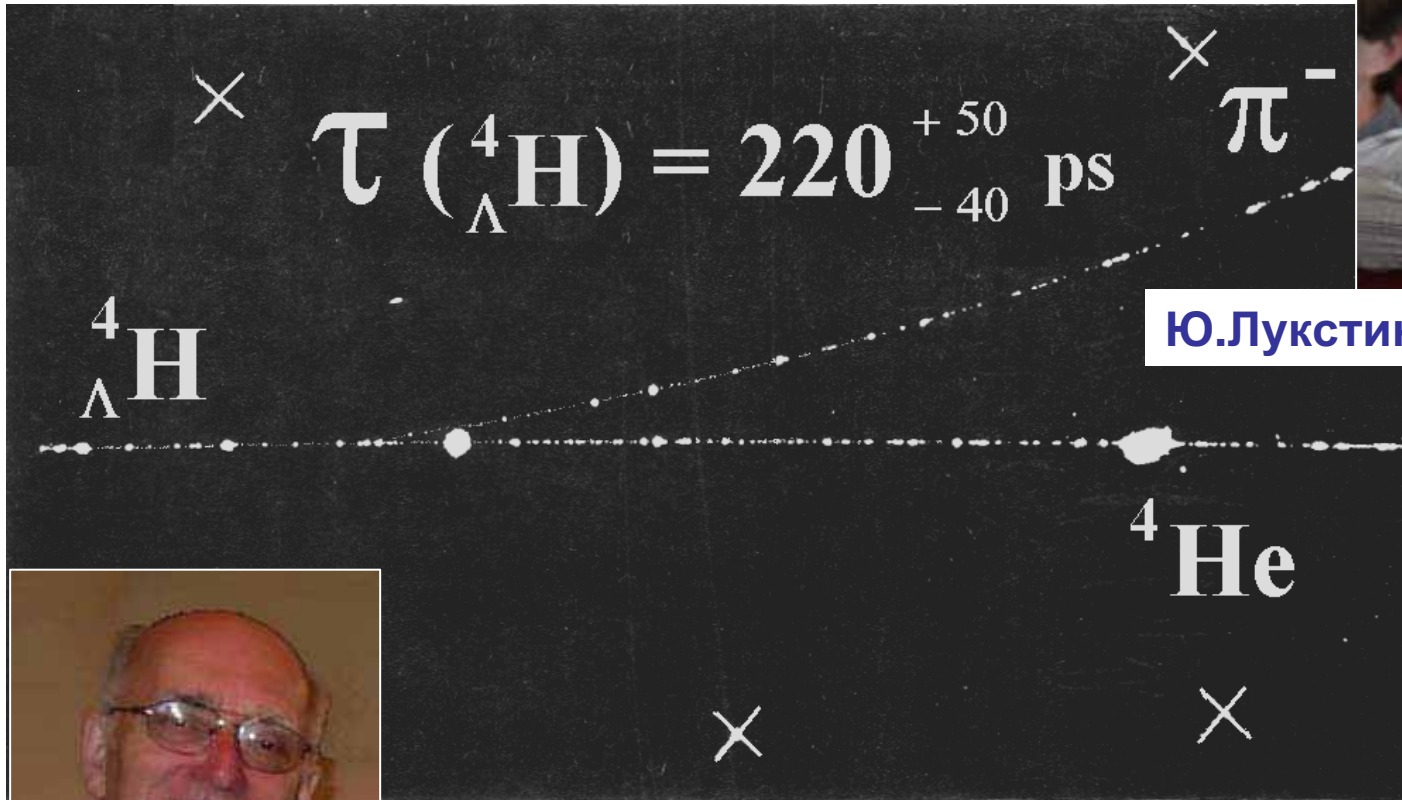


К.Д.Толстов

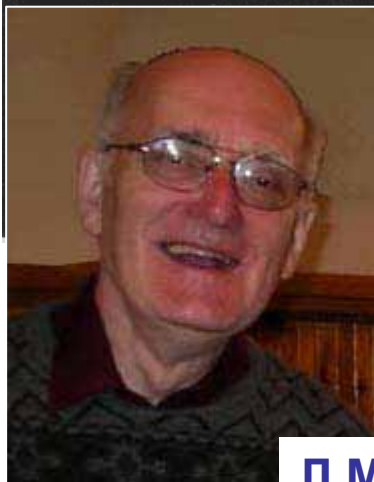
ФАЗА



ГИПЕРЯДРА



Ю.Лукстиньш

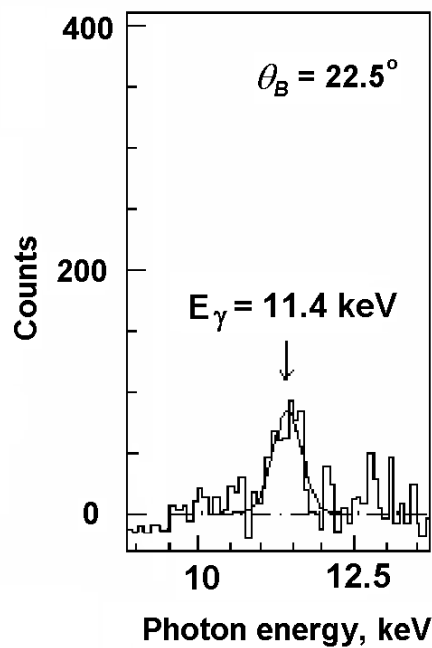


Л.Майлинг

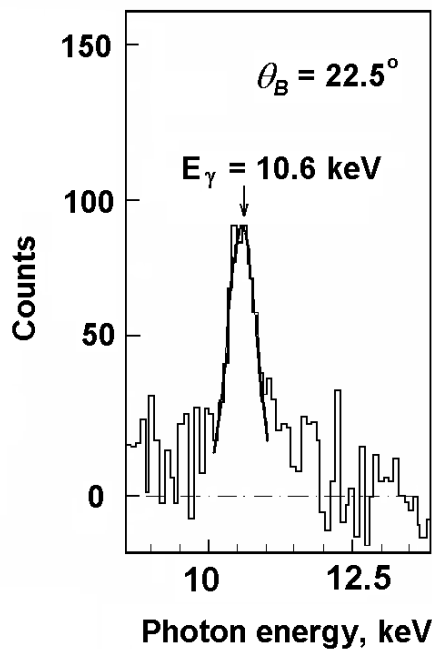


В.Т.Матюшин

Первое наблюдение параметрического излучения от релятивистских ядер в кристаллах



5 GeV protons
 2.25×10^{-6} photon/(proton·sr)

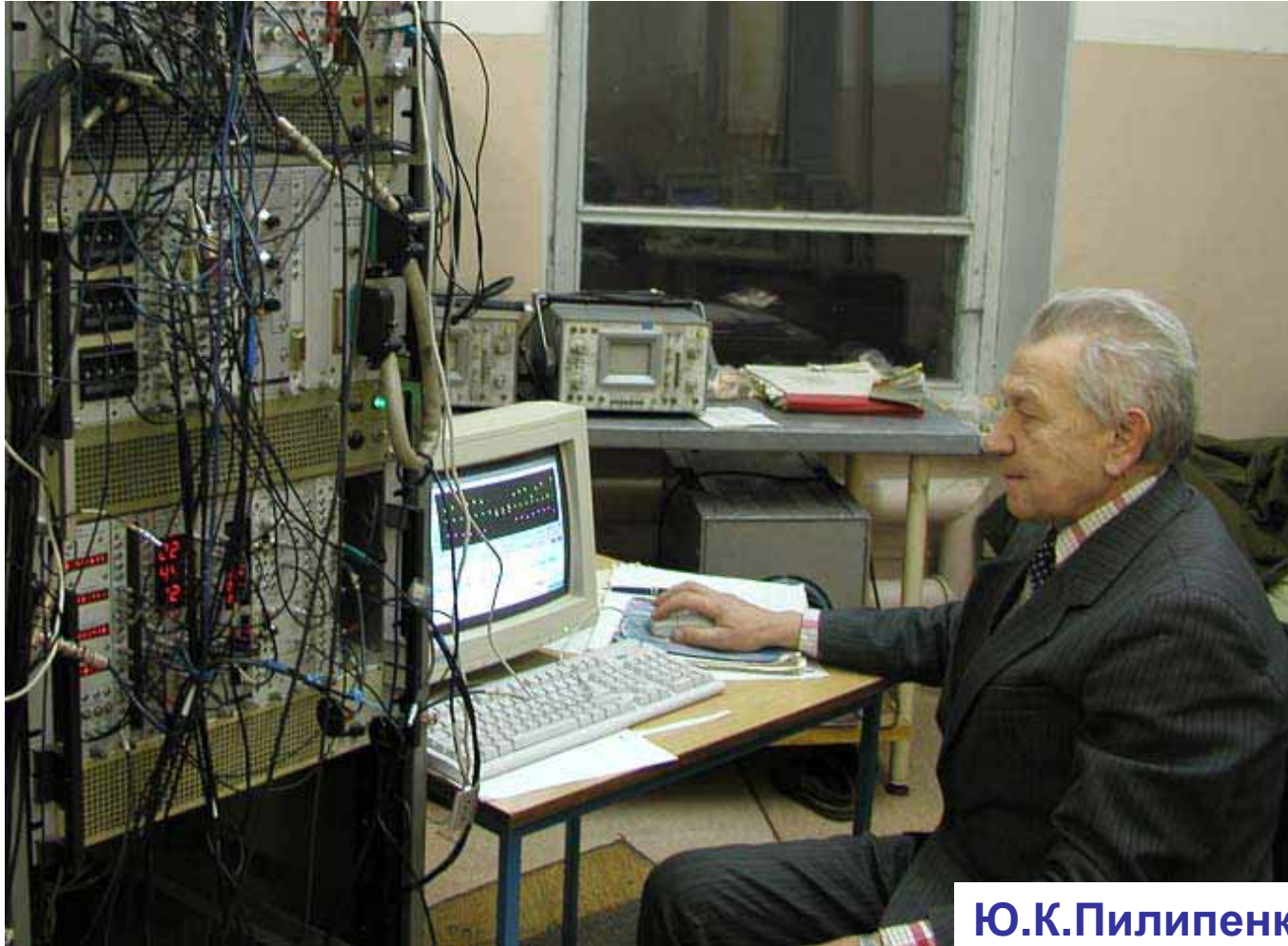


2.2 A-GeV C^{12} nuclei
 9.76×10^{-5} photon/(nuclei·sr)



А.М.Таратин

Поляризационная физика



Ю.К.Пилипенко

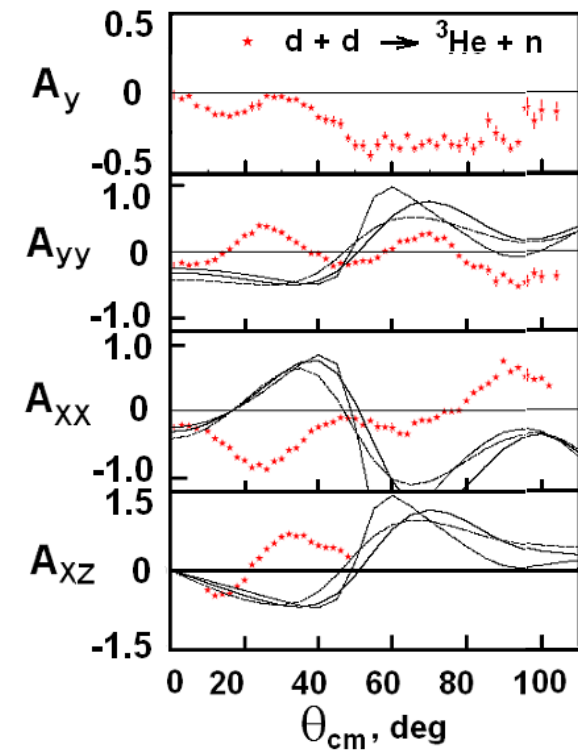
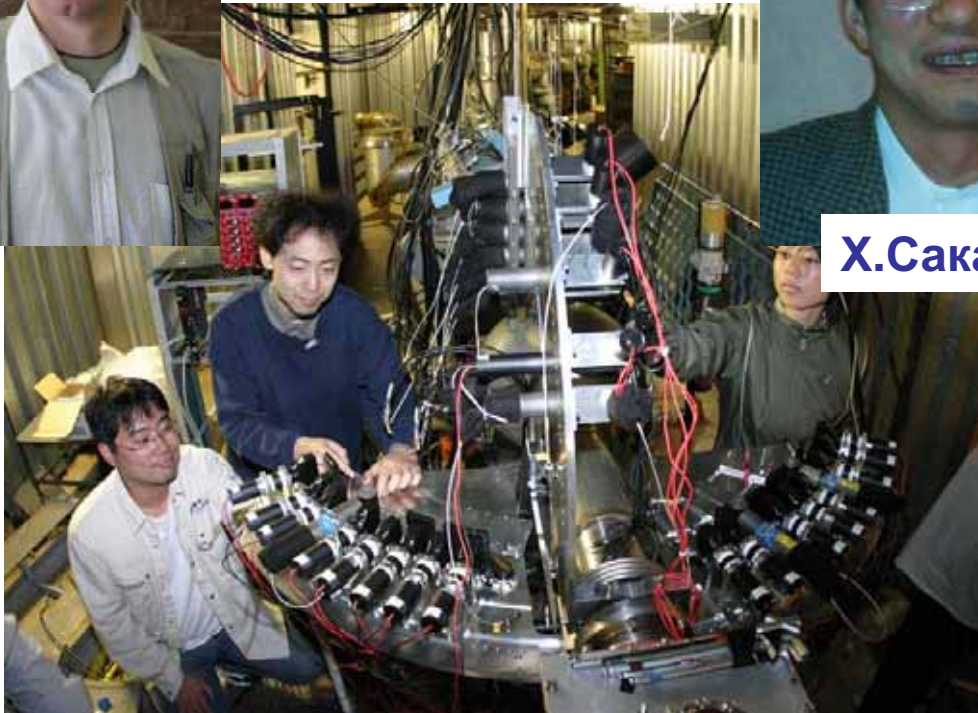
ЛНС



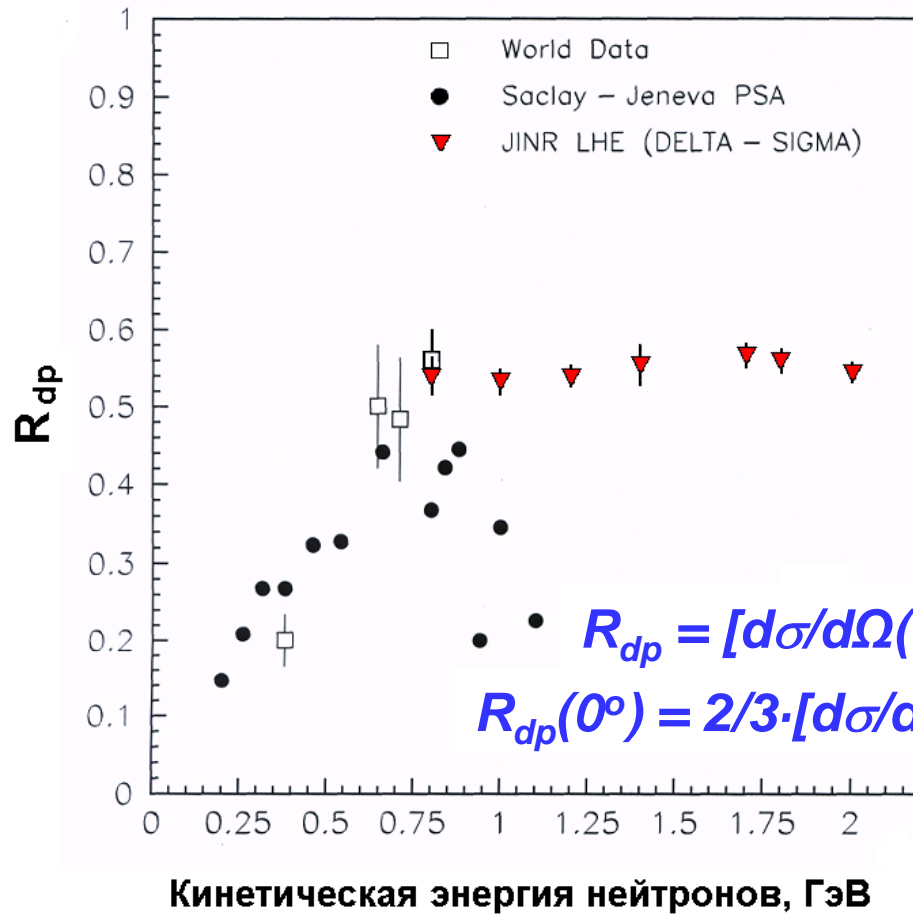
В.П.Ладыгин



Х.Сакаи



ДЕЛЬТА-СИГМА



В.И.Шаров



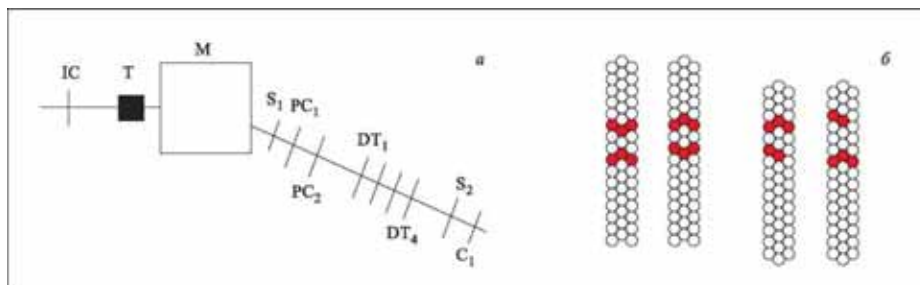
Л.Н.Струнов



Ф.Легар

$$R_{dp} = [d\sigma/d\Omega(nd)]/[d\sigma/d\Omega(np)]$$
$$R_{dp}(0^\circ) = 2/3 \cdot [d\sigma/d\Omega_{SD}(np)]/[d\sigma/d\Omega(np)]$$

СТРЕЛА



Н.М.Пискунов



В.В.Глаголев



Г.Мартинска

НИС



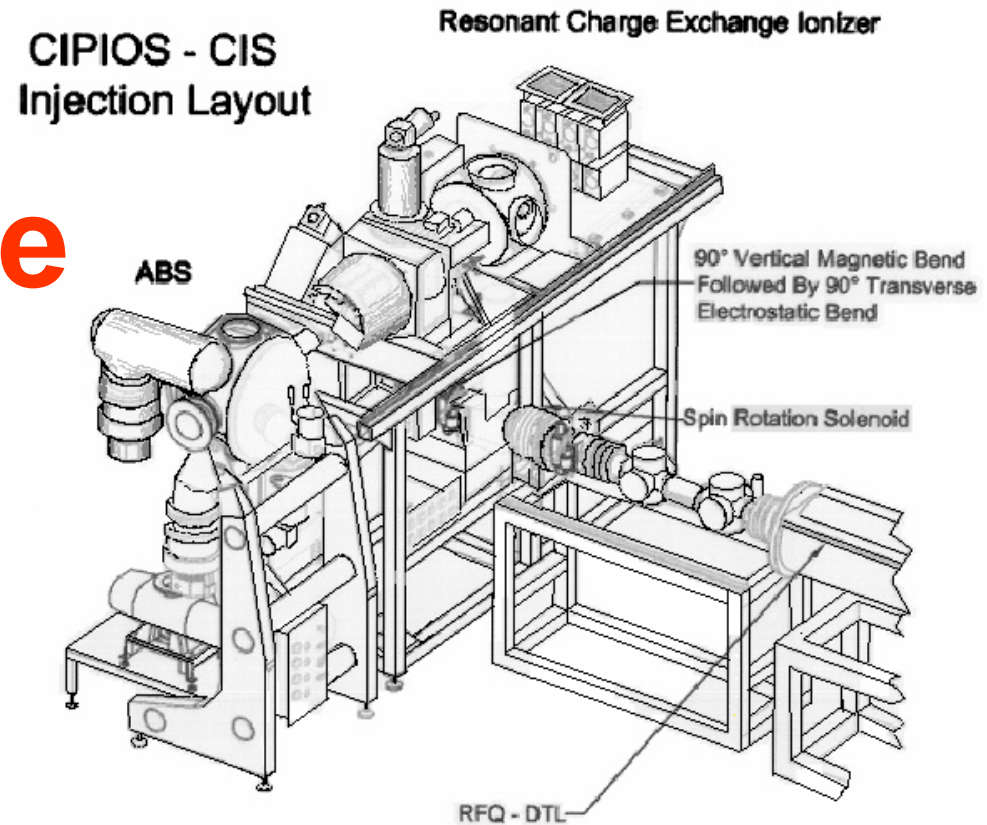
Е.А.Строковский



ИСТОЧНИК ПОЛЯРИЗОВАННЫХ ЧАСТИЦ

$I_{d\uparrow} \sim 10^{10}$ d/cycle

(available $3 \cdot 10^8$ d/cycle)



The background features a dark gray grid with a perspective effect. A dense, multi-colored spray of lines in shades of yellow, pink, and purple originates from the center and radiates outwards, creating a sense of depth and complexity.

**Сотрудничество с другими научными
центрами**

50 years of CERN

Dear Dr Malakhov,

Great research has been conducted and new discoveries made during the 50 years of CERN.

To get an impression of this research, please visit our website www.elsevier.com/locate/cern where you will find a selection of 50 most highly cited papers written by scientists affiliated with CERN and published with Elsevier.

We wish everybody at CERN another successful 50 years of great research.

Kind regards,

Carl Schwarz

Publisher Nuclear and High Energy Physics
Elsevier



Heavy Ion Physics

[ANOMALOUS J / PSI SUPPRESSION IN PB + PB COLLISIONS AT 158-A-GEV/C](#) NA50 Collaboration (M. Gonin et al.); published in: Nuclear Physics A

[HADRON PRODUCTION IN NUCLEAR COLLISIONS FROM THE NA49 EXPERIMENT AT 158-GEV/C/A](#) NA49 Collaboration (Authors from LHE JINR: **V.I.Kolesnikov, A.I.Malakhov, G.L.Melkumov, A.Yu.Semenov**); published in: **Nuclear Physics A661 (1999) 45c-54c.**

[HADRON YIELDS AND HADRON SPECTRA FROM THE NA49 EXPERIMENT](#) NA49 Collaboration (Authors from LHE JINR: **S.V.Afanasiev, V.I.Kolesnikov, A.I.Malakhov, G.L.Melkumov, A.Yu.Semenov**); published in: **Nuclear Physics A610 (1996) 188c-199c.**

CMS

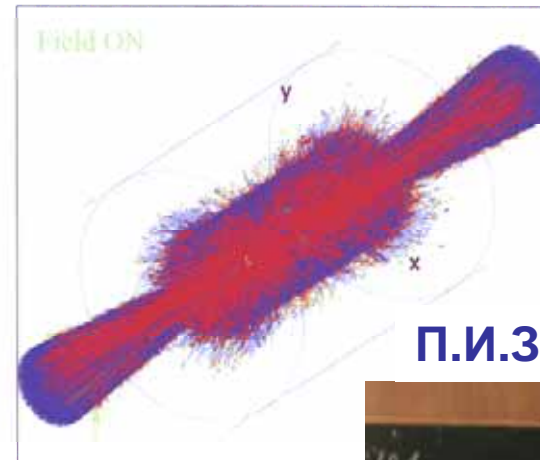


Heavy Ions in CMS



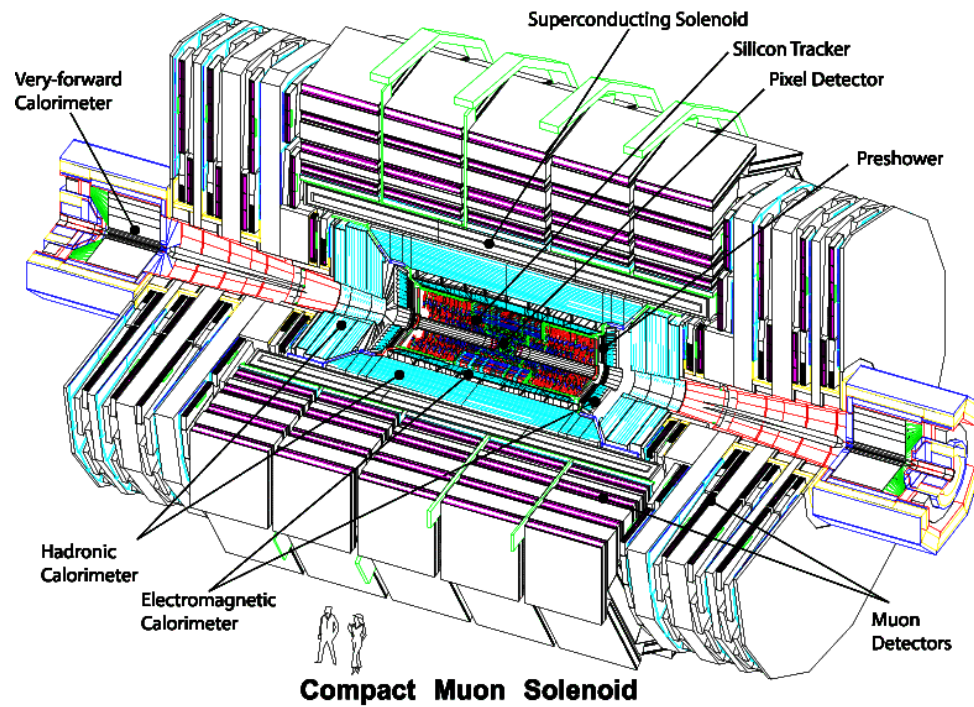
HIJING & CMSIM115

PbPb central collision at $\sqrt{S} = 5.5 \text{ TeV / nucleon}$



П.И.Зарубин

INRNE, Sofia & JINR, Dubna



FAIR

Dubna, LHE

В.Хеннинг

Г.Гутброд

А.Д.Коваленко

The Compressed Baryonic Matter Experiment

CBM

**Transition
Radiation
Detectors**

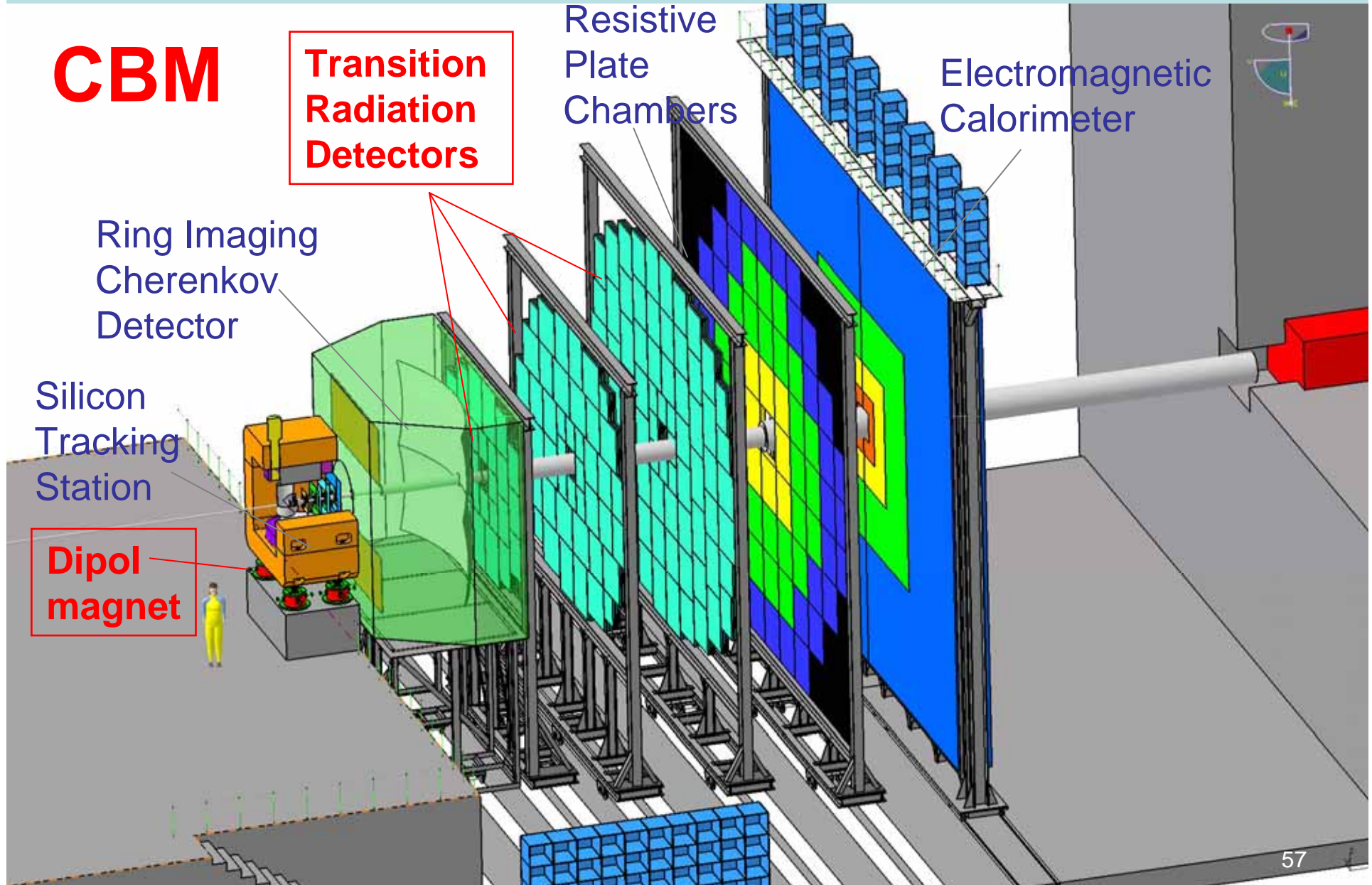
Resistive
Plate
Chambers

Electromagnetic
Calorimeter

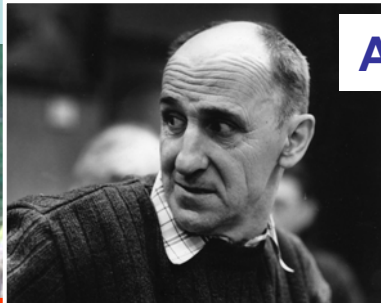
Ring Imaging
Cherenkov
Detector

Silicon
Tracking
Station

**Dipol
magnet**



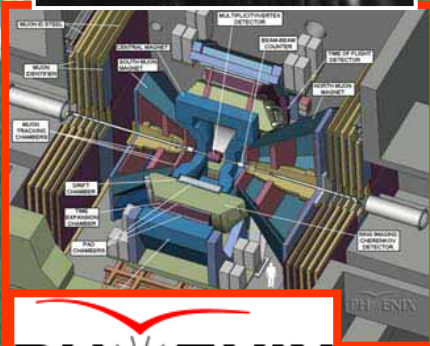
Эксперименты на RHIC



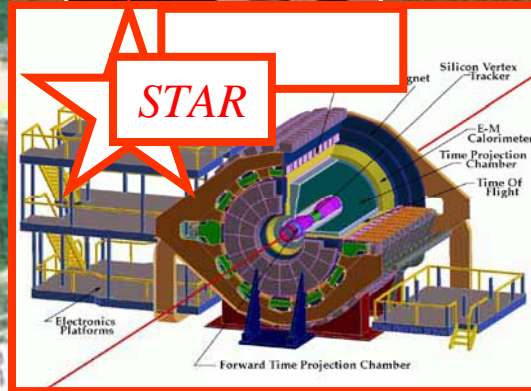
А.Г.Литвиненко



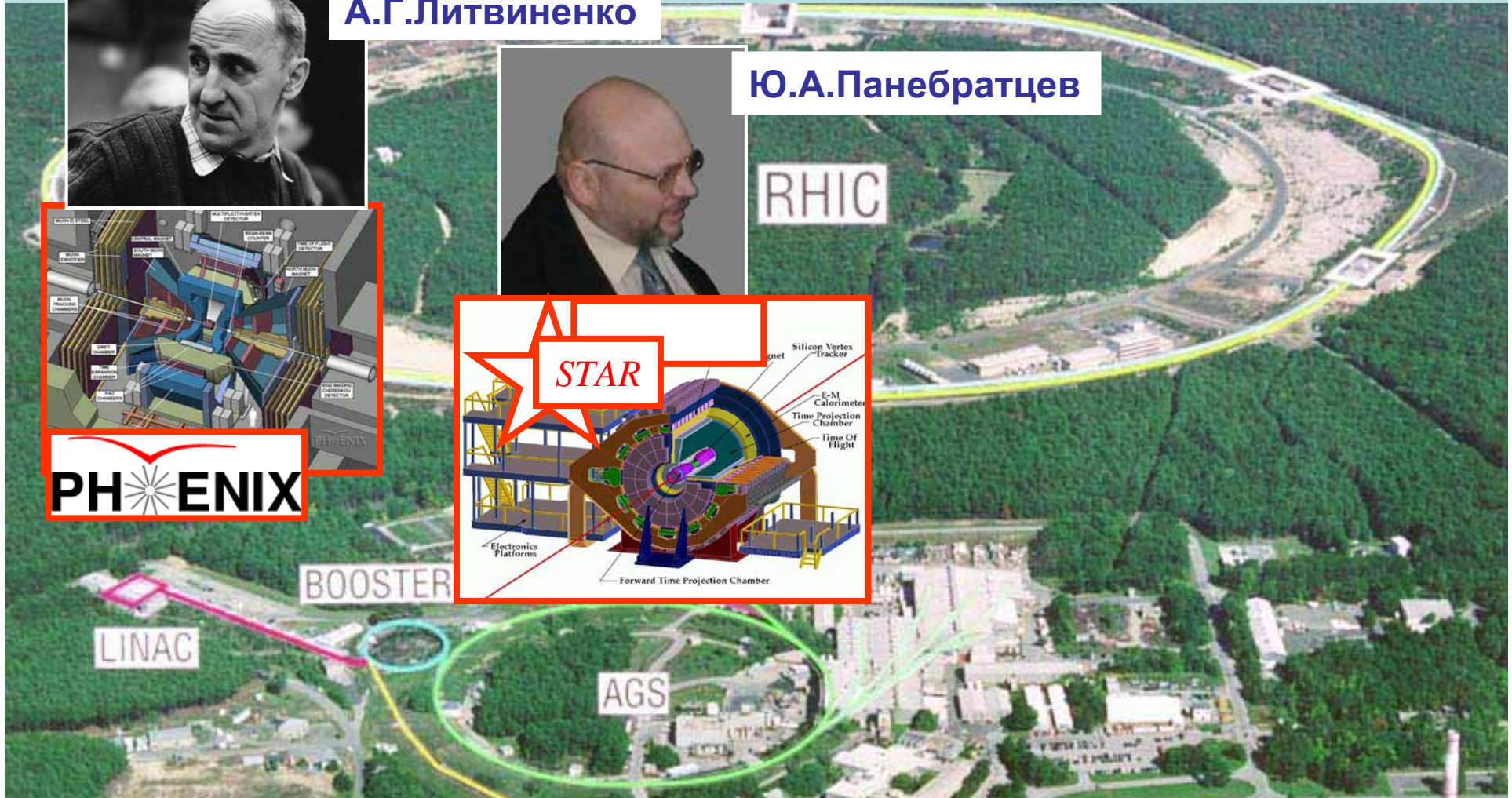
Ю.А.Панебратцев



PHENIX

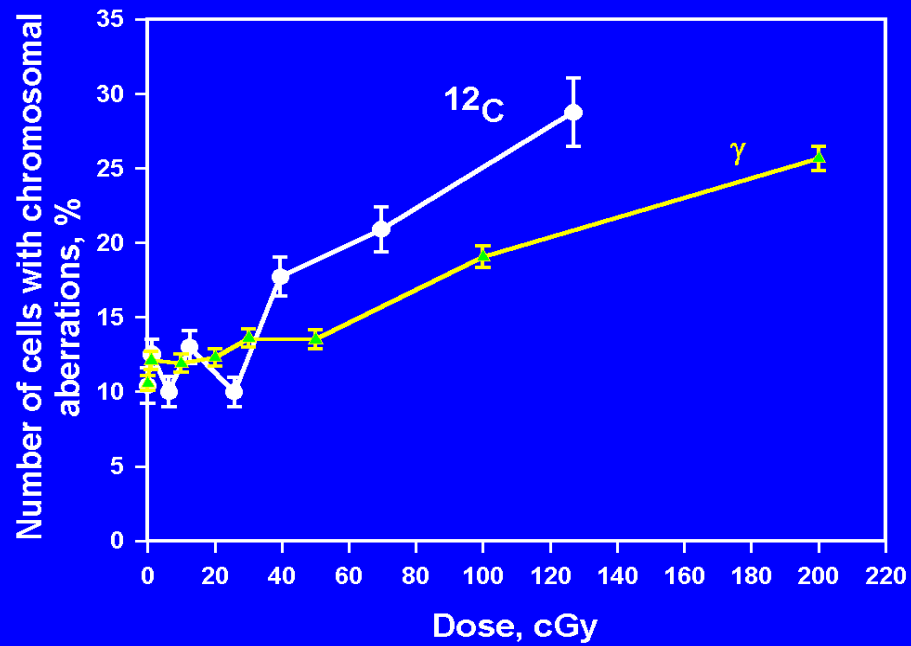


STAR



Прикладные исследования

РАДИОБИОЛОГИЯ

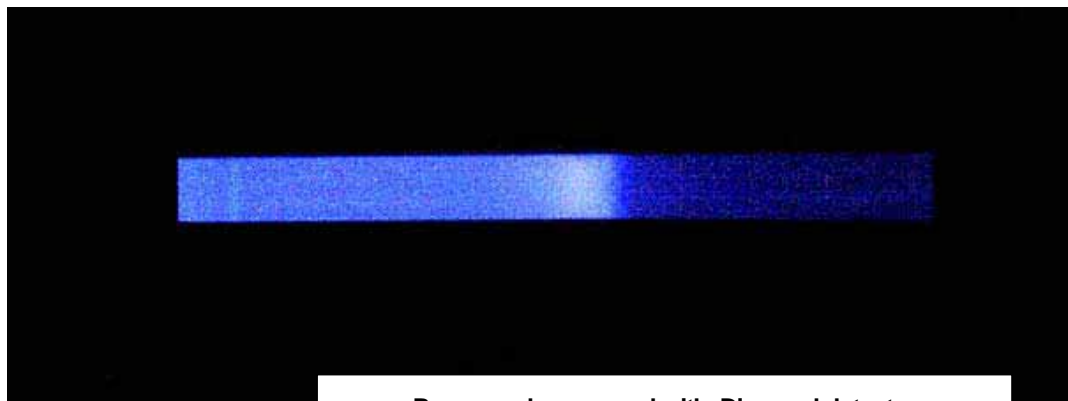


Е.А.Красавин

МЕД-НУКЛОТРОН



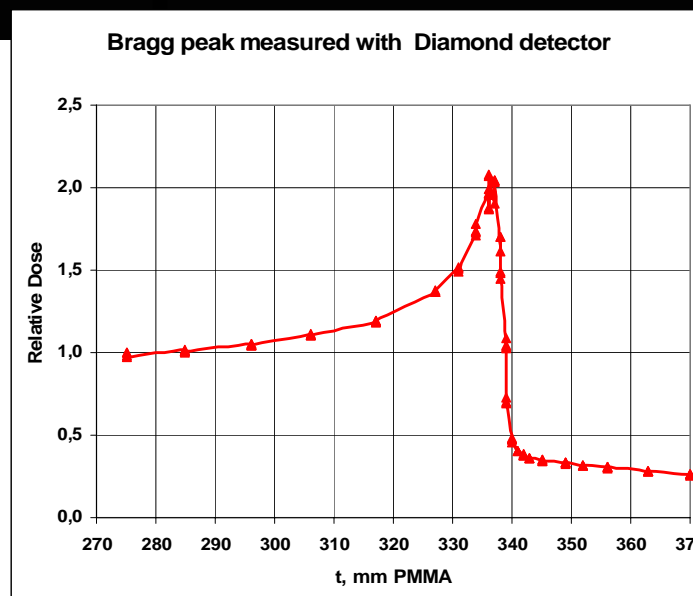
Я.Ружичка



С.Дубничка



Н.Н.Агапов



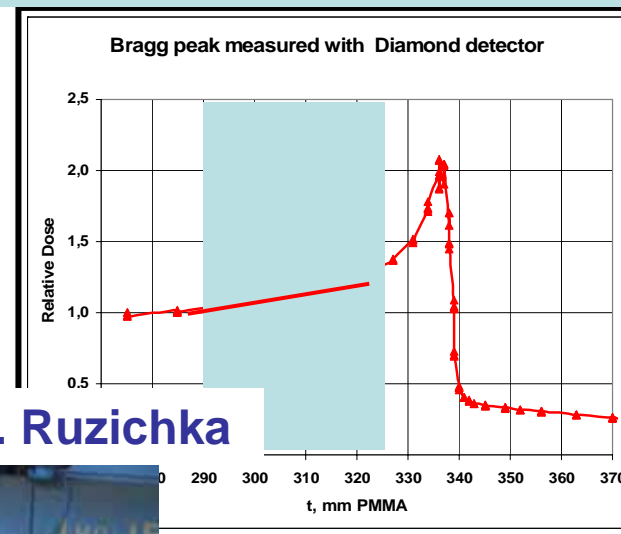
October 2006

МЕД-НУКЛОТРОН



Dr. V. Golovatyuk

Prof. J. Ruzichka



Prof. A. Molokanov

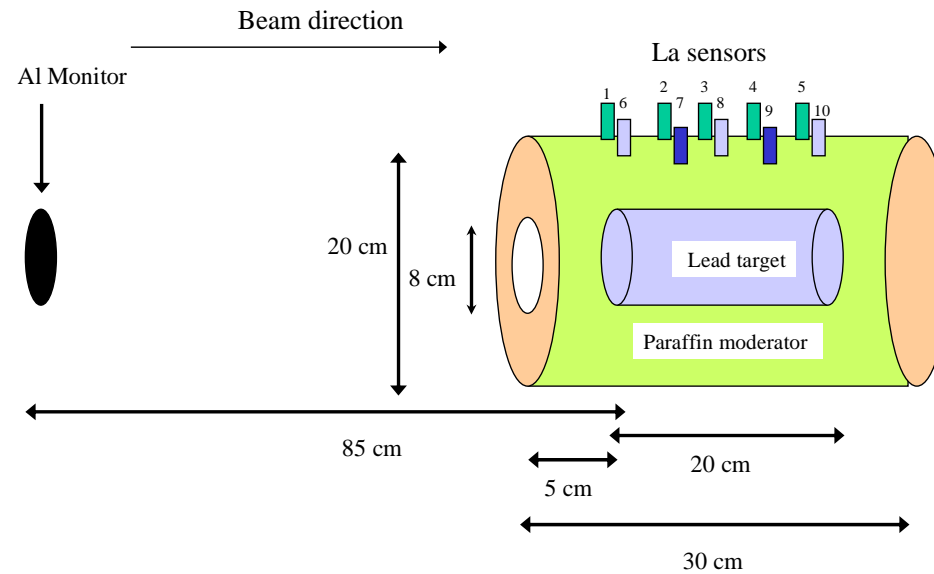
ГАММА-2



Б.А.Кулаков



Р.Брандт



В.М.Головатюк



В.Вестмайер

ГАММА-2

Белоруссия



С.Столос

М.Замани-Валасиади



М.Фрагополи

Греция

Энергия+Трансмутация

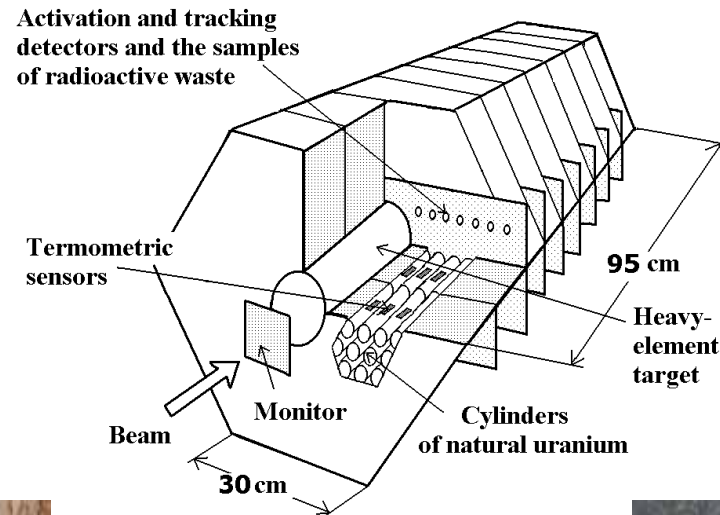
М.Кривопустов



С.Килим



Е.Стпугальская-Гола



В.Вагнер



М.Билевич

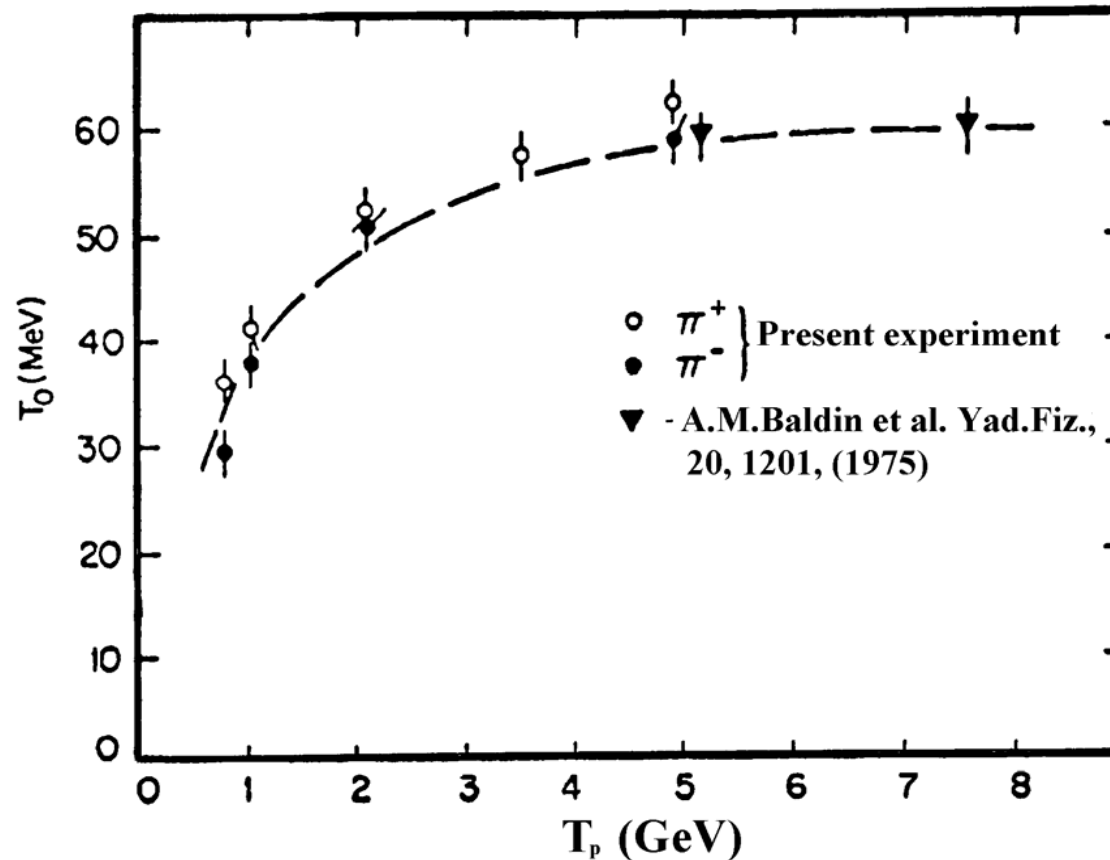
Б.Словинский



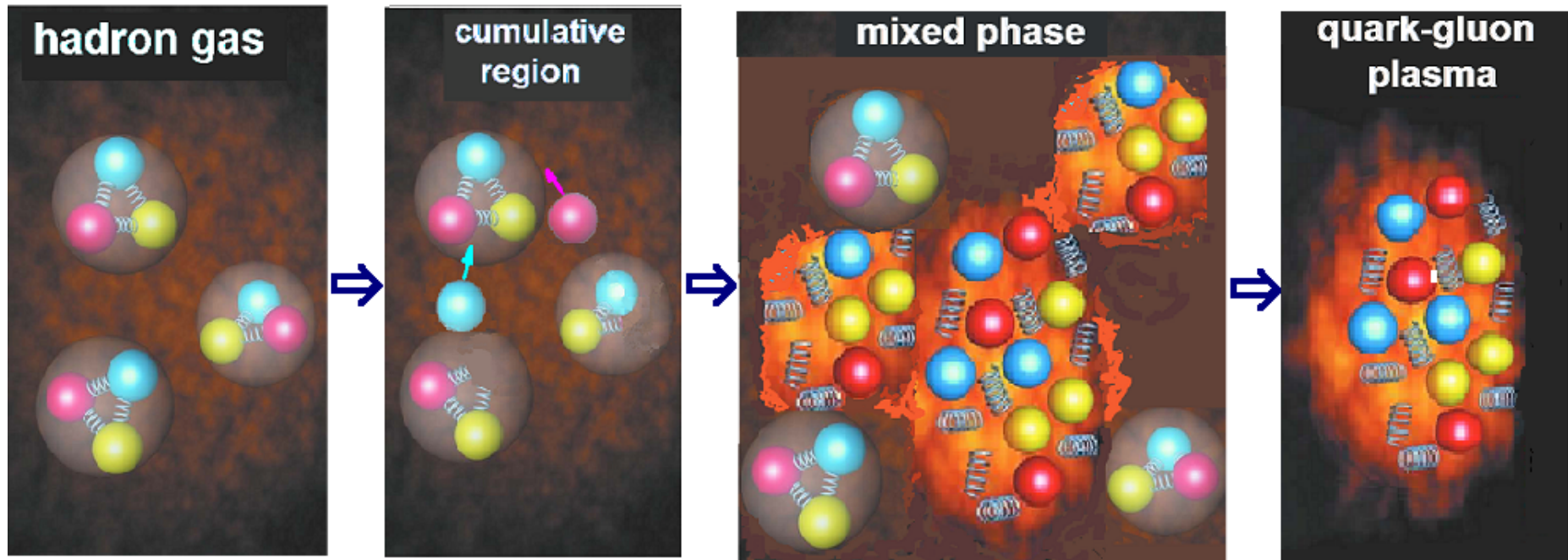
М.Шута



Возможные перспективы исследований



Dependence of T_0 parameter for pion at 180° for p-Cu collisions on the energy of incident proton T_p . Pion cross-section parameterized by the form $E \cdot d\sigma/dp^3 = C \cdot \exp(-T/T_0)$, where T is the pion laboratory kinetic energy



$$b_{ik} \approx 0.01$$

$$b_{ik} \approx 5$$

$$b_{ik} > 5$$

$$b_{ik} \gg 1$$

Invariant Definition of Hadron Jets

The jet is a cluster of hadrons with small relative b_{ik} .

The jet axis (a unit four-vector):

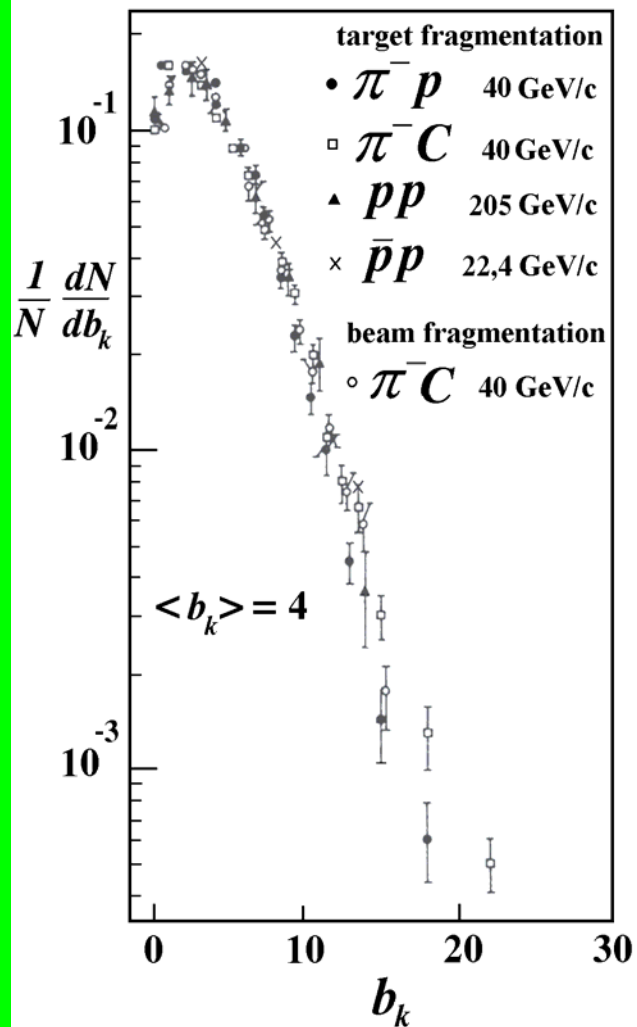
$$V = \Sigma(u_i / \sqrt{(\Sigma u_i)^2})$$

$$V_0^2 - V^2 = 1.$$

The summation is performed over all the particles belonging to the selected particle group (cluster).

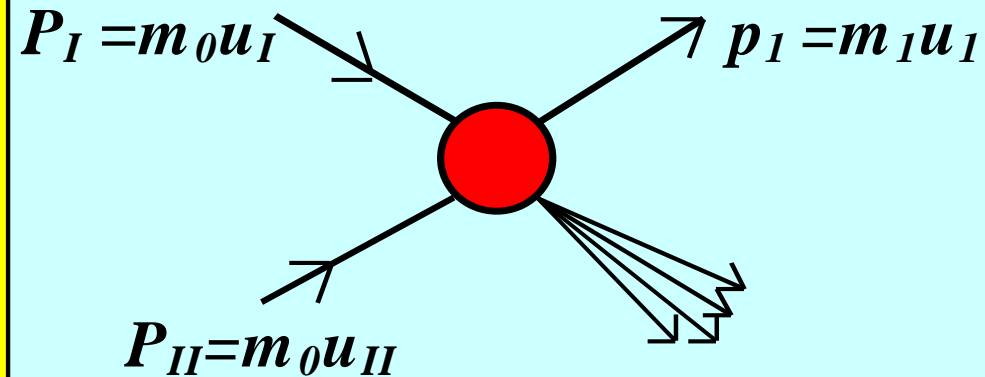
It is possible to determine the squared four-velocity with respect to the jet axis:

$$b_k = - (V - u_k)^2.$$



- Распределения π - мезонов по b_k в струях в адрон-адронных и адрон-ядерных столкновениях при высоких энергиях **УНИВЕРСАЛЬНЫ**. Они не зависят ни от энергии столкновения, ни от типа фрагментирующей системы (p, π, p^-, C, \dots)
- $\langle b_k \rangle = 4$ характеризует среднюю четырехмерную скорость π -мезонов относительно оси струи в процессе фрагментации различных кварковых объектов
- Открытая **УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ** свойств четырехмерных адронных струй указывает на то, что адронизация кварковых систем определяется динамикой взаимодействия цветного заряда с КХД вакуумом

$$\mathbf{I} + \mathbf{II} \rightarrow \mathbf{1} + \dots$$



$$\begin{aligned} (N_I P_I + N_{II} P_{II} - p_1)^2 &= \\ &= (N_I m_0 + N_{II} m_0 + \Delta)^2 \end{aligned}$$

Δ is the mass of the particle providing conservation of the baryon number, strangeness and other quantum numbers

$$\Pi_{\min} = \min [1/2\sqrt{(u_I N_I + u_{II} N_{II})^2}]$$

$$(N_I m_0 u_I + N_{II} u_{II} m_0 - m_1 u_1)^2 = (N_I m_0 + N_{II} m_0 + \Delta)^2$$

$$N_I N_{II} - \Phi_I N_I - \Phi_{II} N_{II} = \Phi_\delta,$$

$$\Phi_I = [(m_1/m_0)(u_I u_1) + \Delta/m_0]/[(u_I u_{II}) - 1]$$

$$\Phi_{II} = [(m_1/m_0)(u_{II} u_1) + \Delta/m_0]/[(u_I u_{II}) - 1]$$

$$\Phi_\delta = (\Delta^2 - m_1^2)/[2m_0^2((u_I u_{II}) - 1)].$$

$$[(N_I/\Phi_{II}) - 1][(N_{II}/\Phi_I) - 1] = 1 + [\Phi_\delta/(\Phi_I \Phi_{II})]$$

$$d\Pi/dN_I = 0, \quad d\Pi/dN_{II} = 0.$$

$$F_I = [(N_I/\Phi_{II}) - 1], \quad F_{II} = [(N_{II}/\Phi_I) - 1].$$

$$F_I F_{II} = 1 + \Phi_\delta/(\Phi_I \Phi_{II}) = \alpha$$

$$d\Pi/dF_I = 0, \quad d\Pi/dF_{II} = 0.$$

$$4\Pi^2 = N_I^2 + N_{II}^2 + 2N_I N_{II} (u_I u_{II})$$

$$4\Pi^2 = (F_I + 1)^2 \Phi_{II}^2 + (F_{II} + 1)^2 \Phi_I^2 + 2\Phi_I \Phi_{II} (F_I + 1)(F_{II} + 1)(u_I u_{II})$$

$$F_{II} = \alpha/F_I, \quad d(4\Pi^2)/dF_I = 0$$

$$F_I^4 + F_I^3[1 + (u_I u_{II})/z] - (\alpha/z) F_I [(u_I u_{II}) + (1/z)] - \alpha^2/z^2 = 0$$

$$z = \Phi_{II}/\Phi_I$$

$$I \leftrightarrow II: \quad z \rightarrow (1/z); \quad F_I \rightarrow (\alpha/F_{II}).$$

$$F_{II}^4 + F_{II}^3[1 + (u_I u_{II})z] - z\alpha F_{II} [z + (u_I u_{II})] - \alpha^2 z^2 = 0.$$

In the central rapidity region $(u_I u_I) = (u_I u_{II}) \rightarrow z=1 \rightarrow$

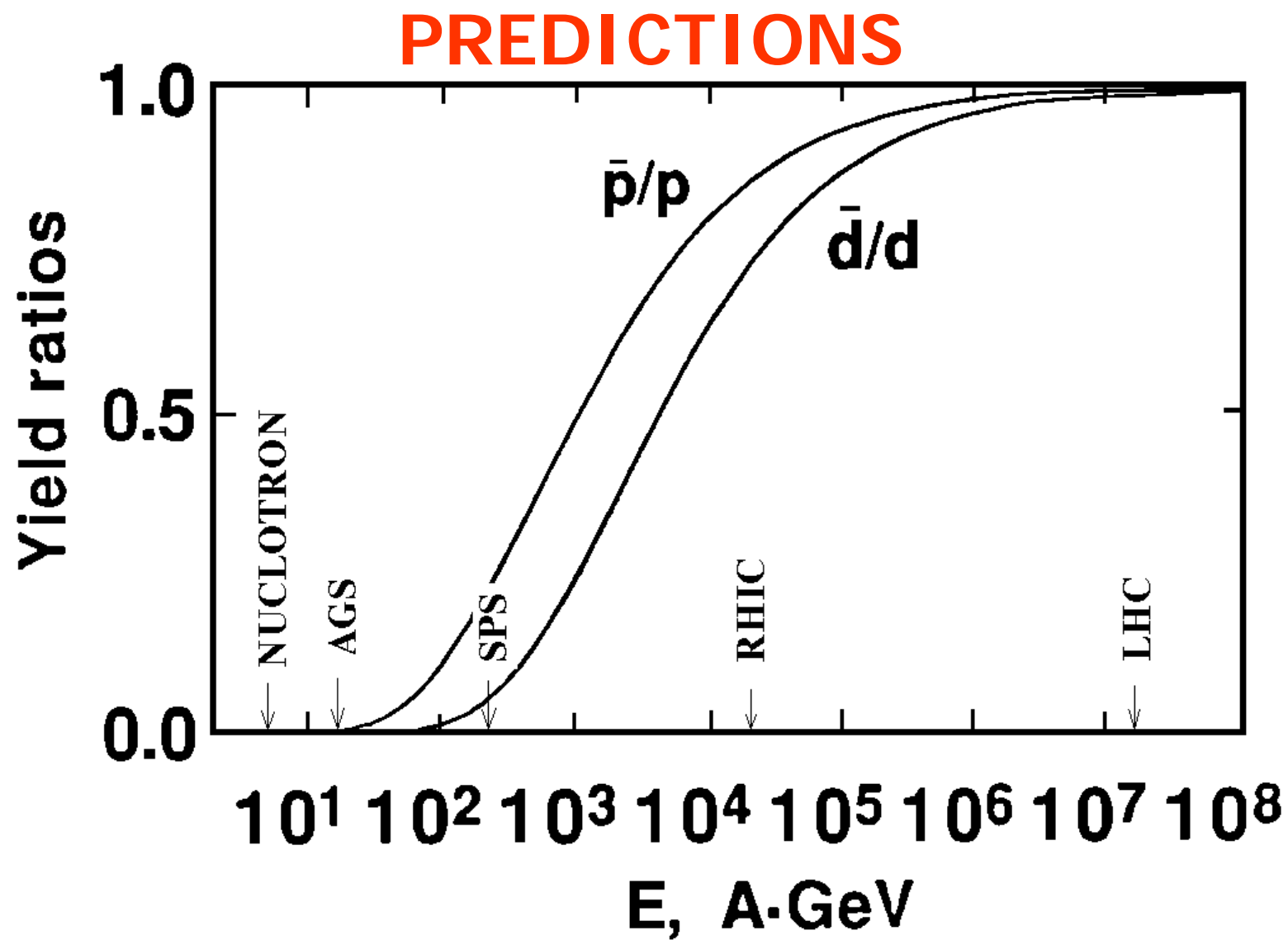
$$F_I = F_{II}, \quad \Phi_I = \Phi_{II} = \Phi$$

$$F_I = F_{II}, \quad (N_I/\Phi - 1) = (N_{II}/\Phi - 1), \quad N_I = N_{II} = N$$

$$F^2 = \alpha, \quad F_I = F_{II} = \sqrt{\alpha} = \sqrt{1 + (\Phi_\delta/\Phi^2)}$$

$$N_I = N_{II} = N = (1+F)\Phi = [1 + \sqrt{1 + (\Phi_\delta/\Phi^2)}] \Phi$$

Baldin A.M., Malakhov A.I.
JINR Rapid Communications,
No.1(87)-98, 1998, pp.5-12.

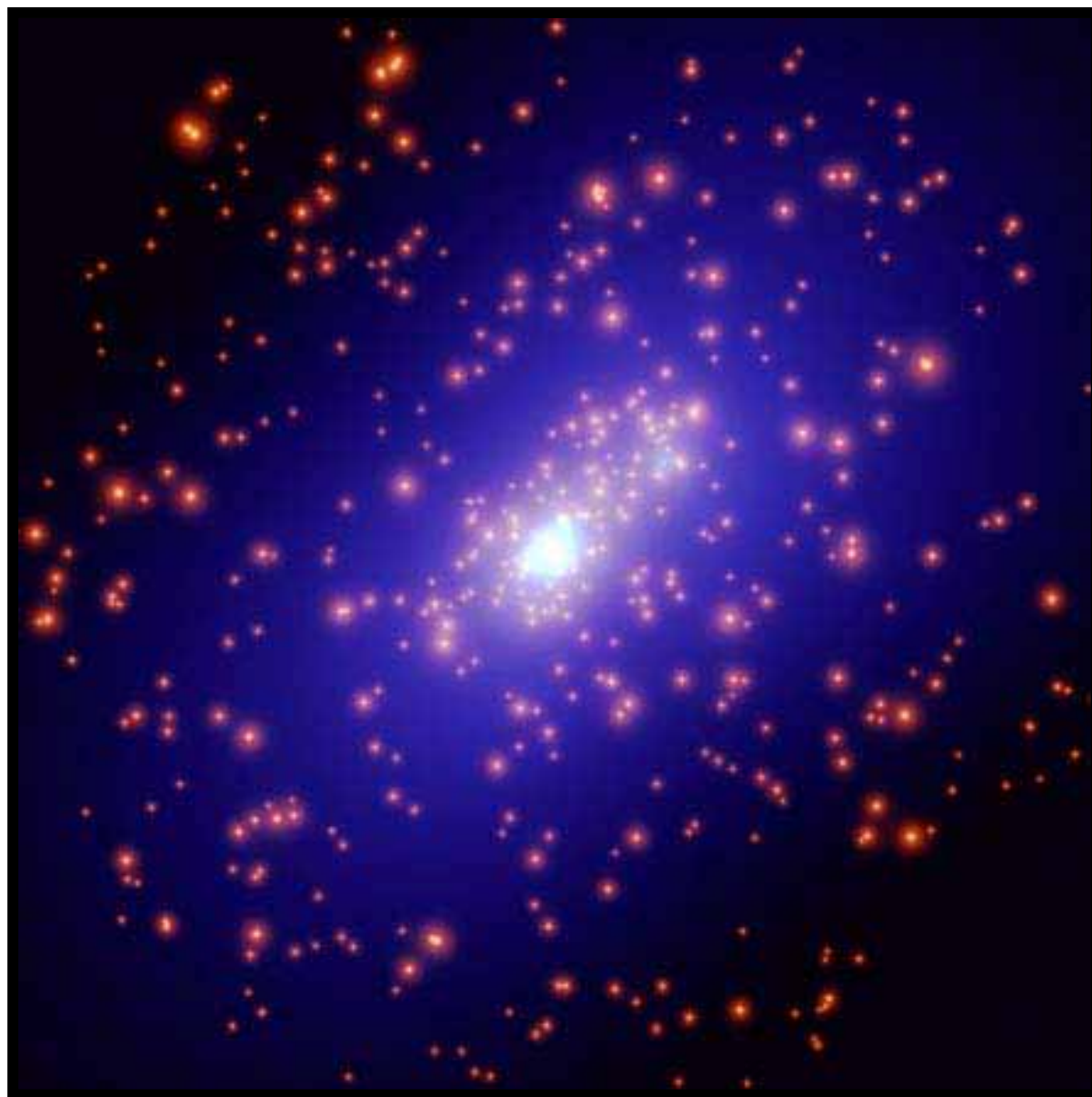


ТЕМНАЯ МАТЕРИЯ

- данные о распределении галактик, реликтовом излучении
- гравитационные силы **в скоплениях галактик**

Гравитационное линзирование





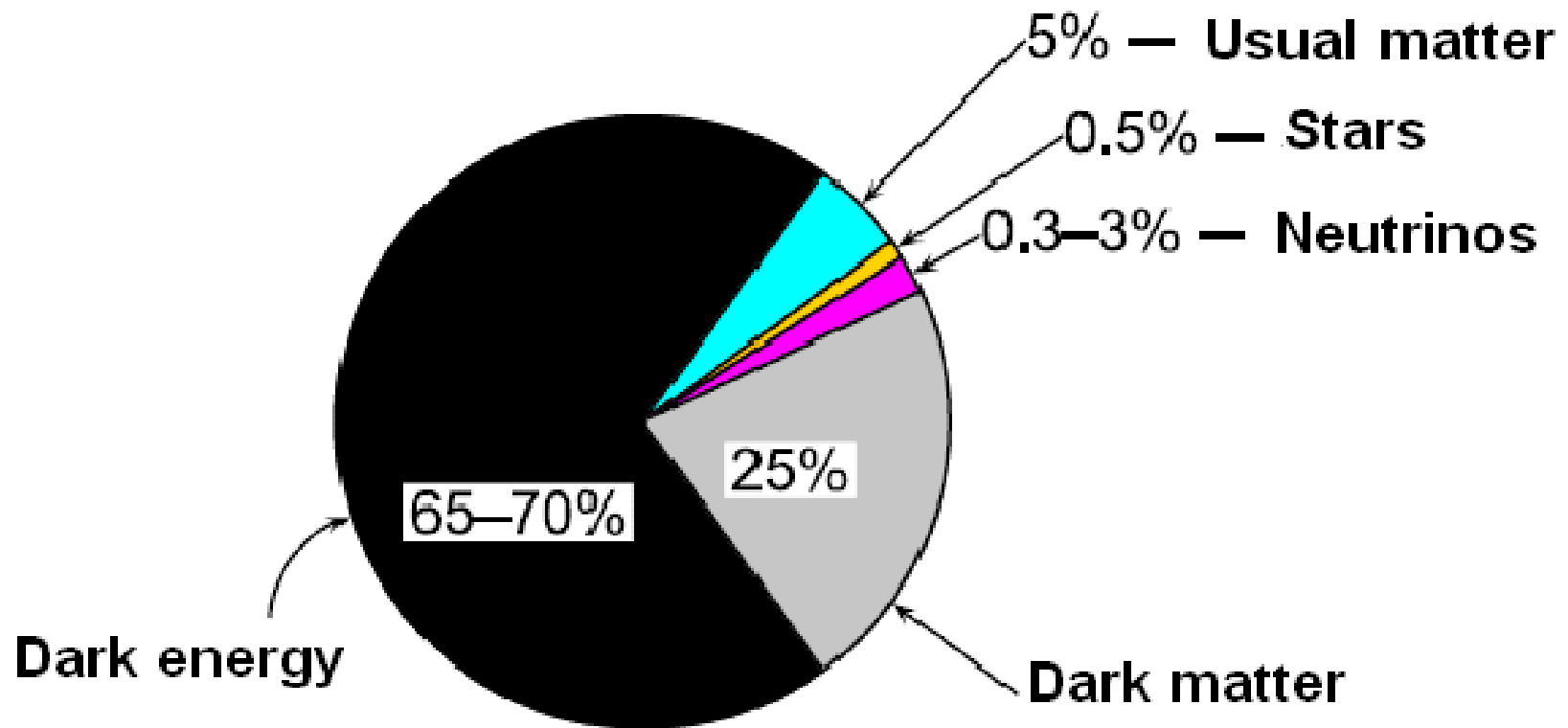
Темная энергия

Темная энергия — гораздо более странная субстанция, чем темная материя. Она не собирается в сгустки, а равномерно «разлита» во Вселенной. В галактиках и скоплениях галактик её столько же, сколько вне их. Самое необычное то, что темная энергия в определенном смысле испытывает антигравитацию. Современными астрономическими методами можно не только измерить нынешний темп расширения Вселенной, но и определить, как он изменялся со временем. Астрономические наблюдения свидетельствуют о том, что сегодня (и в недалеком прошлом) Вселенная расширяется с ускорением: темп расширения растет со временем. В этом смысле и можно говорить об антигравитации: обычное гравитационное притяжение замедляло бы разбегание галактик, а в нашей Вселенной, получается, наоборот.

Один из кандидатов на роль темной энергии — вакуум. Плотность энергии вакуума не изменяется при расширении Вселенной, а это и означает отрицательное давление вакуума.

Изменение энергии при изменении объема определяется давлением, $\Delta E = -p\Delta V$. При расширении Вселенной энергия вакуума растет вместе с объемом (плотность энергии постоянна), что возможно, только если давление вакуума отрицательно.

Energy balance of the modern Universe



$$\Delta E = - p \Delta V$$

$$I + II \rightarrow 1 + 2 + \dots$$

$$\begin{aligned} b_{I,II} &= - (u_I - u_{II})^2 = - (1 - 2u_I u_{II} - 1) = \\ &= 2(u_I u_{II} - 1) = 2(E_I/m_I - 1) \end{aligned}$$

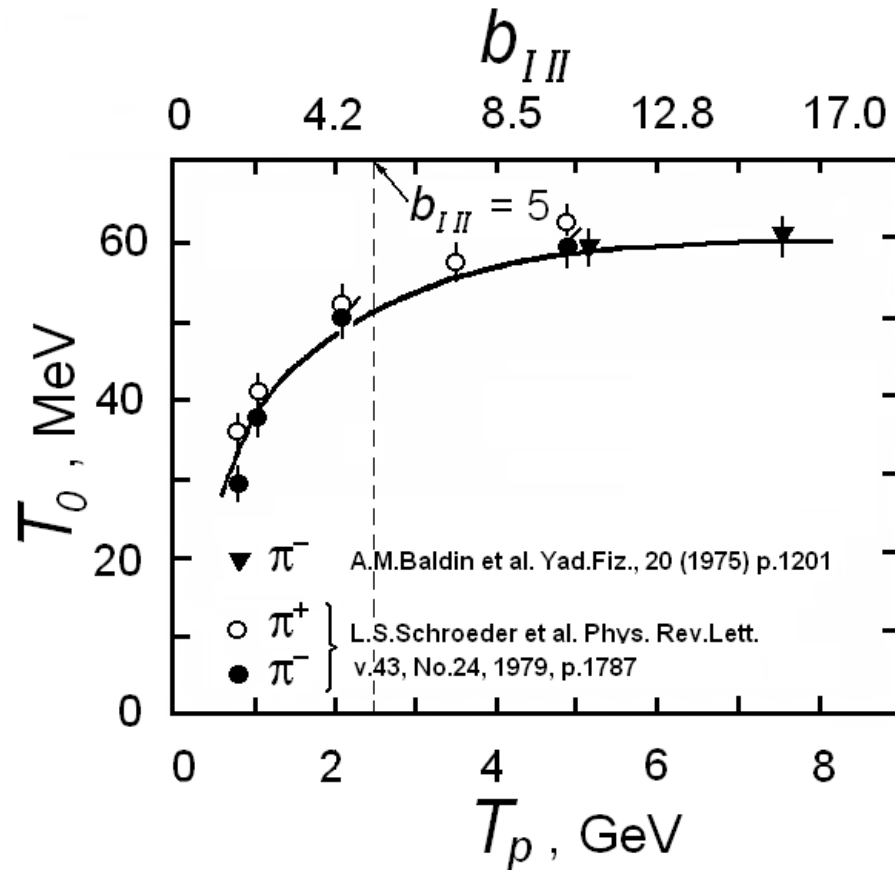
$$\Delta b_{I,II} = 2\Delta E_I/m_I \longrightarrow \Delta E_I = (m_I/2)\Delta b_{I,II} = - p \Delta V$$

$$p = - (m_I/2)\Delta b_{I,II} / \Delta V$$

$$V = \sigma 2r_0 A^{1/3} \longrightarrow \Delta V = \Delta \sigma 2r_0 A^{1/3}$$

$$p = - [m_I/4 r_0 A^{1/3}] \Delta b_{I,II} / \Delta \sigma$$

$$p = - [m_I / 4 r_0 A^{1/3}] \Delta b_{I||} / \Delta \sigma$$



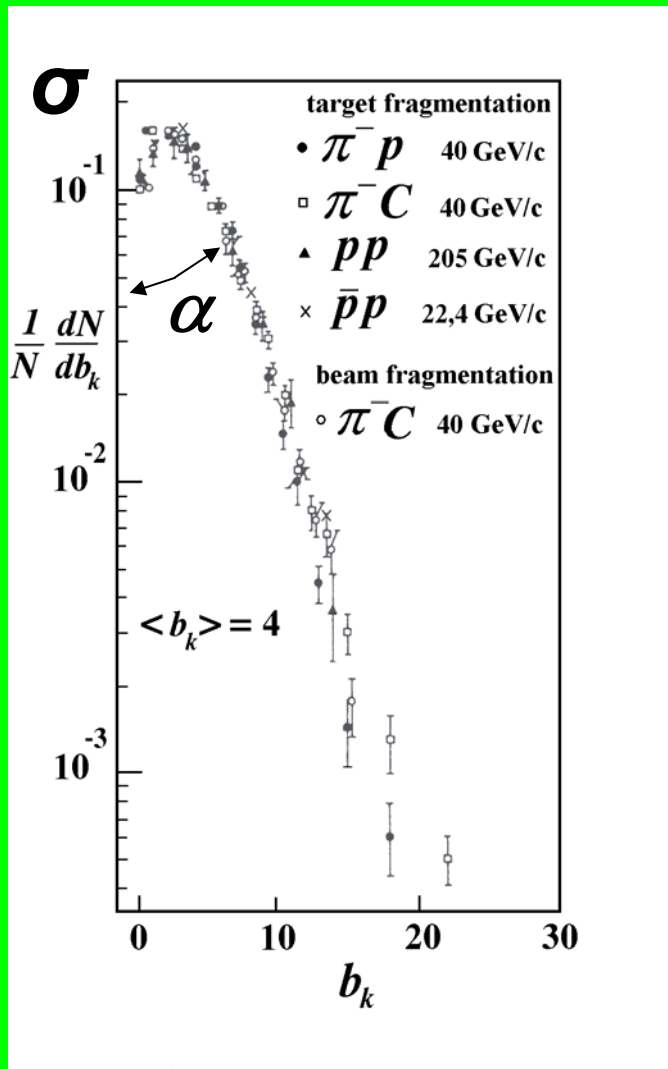
$$\Delta b_{I||} > 0$$

$$\Delta \sigma > 0$$

$$p < 0$$

$$\sigma \sim \exp(-T_\pi / T_0)$$

Dependence of T_0 parameter for pion at 180° for $p+Cu$ collisions on the energy of incident proton T_p . Pion cross-section parameterized by the form $E \cdot d^3 \sigma / dp^3 = C \cdot \exp(-T/T_0)$, where T is the pion laboratory kinetic energy



$$\Delta E = - p \Delta V$$

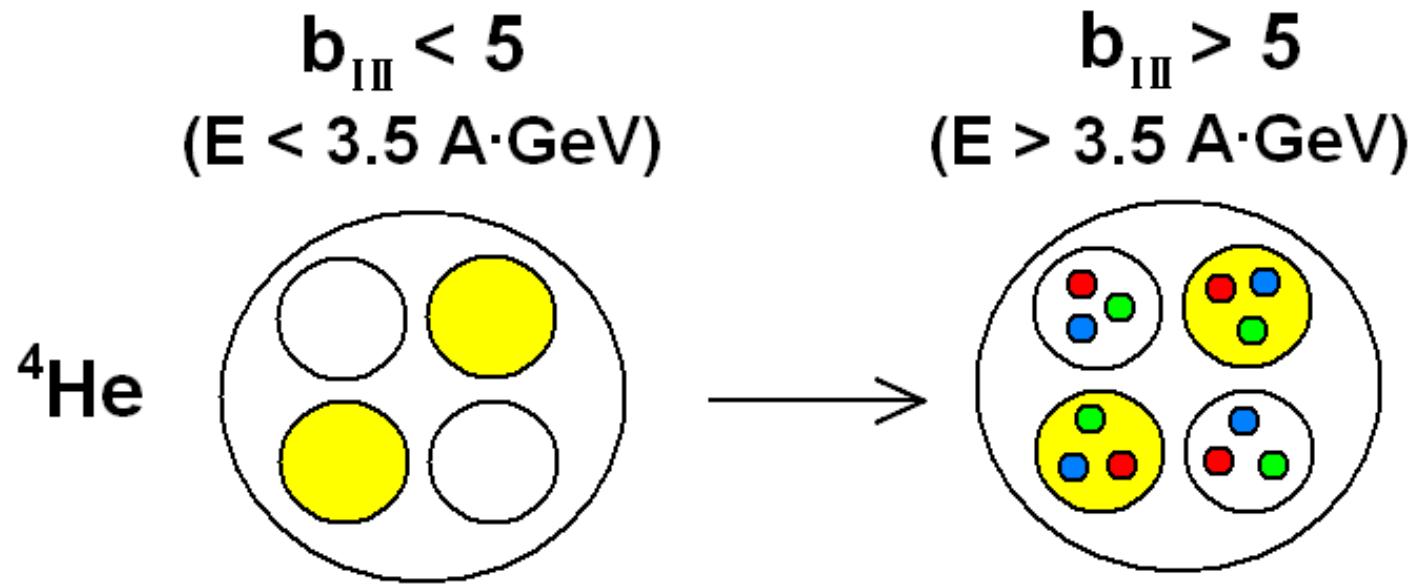
$$\Delta E \sim \Delta b_k$$

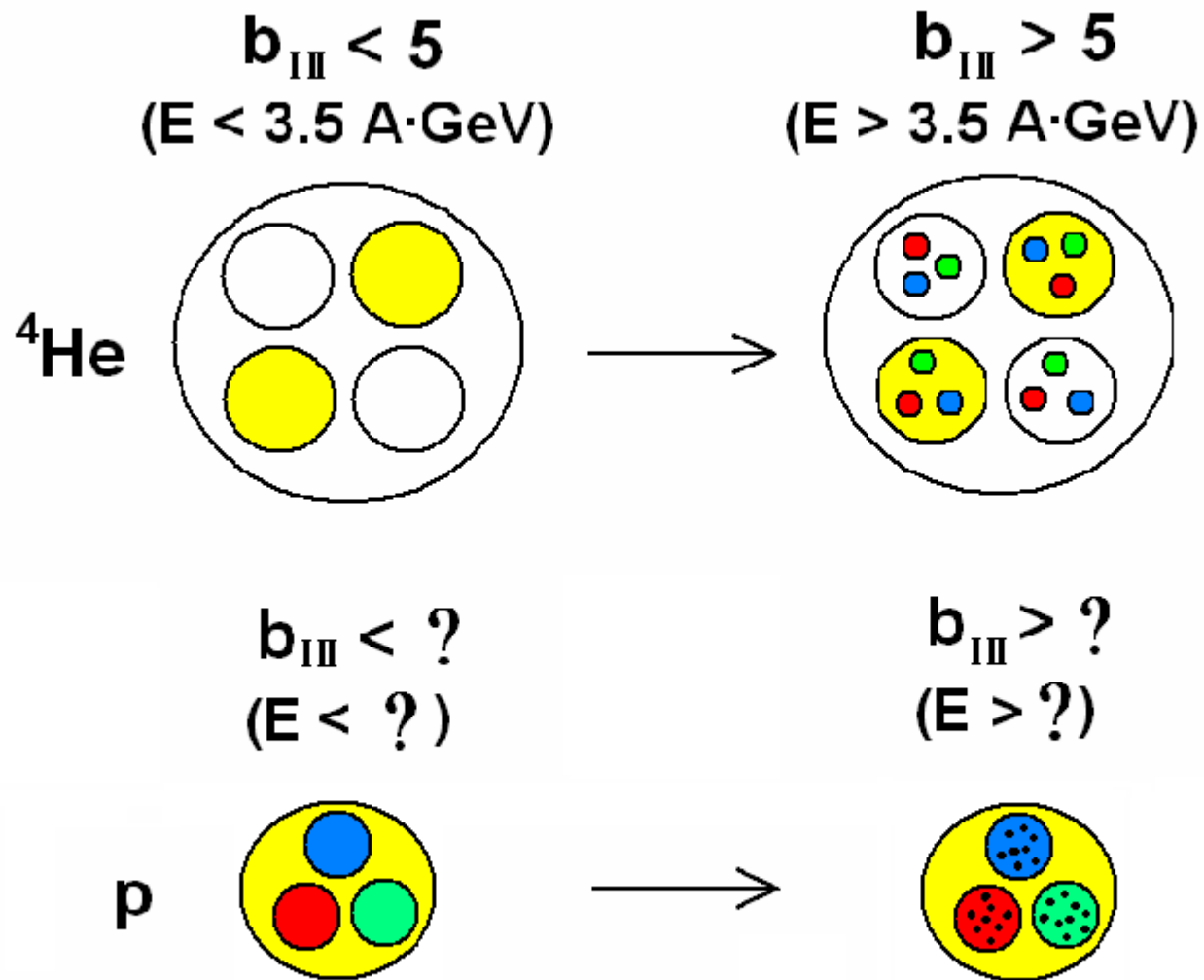
$$\Delta V \sim \Delta \sigma$$

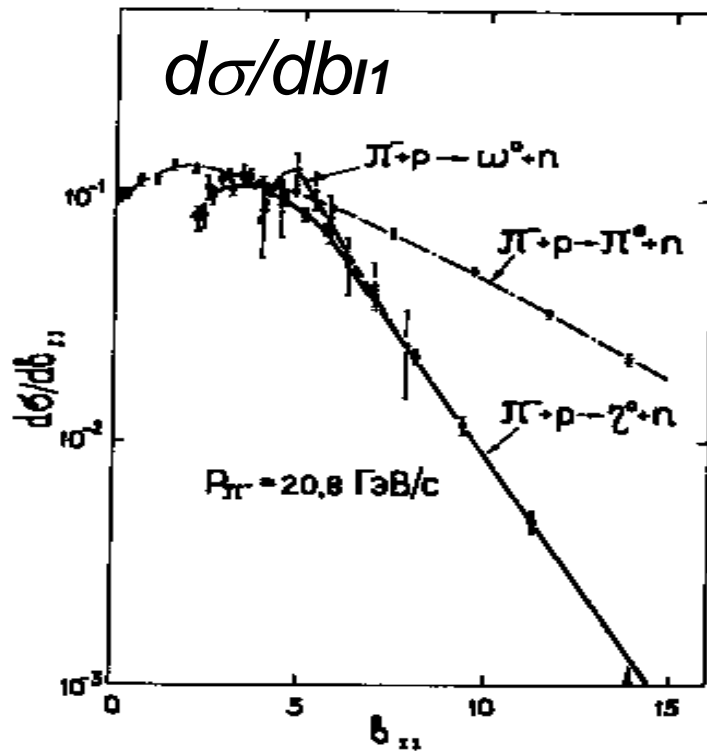
$$P = - \Delta E / \Delta V \sim \Delta b_k / \Delta b_k = \text{tg } \alpha$$

$$P \sim \text{tg } \alpha$$

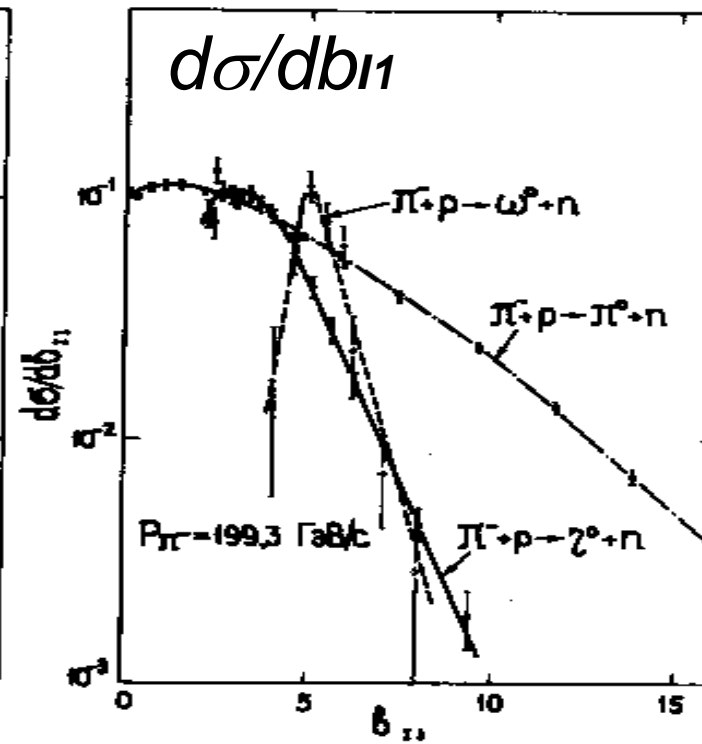
Структура кварков







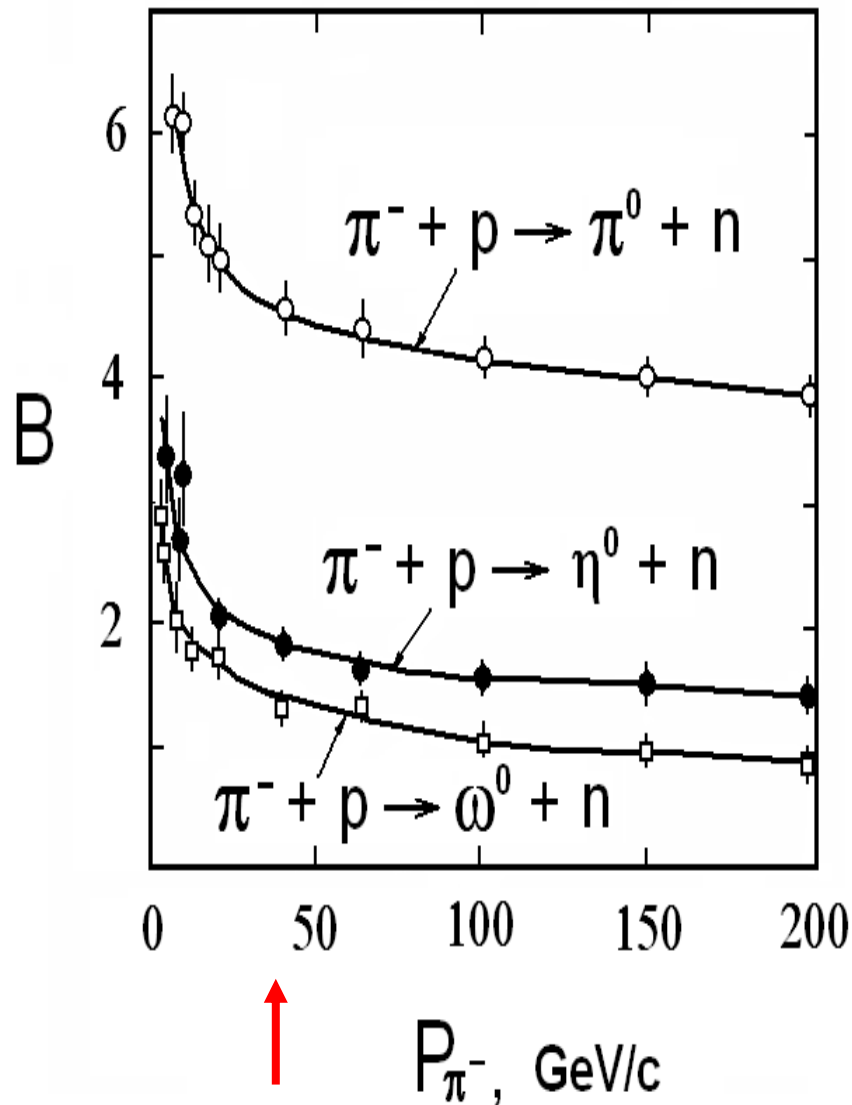
b_{11}



b_{11}

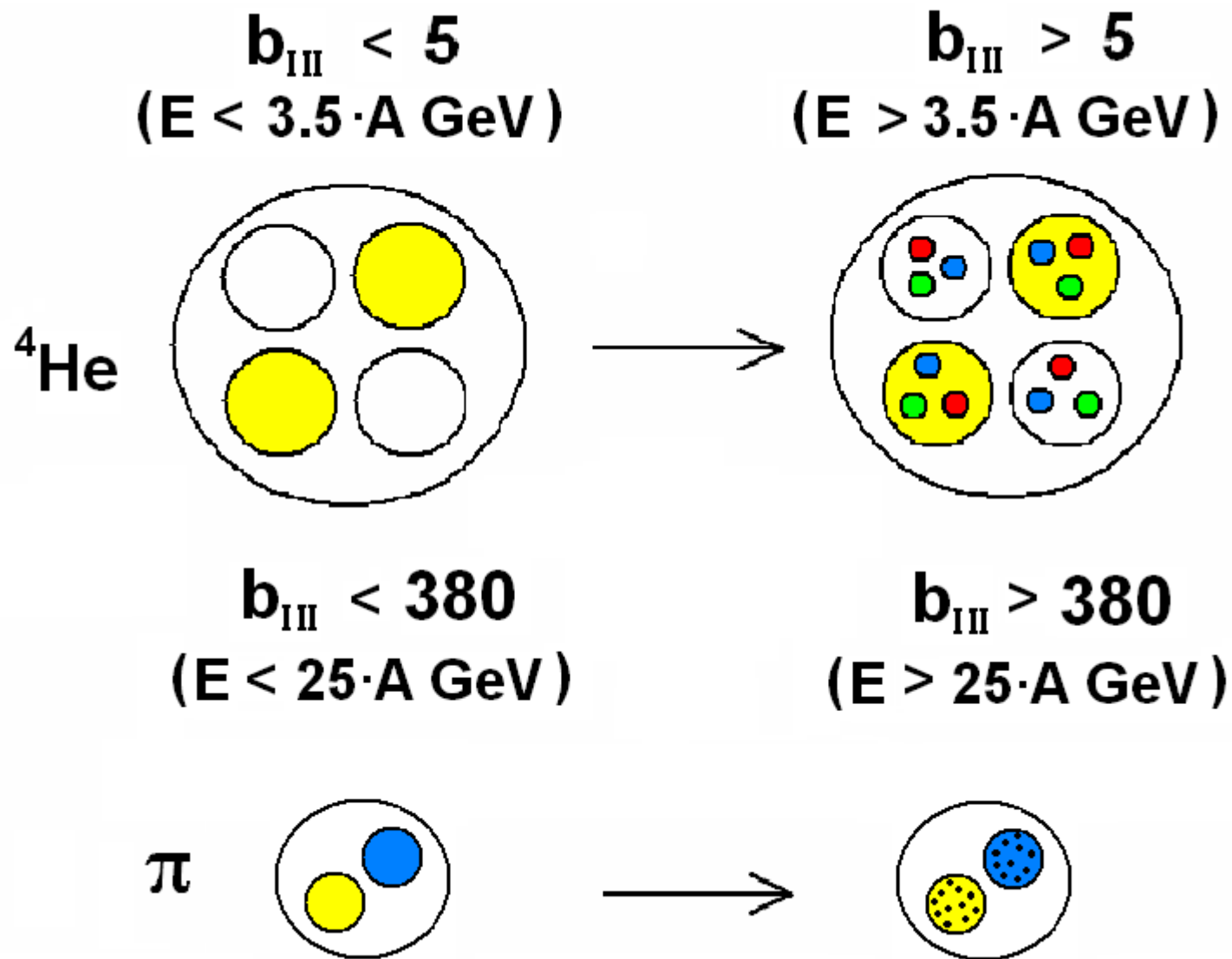
$$d\sigma/db_{11} = A \cdot \exp(-b_{11}/B)$$

A.I.Malakhov, G.L.Melkumov. JINR Rapid Commun., No.19-86 (1986) pp.32-39).



As it possible see in figure asymptotic regime is beginning with pion momentum $p_{\pi} \sim 25 \text{ GeV}$ which is correspond $b_{I//} \sim 380$. Thus we can propose that at $b_{I//} \geq 380$ beginning manifestation of the internal structure of quarks and in this region possible to study internal structure of quarks.

$$\begin{aligned} b_{||} &= - (u_{\pi} - u_p)^2 = - (1 - 2u_{\pi}u_p - 1) = \\ &= 2(u_{\pi}u_p - 1) = 2(E_{\pi}/m_{\pi} - 1) = 2T_{\pi}/m_{\pi} \cong \\ &\cong 2 \cdot 25/0.130 \cong 380. \end{aligned}$$



Классификация ядерных взаимодействий

$b_{ik} \sim 10^{-2}$ - Классическая ядерная физика

$0.1 \leq b_{ik} < 1$ - Переходная область

$b_{ik} \sim 5$ - Кумулятивная область

$b_{ik} > 5$ - Смешанная фаза

$400 > b_{ik} \gg 5$ - Кварк-глюонная плазма

$b_{ik} > 400$ - Проявляется структура кварков

**Спасибо за
внимание!**



*Дорогой Павел
Игоревич!*

С 50-летием!