

ПУЗЫРЬКОВЫЕ КАМЕРЫ В ЛВЭ

Краткий обзор



10.10.07

100 лет В.И.Веселеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.И.Благодат

Вместо предисловия

Под руководством Владимира Иосифовича Векслера выросла целая плеяда высококлассных экспериментаторов, создавших экспериментальную базу синхрофазотрона, в том числе и пузырьковые камеры. Хотелось бы отдать дань памяти тем из «камерщиков», кто нас покинул. Объем сообщения не дает возможности рассказать обо всех участниках этой эпопеи.



И.В.Чувило

А.М.Балдин



М.И.Соловьёв



А.А.Кузнецов



М.Д. Шафранов



Р.М.Лебедев



А.Г.Зельдович



Е.И.Дьячков



Г.М. Сташков

10.10.07

100 лет В.И.Векслеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.В.Глаголеву



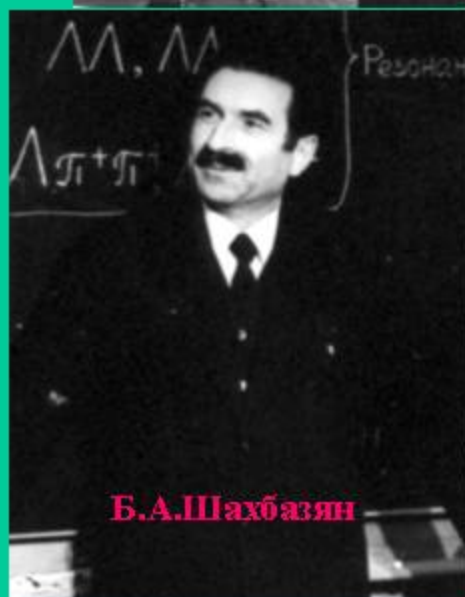
Э.В.Козубский



М.Мальт



В.Г.Гришин



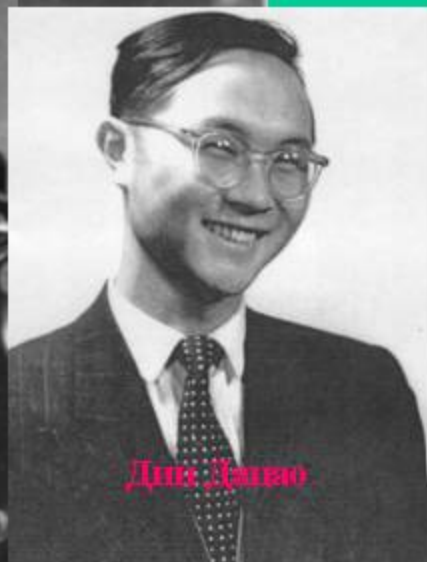
Б.А.Шахбазян



П. Зелински



Нгуен Дин Ты



Дин Дао

Началом эпохи пузырьковых камер принято считать изобретение Дональда Глезера, получившего треки заряженных частиц в миниатюрной колбе, заполненной диэтиловым эфиром.

Концом её можно условно считать конференцию в CERNe “Bubbles 40” в июле 1993 года. Bubbles век - 40 лет.

На групповом фото в первом ряду - Д.Глезер.

Можно рассмотреть довольно большую делегацию ОИЯИ.



Конференция «Bubbles 40» CERN 1993

План представления:

1. Сооружение установок
 - а) Пропановые камеры
 - б) Водородные камеры
 - в) Ксеноновая камера
2. Сотрудничества
3. Физические исследования
4. Послесловие

1. Сооружение установок

Рабочие режимы для создания перегретой жидкости в камерах существенно различались. Диапазон температур простирался от -246 (водород) до +58 (пропан) градусов; давлений от 5.0 (водород) до 26 (ксенон) атмосфер. Поэтому инженерному составу приходилось решать многие вопросы по прочности корпусов камер, теплоизоляции, безопасности, уплотнению стекол-иллюминаторов на металл и т.д. на уровне изобретений.

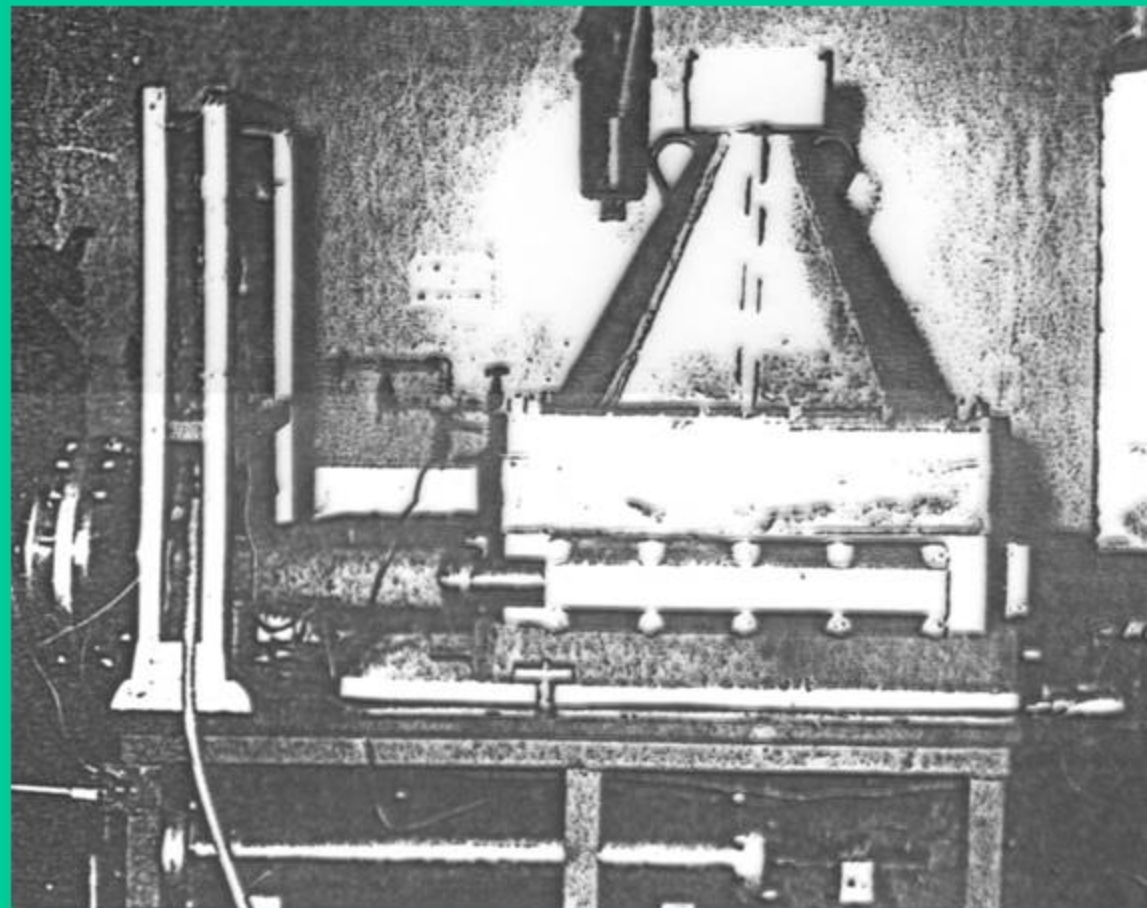
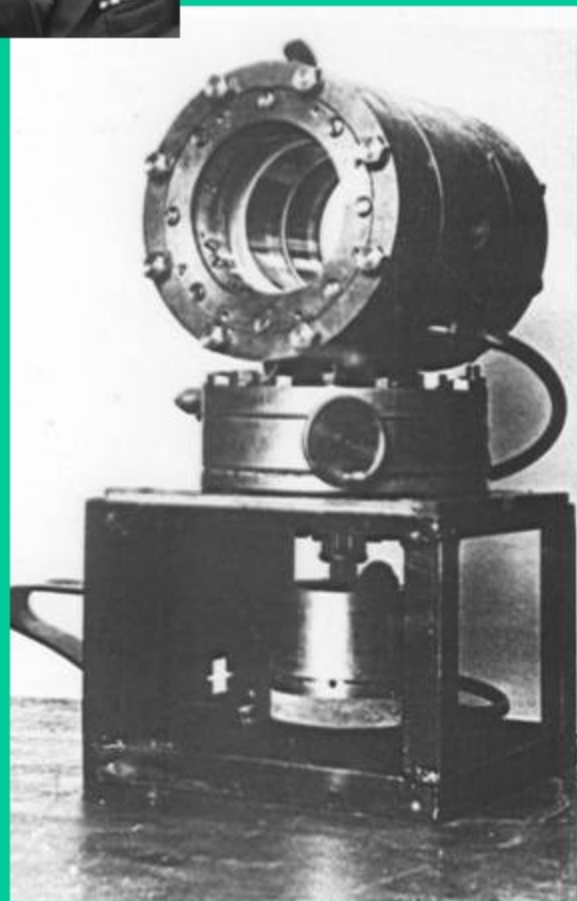
К чести персонала надо сказать, что за время сооружения, испытаний и эксплуатации не было ни одной аварии.

ПРОПАНОВЫЕ КАМЕРЫ



110 мм

24 литра



10.10.07

100 лет В.И.Векслеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.В.Гавриле

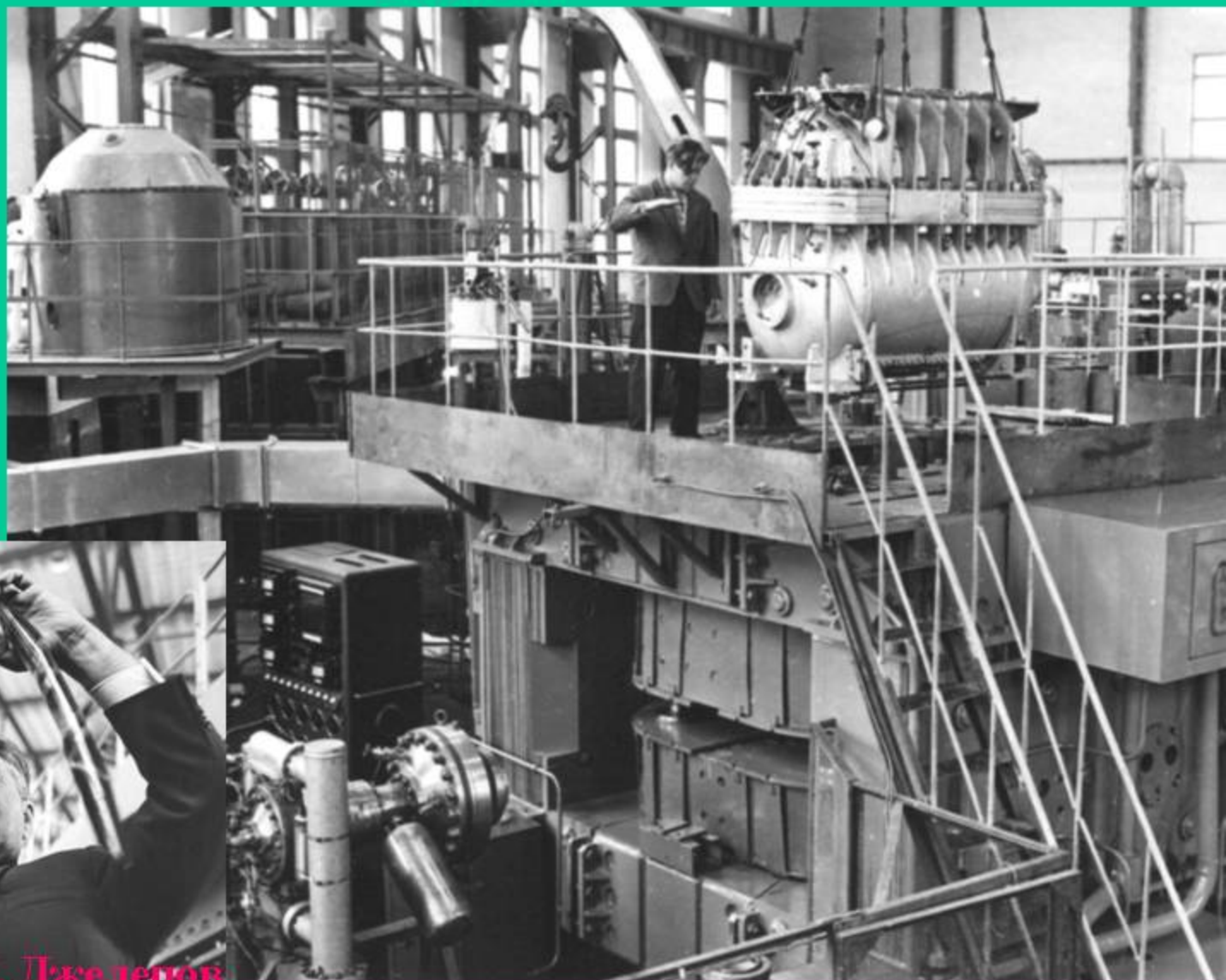
9



2-х метровая пропановая камера

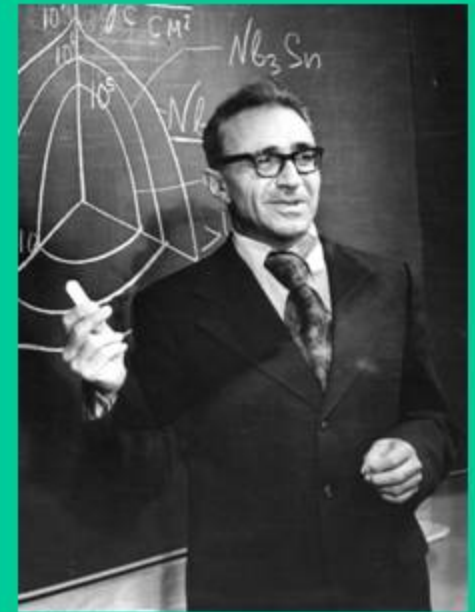
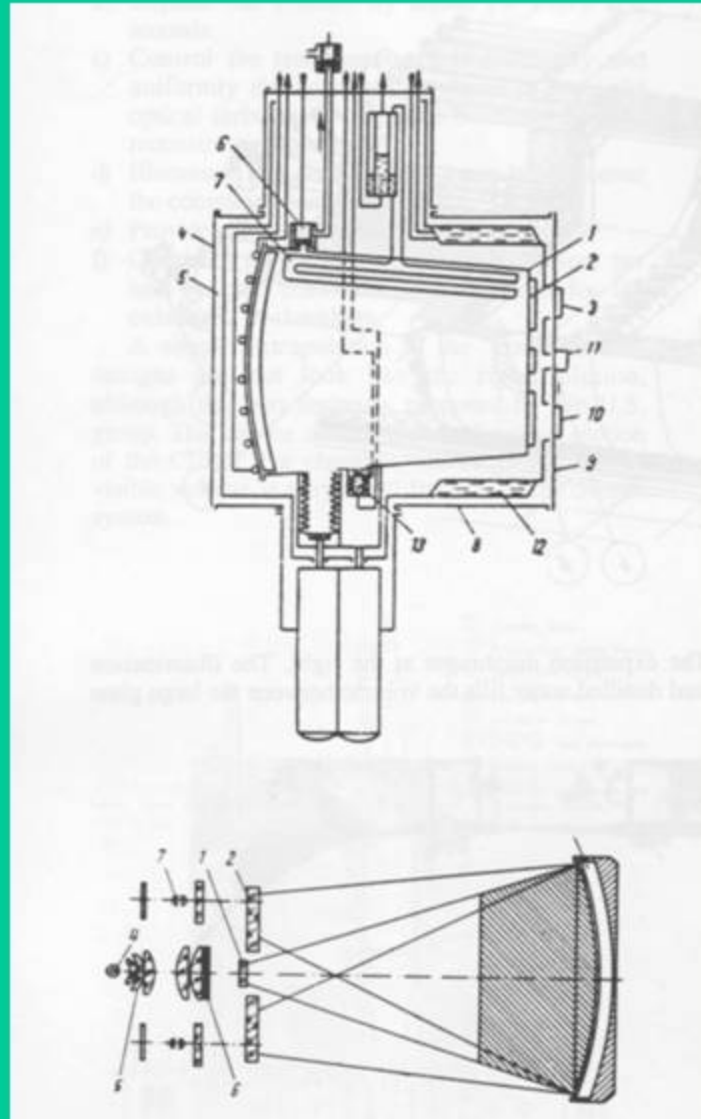
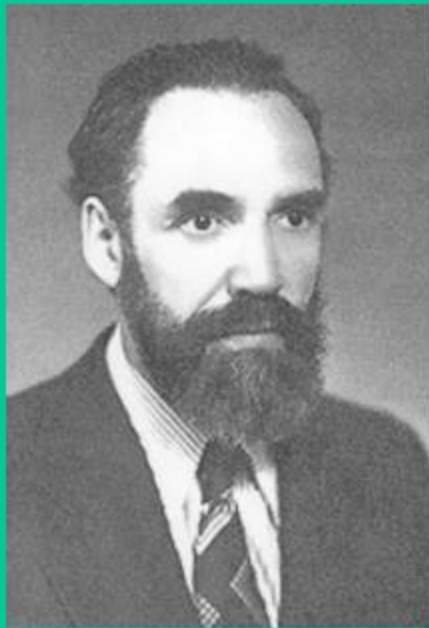


Ю.А.Будагов



В.Б.Флягин и В.П. Джелепов

40-см жидководородная камера



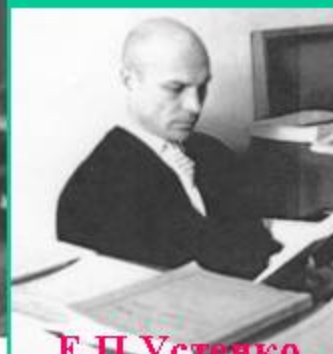
Сборка 100-см жидководородной камеры



Ю.А.Шиншов



Н.С.Сайтов



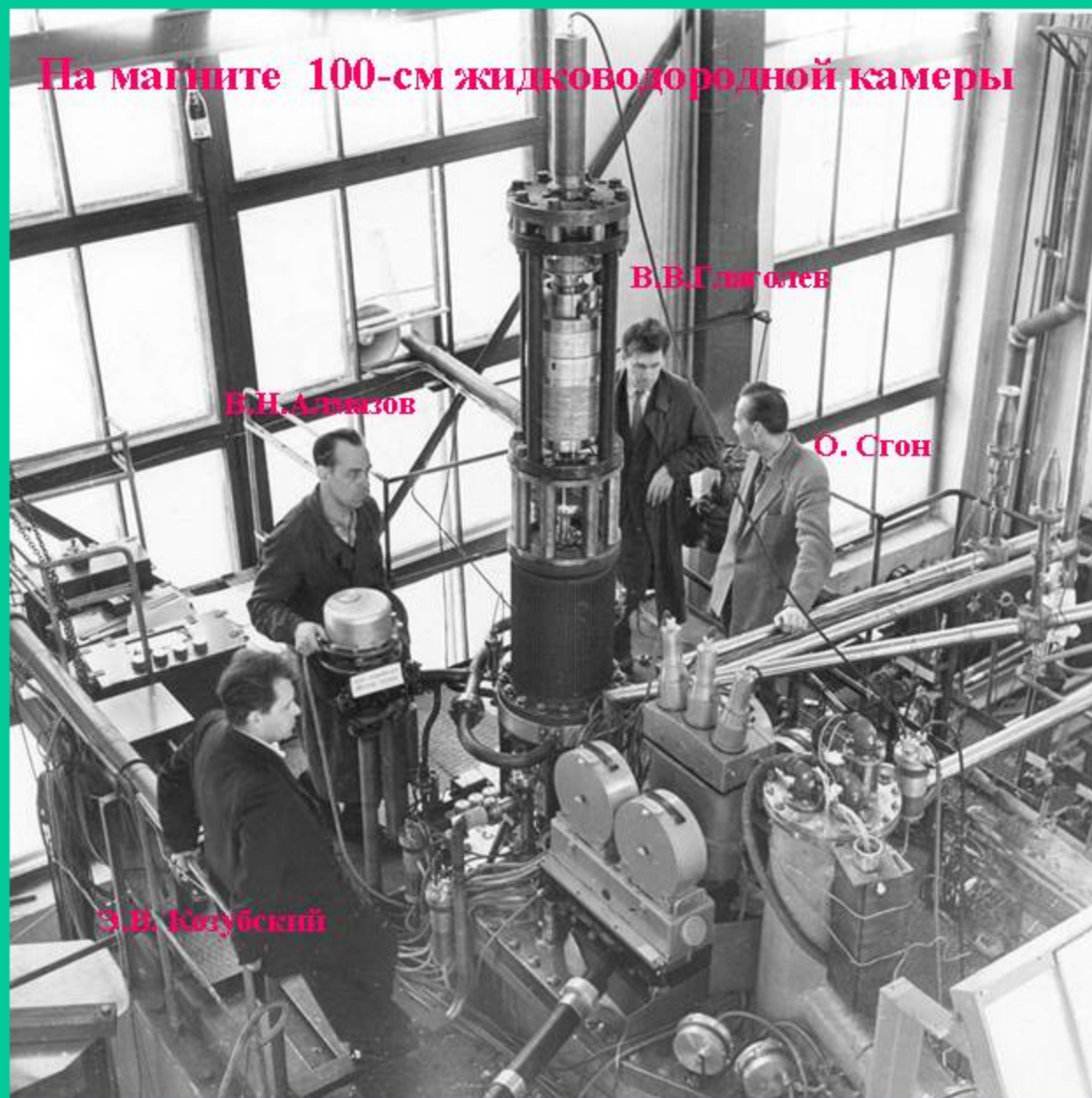
Е.П.Устенко

10.10.07

100 лет В.И.Вегелеру, 50 лет
статрофазотрону
В.В.Сайтову

13

На магните 100-см жидководородной камеры

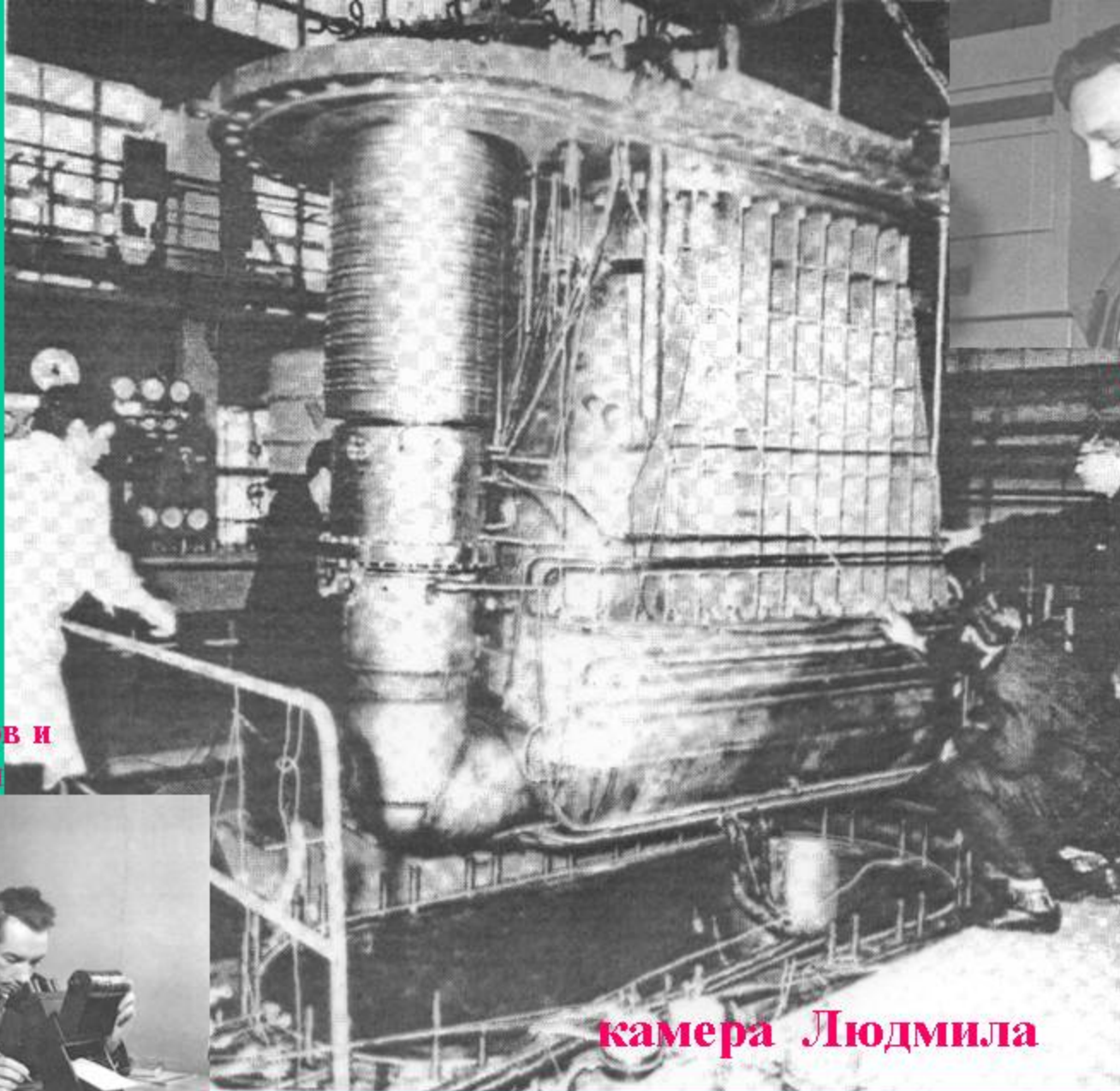


В.В. Глаголев

В.Н. Алызов

О. Сгон

Э.В. Козубский



И.М.Граменицкий

**Н.М.Вириасов и
Ю.Д.Зернин**

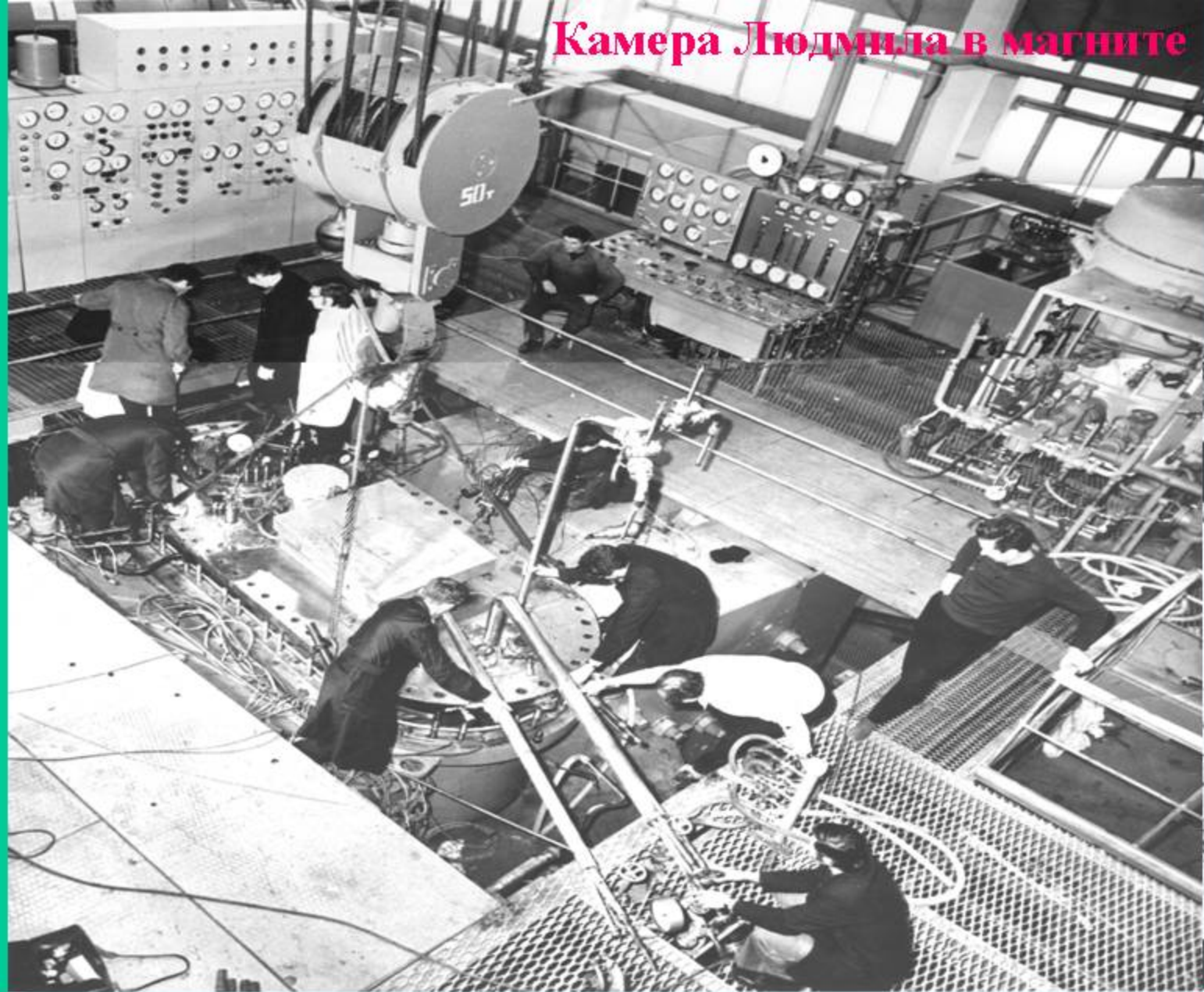


камера Людмила

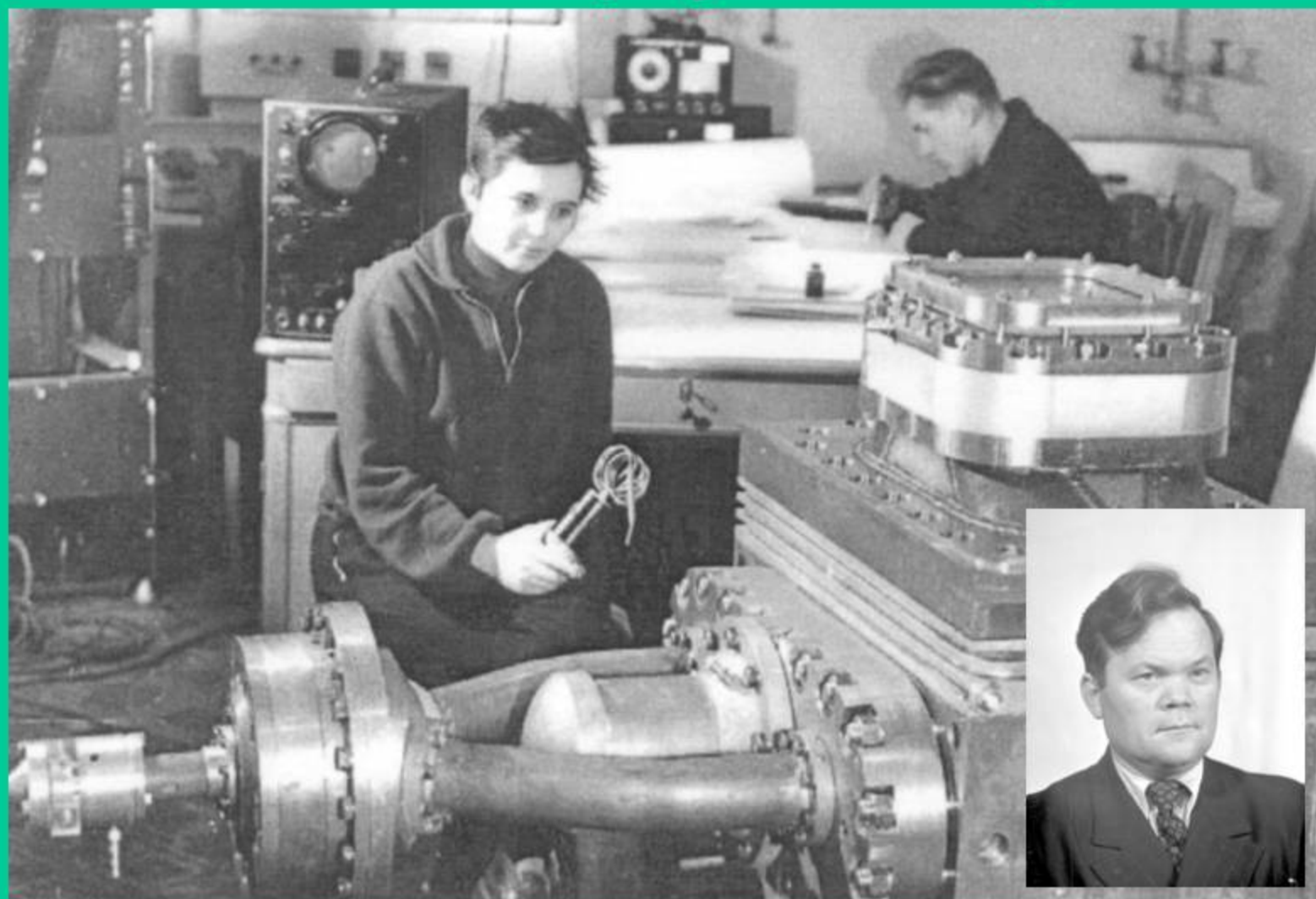
10.10.07

100 лет В.И.Вегелеру, 50 лет
статрофазотрону
В.В.Савилову

Камера Людмила в магните



50 см ксеноновая пузырьковая камера



2. Сотрудничества

Пузырьковые камеры позволяли работать «на расстоянии». Полученные фотоснимки обрабатывались во многих лабораториях сотрудничества. В общую работу вовлекались десятки институтов и сотни физиков. Так, например, в коллаборации пропановых камер принимали участие физики из 16 стран, в сотрудничестве 100-см водородной камеры участвовало более 200 физиков из 19 лабораторий 11 стран. На метровой пропановой камере (ПК 200) работали и на её материалах защитили диссертации научные сотрудники из Протвино (Россия), Праги (Чехия), Кошице (Словакия), Тбилиси (Грузия), Еревана (Армения), Минска (Белоруссия), Баку (Азербайджан), Стамбула Турция.

Сотрудничество пропановых камер



10.10.07

100 лет В.И.Векслеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.В.Глаголев

19



Сотрудничество 100-см жидководородной камеры

10.10.07

100 лет В.И.Векслеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.В.Глаголев

20

Несколько слов об обработке событий.

В ряде лабораторий (Москва, Варшава, Кошице, Ташкент, Тбилиси и др.) был налажен полный цикл обработки событий вплоть до создания лент суммарных результатов (DST).

В ОИЯИ обработка постепенно развивалась и автоматизировалась. Был пройден путь от примитивных стереолуп и калькуляторов до полуавтоматов и автоматов типа НРД с использованием современных математических алгоритмов (как своих, так и из CERNa) на больших ЭВМ.

Огромный вклад в эту работу внесла Лаборатория вычислительной техники и автоматизации при активном и конкретном участии М.Г.Мещерякова, Н.Н.Говоруна, В.Г.Иванова, В.И.Мороза, В.М.Котова, Е.С.Кузнецовой, А.Г.Заикиной, А.Дирнера, В.В.Первушова, Я.Балгансурэна и многих других.

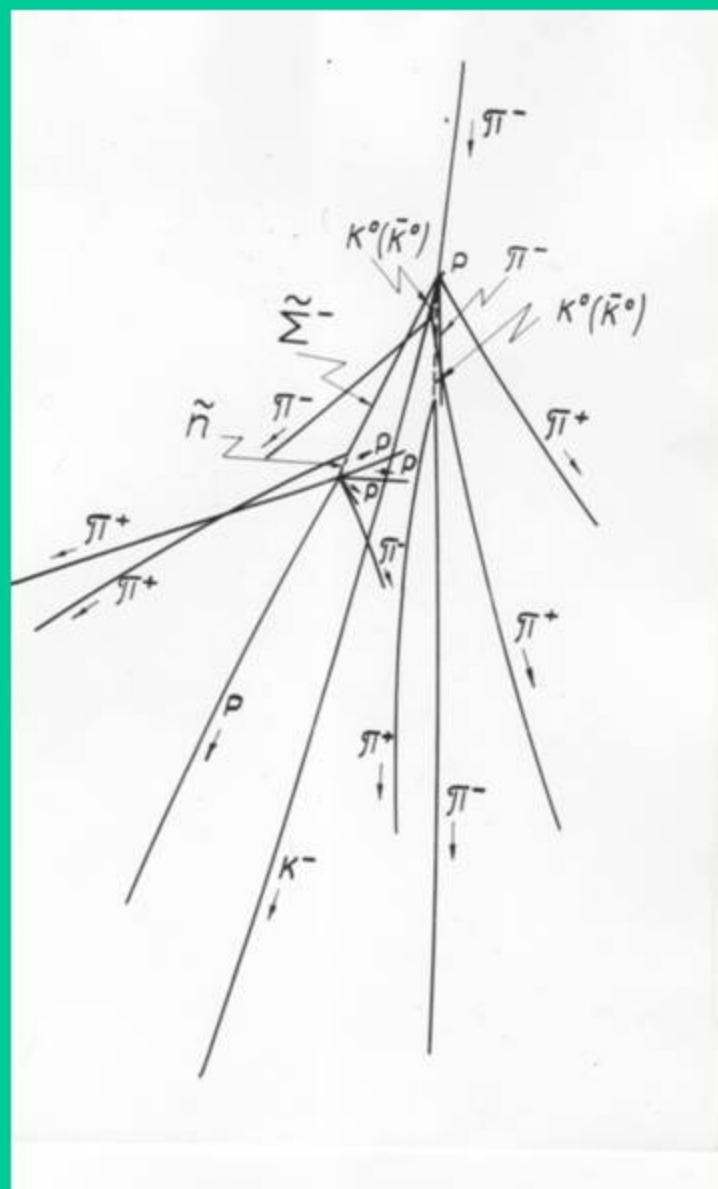
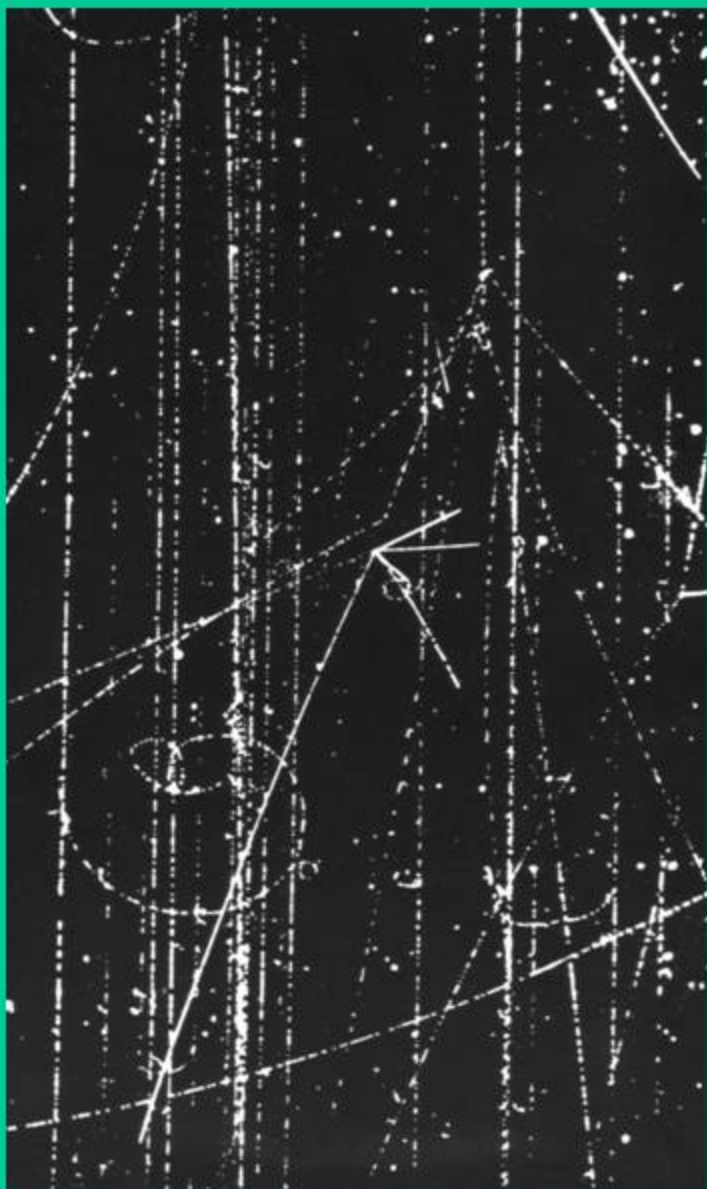
3. Избранные результаты

В рамках отведенного на доклад времени невозможно описать в деталях все многообразие результатов, полученных на пучках ЛВЭ с помощью пузырьковых камер. Ограничусь перечислением наиболее важных из них

▪ **Пропановые камеры ЛВЭ.**

- Открытие антисигмаминус гиперона в π -минус-С взаимодействиях при 8,3 ГэВ/с.**
- Поперечные сечения рождения странных частиц**
- Обнаружение эффекта интерференции тождественных пионов с оценкой радиуса областей их испускания в π -р , π -С , dTa, α Ta, STa – взаимодействиях**
- Изучение образования пионных резонансов**
- Образование кумулятивных пионов и протонов в π -С взаимодействиях**
- полное разрушение ядра углерода**
- поиск пентакварка и др.**

Фото и реконструкция события с рождением антисигмаминус гиперона



10.10.07

100 лет В.И.Векслеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.В.Гладкову

23



Авторы
открытия:

В.И.Векслер,
Н.М.Вирысов,
Е.Н.Кладницкая,
А.А.Кузнецов,
А.В.Никитин,
М.И.Соловьев,
И.Врана,
А.Михул,
Ким Хи Ин,
Нгуен Тин Ты,
Ван Ганчан,
Ван Цуцзи,
Дин Дацао

1960 год

10.10.07

100 лет В.И.Векслеру, 50 лет
супергетеродину
В.В.Гаврилю

24

Зарядовая асимметрия в π -столкновениях

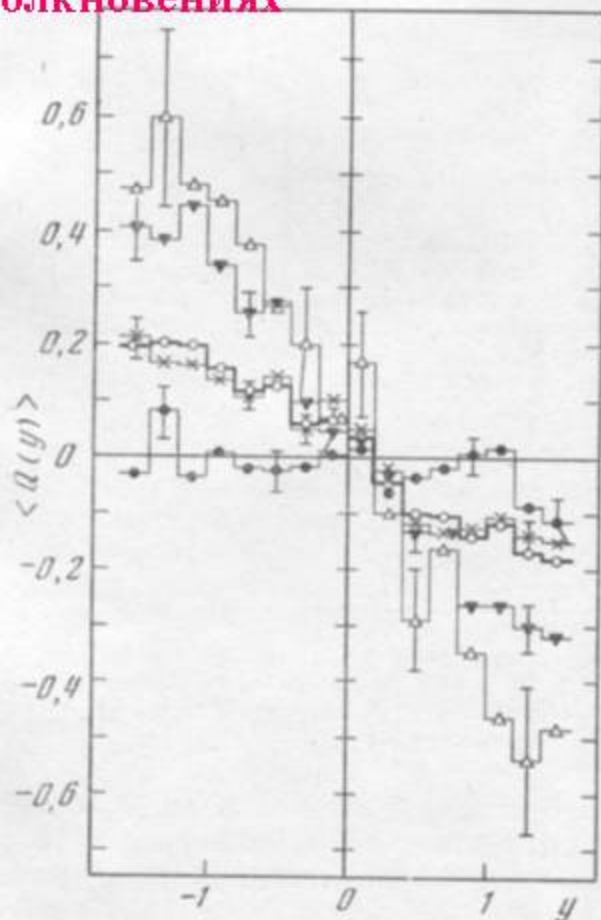


Рис. 2. Распределение среднего заряда по быстройте в центральной области для различных интервалов поперечного импульса: \bullet — $p_{\perp} < 0,2$ Гэв/с, \times — $0,2 < p_{\perp} < 0,5$ Гэв/с, \blacktriangledown — $0,5 < p_{\perp} < 1$ Гэв/с, \triangle — $p_{\perp} > 1$ Гэв/с, \circ — все p_{\perp} .

Коллективный поток в СС-взаимодействиях

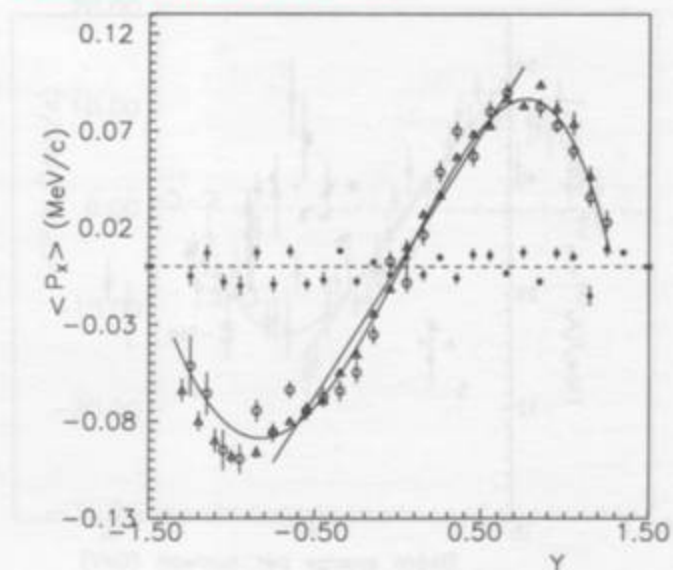
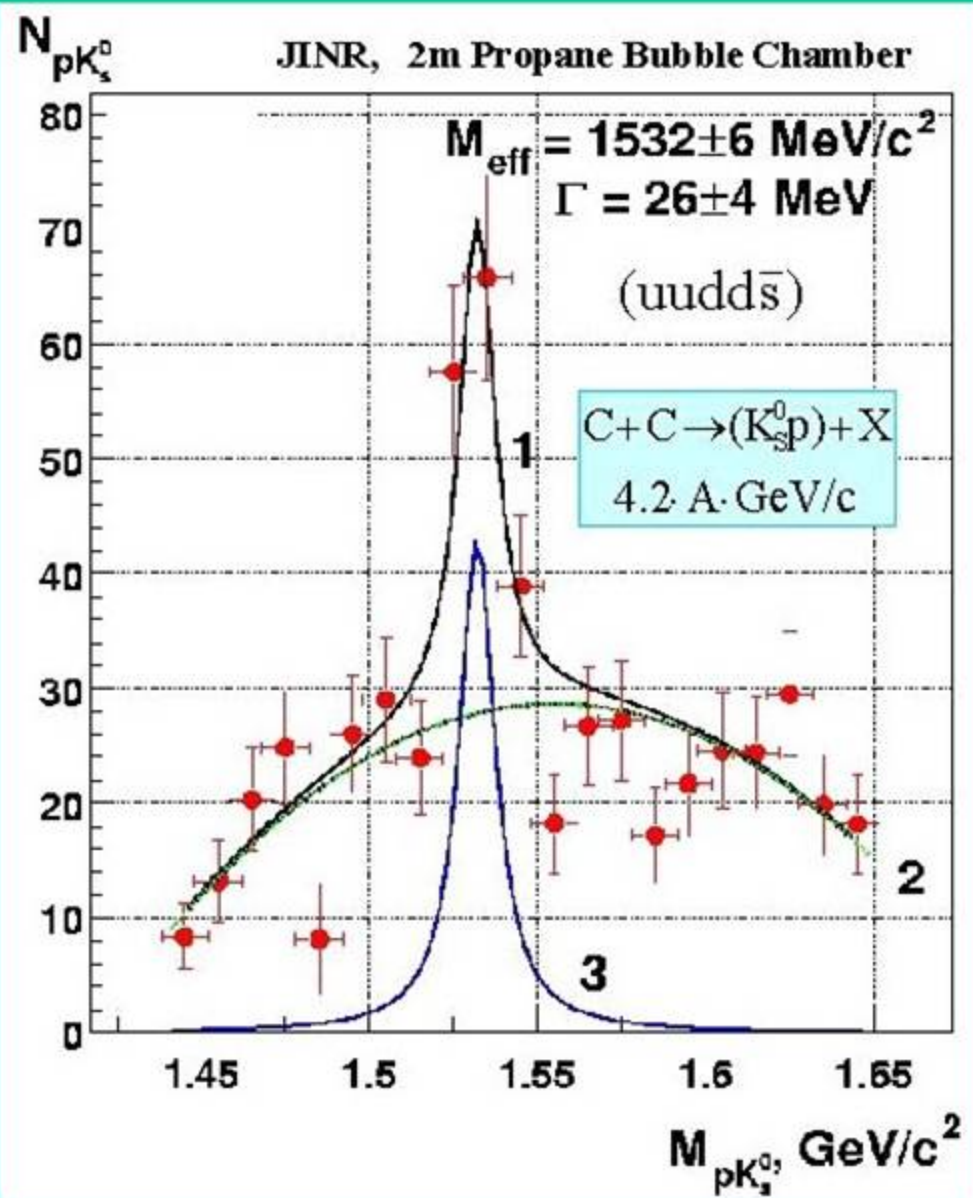


Fig.2 The dependence of $\langle p_x(y) \rangle$ on y for protons in CC collisions in c.m.s. \circ - the experimental data, \triangle - QGSM generated data for fixed $b = 2.65$ fm, $*$ - events composed by randomly selected tracks from different events (within the same multiplicity range). The solid line is the result of the linear approximation of experimental data in the interval of $y - 0.75 \div 0.75$. The solid curve for visual presentation of experimental events - result of approximation by 4-th order polynomial

Сигнал
пентакварка в
пропановой
камере



Пропановая камера ЛЯП (ПК 200)

Работала в пучке π^- -мезонов импульса 5 ГэВ/с.

---рождение странных частиц

---множественное образование π^0 -мезонов

---ранний скейлинг

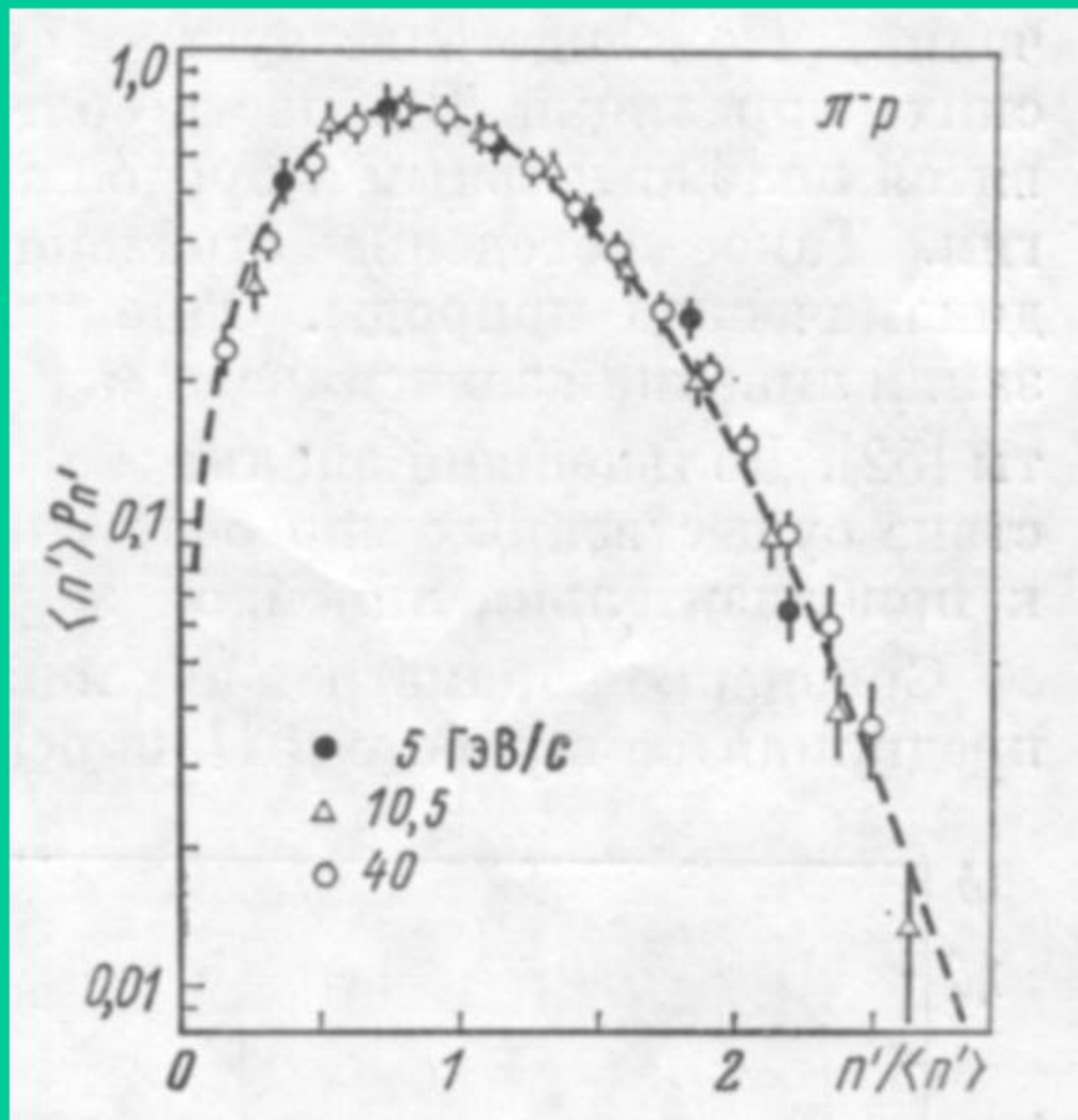
---когерентное рождение π -мезонов на углероде

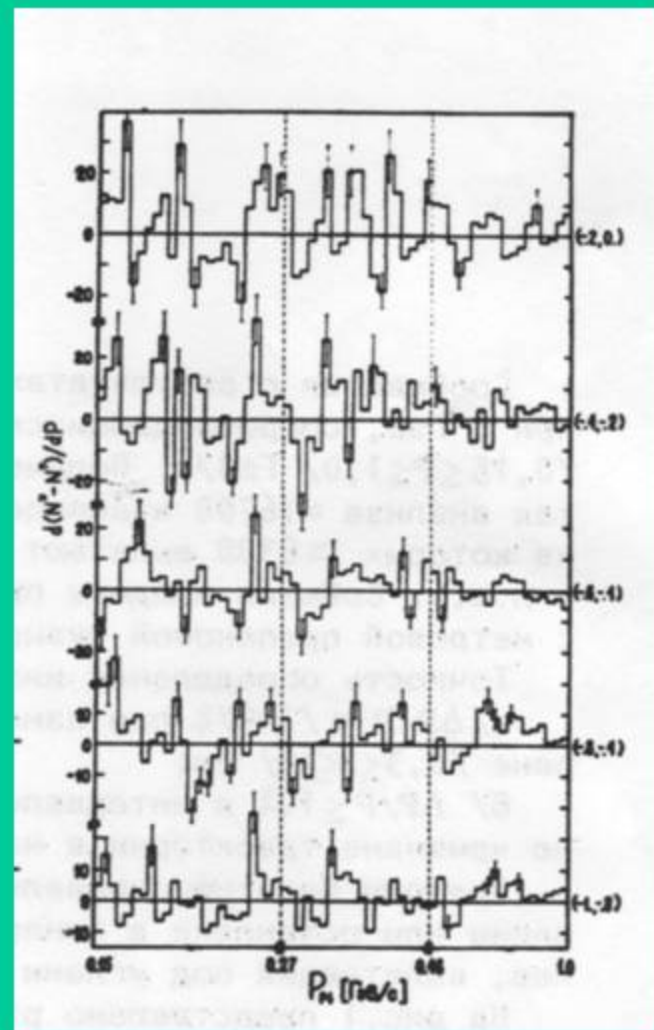
---осцилляции в импульсных спектрах протонов

и др.

Ик 200

Ранный скейлинг





Осцилляции в спектрах протонов

100-см водородная камера

Работала с 1965 по 1992 год. Пучки: π^- , n , d , ^3He , ^4He , ^{16}O

--- промежуточные изобарные состояния

---пространственные корреляции в развале дейтрона

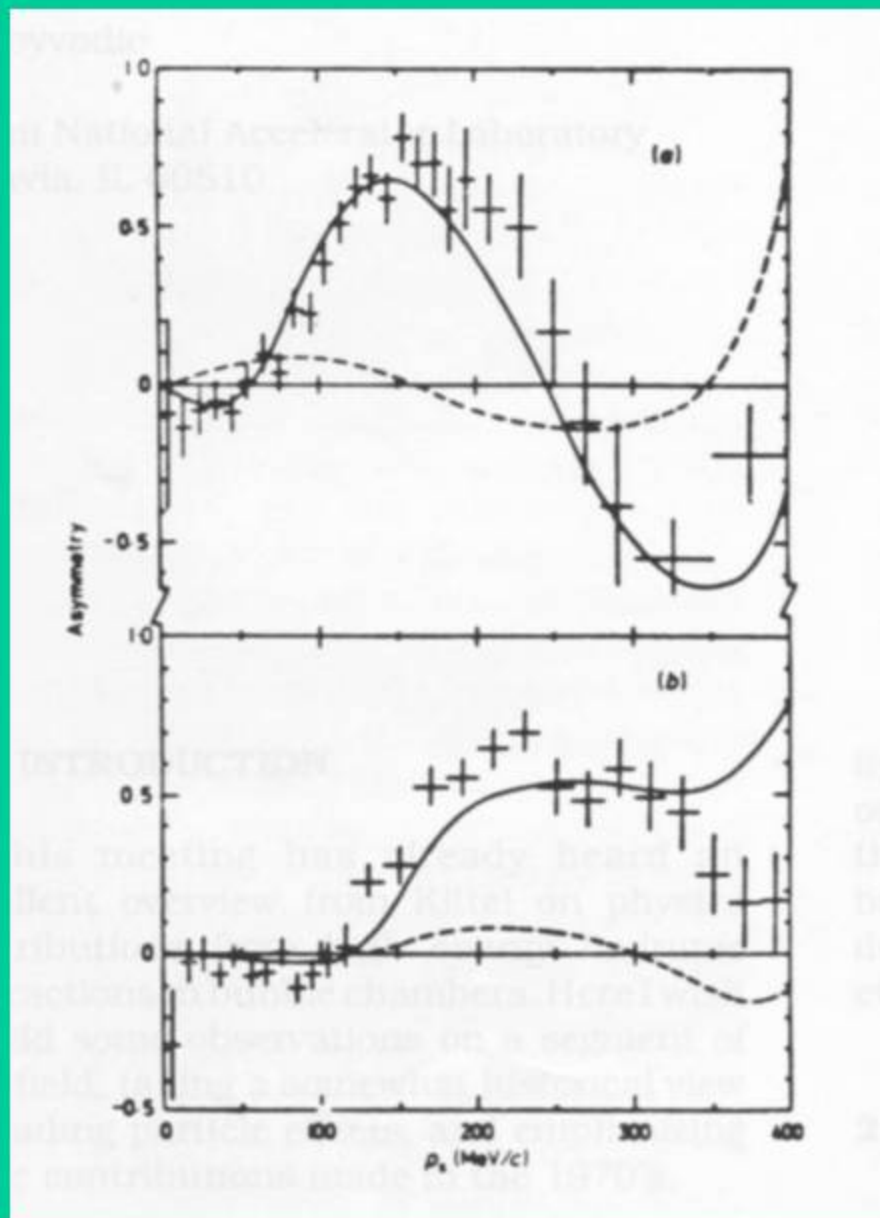
---поиск дибарионов

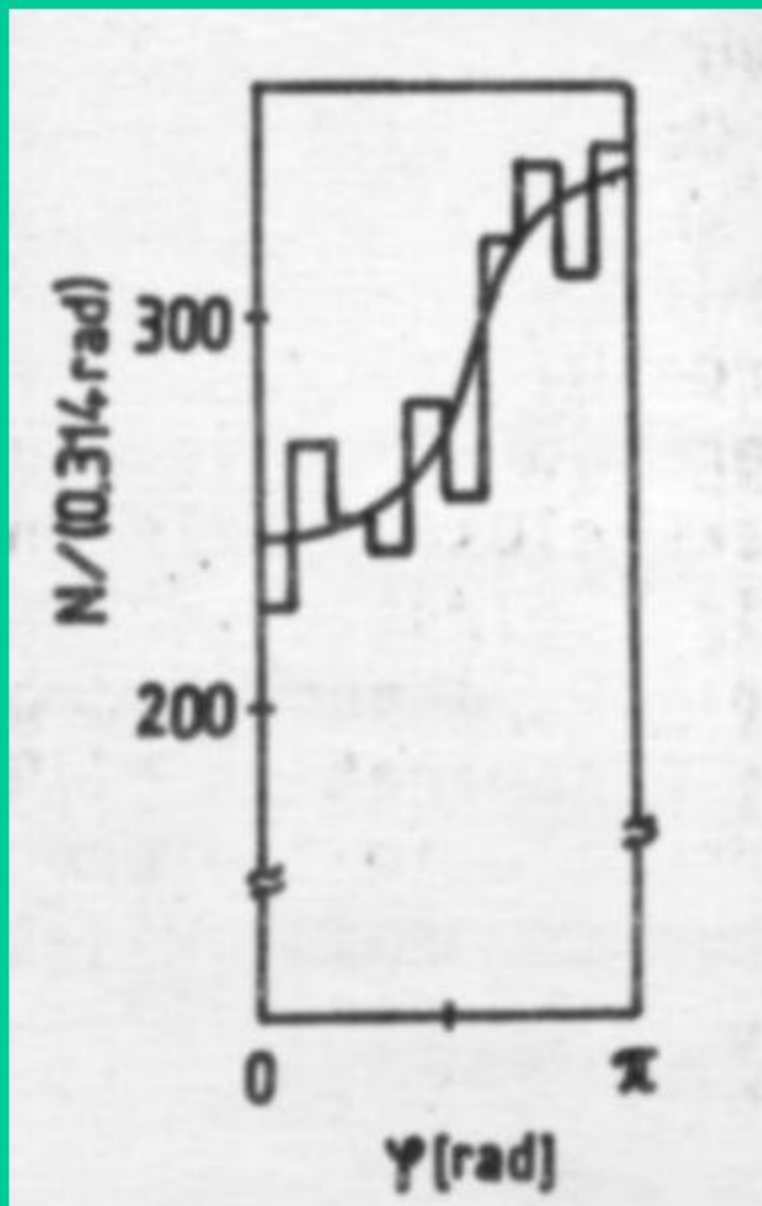
---измерение поляризации ускоренных дейтронов
(1986)

---фрагментация легких ядер

---поиск пентакварков и σ^0 -мезона

Пространственные корреляции в развале дейтрона





Ю.К. Пилипенко

**Источник поляризованных
дейтронов Полярис на
синхрофазотроне.**

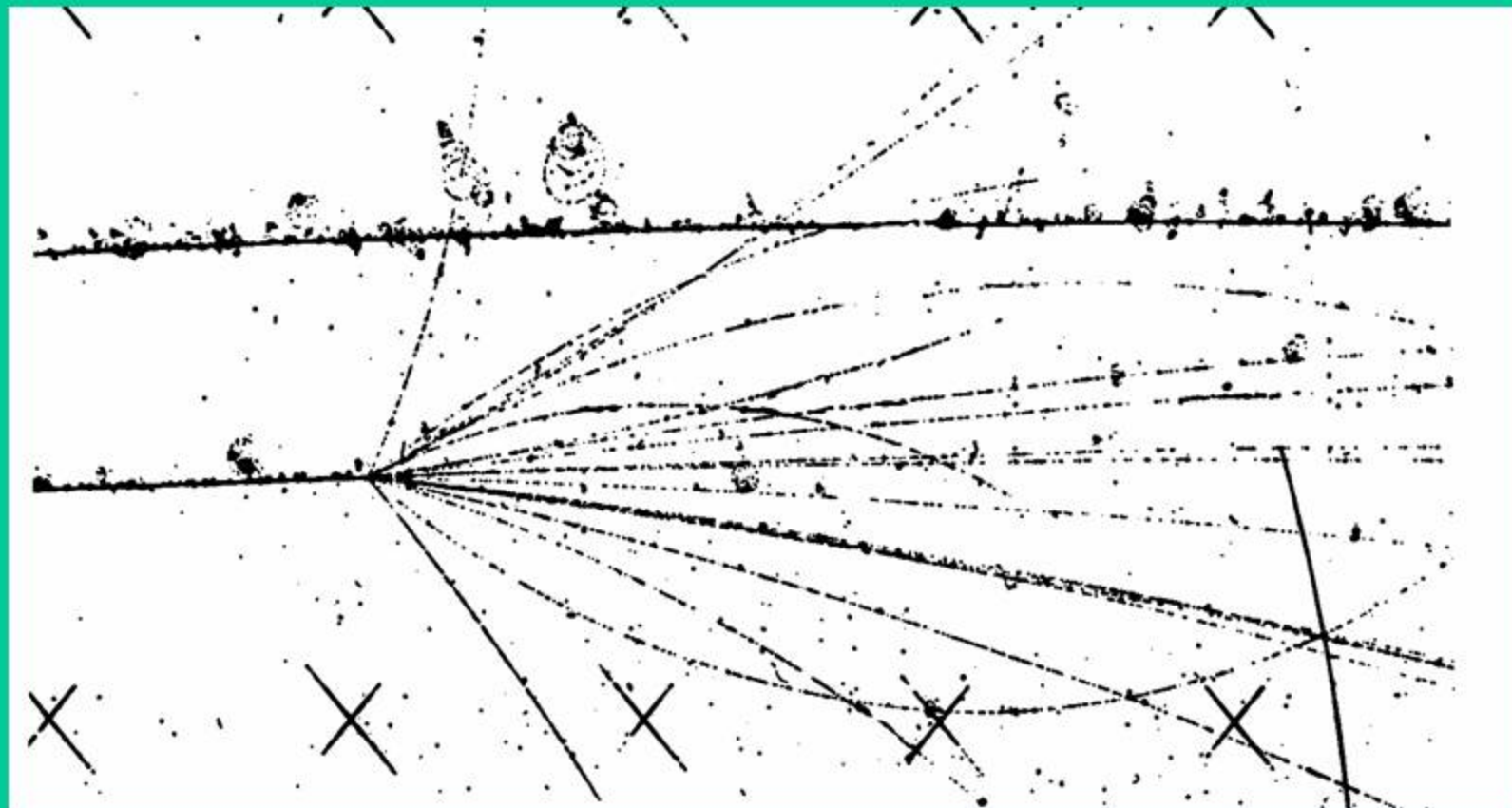
Протвино, 1986 г.

$P_z = 0.58 \pm 0.08$

**100-см водородная
камера**



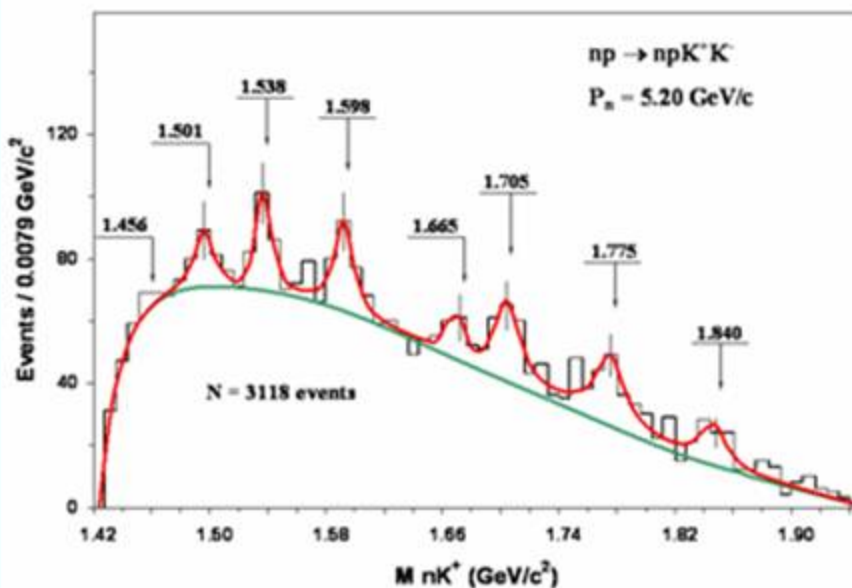
Полное разрушение ядра фтора на протоне в водородной камере





Ю.А. Троян

BARIONIC RESONANCES
WITH POSITIVE STRANGENESS $S=+1$
from HBC

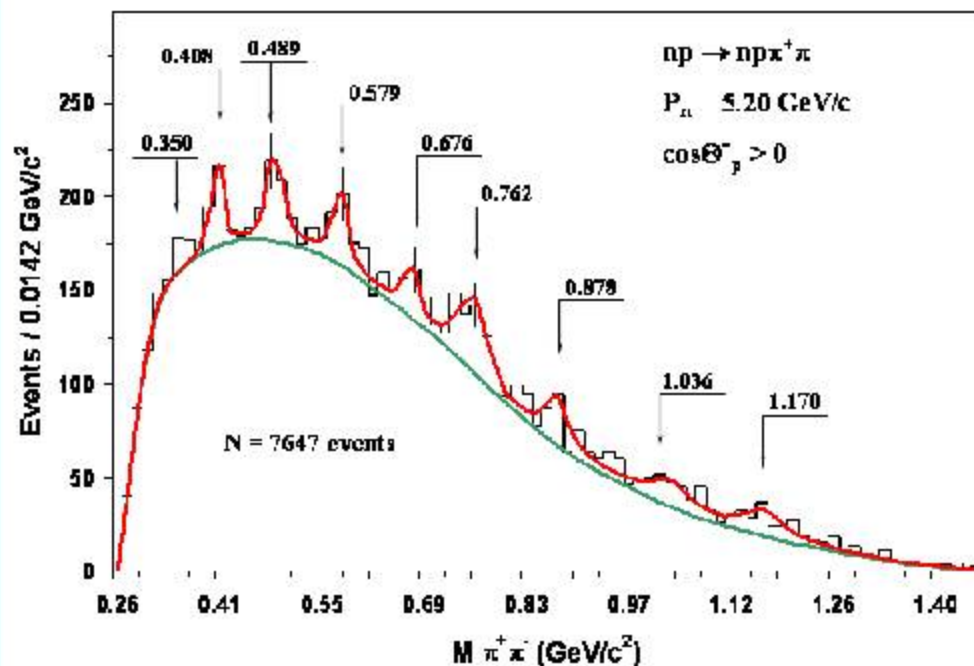


	$M_{\text{res}} \pm \Delta M_{\text{res}}$ MeV/c^2	$\Gamma_{\text{tot}} \pm \Delta \Gamma_{\text{tot}}$ MeV/c^2	$\Gamma_{\text{p}} \pm \Delta \Gamma_{\text{p}}$ MeV/c^2	S.D.	σ_{th}
1	1501 ± 5	13 ± 8	12 ± 8	2.6	6 ± 4
2	1538 ± 3	9 ± 4	5 ± 5	4.1	10 ± 4
3	1598 ± 4	13 ± 5	9 ± 5	4.3	11 ± 4
4	1665 ± 4	8 ± 7	10 ± 7	2.6	5 ± 3
5	1705 ± 4	19 ± 6	13 ± 7	5.8	11 ± 3
6	1775 ± 4	29 ± 9	23 ± 9	6.3	13 ± 4
7	1840 ± 5	18 ± 7	25 ± 9	5.5	7 ± 2



В.И. Мороз

Сигналы σ^0 в водородной камере



	$M_{\Gamma} \pm \Delta M_{\Gamma}, \text{ MeV}/c^2$	$\Gamma \pm \Delta \Gamma, \text{ MeV}/c^2$	S.D.	$\sigma_{\mu\text{b}}$
1	408.0 ± 3.0	11.0 ± 8.0	3.5	12 ± 6
2	489.0 ± 3.0	20.0 ± 10.0	4.0	20 ± 8
3	579.0 ± 5.0	17.0 ± 14.0	3.8	18 ± 8
4	676.0 ± 7.0	11.0 ± 14.0	3.0	11 ± 6
5	762.0 ± 11.0	53.0 ± 33.0	6.1	26 ± 8
6	878.0 ± 7.0	30.0 ± 14.0	3.6	11 ± 5
7	1036.0 ± 13.0	61.0 ± 30.0	5.1	15 ± 5
8	1170.0 ± 11.0	65.0 ± 33.0	5.8	11 ± 4

Камера Людмила (2м)

Сооружена и испытана в ЛВЭ в 1969 году

Работала в ИФВЭ на пучках антипротонов (22,4 ГэВ/с) и антидейтронов (12,0 ГэВ/с) до 1990 года

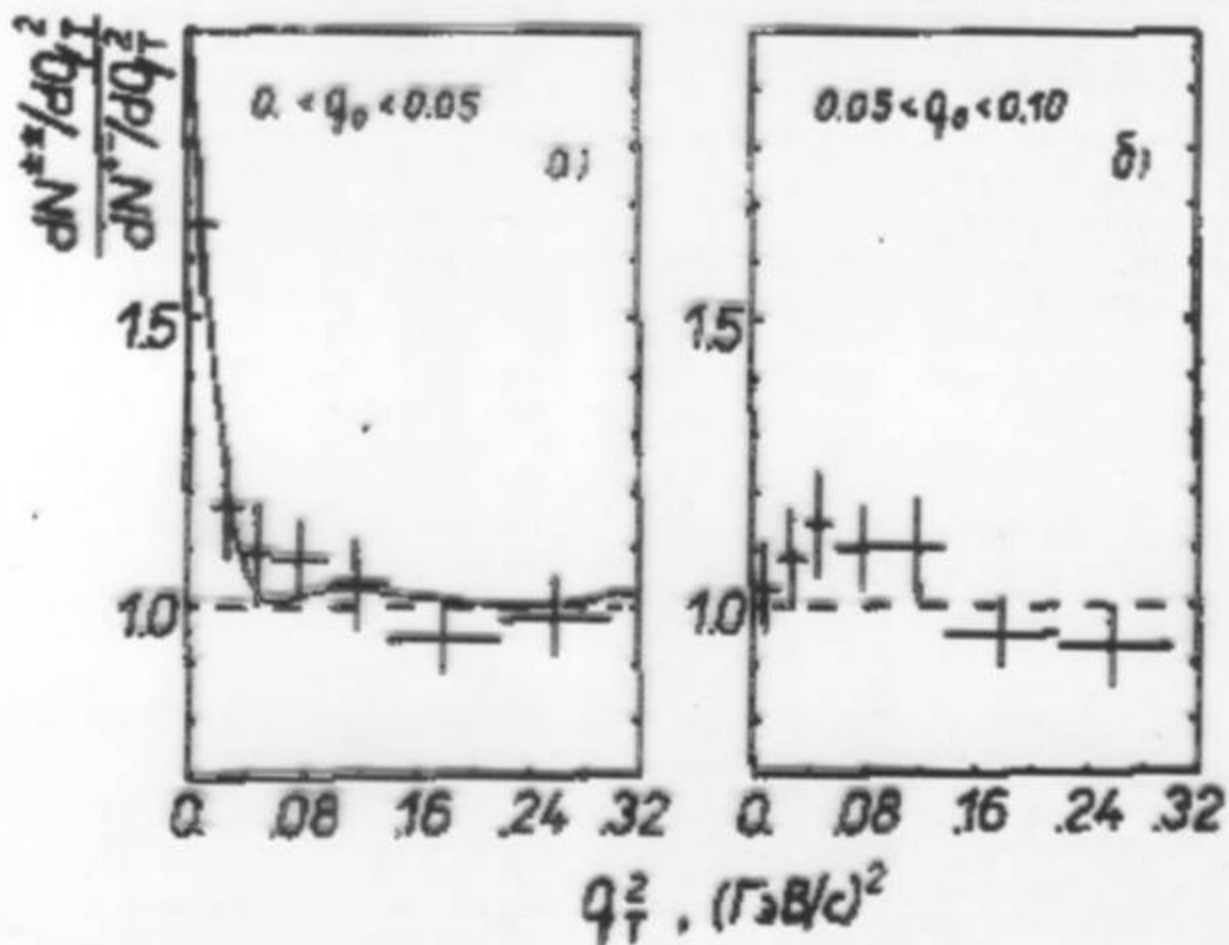
--- интерференционные корреляции тождественных пионов

---рождение мезонных резонансов

---спиновые эффекты при образовании ρ^0 - мезонов

---изучение анти-d - d взаимодействий

Корреляции тождественных пионов в анти-p-p
столкновениях на Людмиле $\langle R \rangle = 2.4 \pm 0.3$ Фм



Трекочувствительная внутренняя дейтериевая мишень в камере Людмила



10.10.07

100 лет В.И.Вегелеру, 50 лет
синхрофазотрону
В.В.Гавриле

38

Ксеноновая пузырьковая камера

Облучалась в пучке π^- - мезонов с импульсом 9 ГэВ/с на синхрофазотроне ЛВЭ. Работала без магнитного поля.

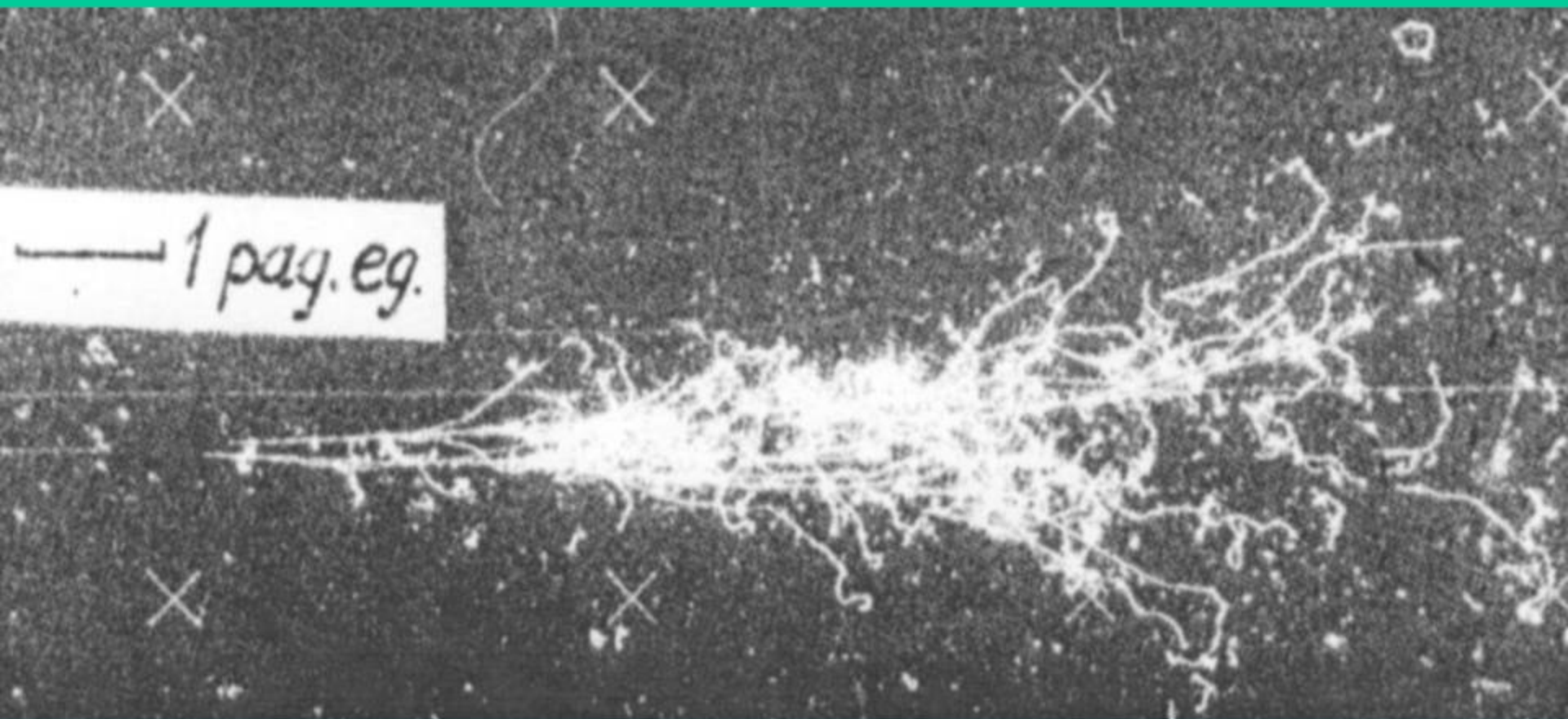
Благодаря малой радиационной длине (11 см) имела высокую эффективность регистрации γ - квантов.

На фотографии приводится пример регистрации пары γ - квантов от распада π^0 - мезона (ксеноновая камера ИТЭФ)

По предложению В.И.Векслера исследовалось квазиупругое пион - нуклонное рассеяние на событиях с отсутствием γ - квантов.

Обработку материала проводила польская группа под руководством Збигнева Стругальского.

Пример ливней двух γ -квантов от распада π^0 (ИТЭФ)



ПОСЛЕСЛОВИЕ

(жизнь после «смерти»)

1. Продолжается в ряде Лабораторий обработка накопленного материала (Ташкент, Варшава, Дубна...)
2. Созданы базы данных, которые используются при постановках новых экспериментов электронной методикой (COSY, Нуклотрон...)
3. Выросли квалифицированные специалисты, успешно работавшие и работающие во многих физических центрах мира с применением новейших методик. Многие из них занимали солидные руководящие посты в науке (и не только).

Перечислю некоторых из них: Нгуен Дин Ты (Вьетнам), Б.С.Юлдашев, К.Г.Гулямов (Узбекистан), Дин Дацао (Китай), М.Семан (Словакия), Я.Седлак (Чехия), Н.С.Амаглобели, Р.Г.Салуквадзе, М.С.Ниорадзе (Грузия), Б.Чадраа (Монголия) и другие.

Докладчик весьма признателен тем, кто помогал в подборе материала для этого сообщения, а именно:

**С. Г. Аракелян,
Ю.А.Будагову,
Ю.П.Бушуеву,
И.М. Граменицкому,
З.П. Кузнецовой,
Е.Н. Кладницкой,
Г. Мартинской,
Ю.К. Пилипенко,
Е.Б. Плеханову,
Ю.А. Трояну
В.Б. Флягину,
И.Ю. Щербаковой и другим.**

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ.