



# 100 лет - В.И.Векслеру, 50 лет - синхрофазотрону



## *В.И.ВЕКСЛЕР –*

*Основатель Лаборатории высоких энергий ОИЯИ, основоположник экспериментальной физики высоких энергий ( физики элементарных частиц) в Советском Союзе*





# Содержание



- ❖ Введение
- ❖ Основные даты жизни и творчества
- ❖ В.И.Векслер – основатель ЛВЭ ОИЯИ
- ❖ Прогресс в детекторах от Векслера до наших дней
- ❖ Прогресс в ускорителях
- ❖ Открытия на ускорителях
- ❖ Заключение



# Введение 1



**Векслер Владимир Иосифович** принадлежит к числу выдающихся физиков, с которыми он сотрудничал в АН и ОИЯИ:



В. И. Векслер и И. М. Франк на сессии Ученого совета ОИЯИ, 1964 г.

*Вавилов Сергей Иванович*  
*Скобельцын Дмитрий Владимирович*  
*Иоффе Абрам Федорович*  
*Франк Илья Михайлович*  
*Тамм Игорь Евгеньевич*  
*Ландау Лев Давыдович*  
*Вернов Сергей Николаевич*  
*Черенков Павел Алексеевич*  
*Марков Моисей Александрович*  
*Блохинцев Дмитрий Иванович*  
*Померанчук Исаак Яковлевич*  
*Келдыш Мстислав Всеволодович*  
*Боголюбов Николай Николаевич*  
*Логунов Анатолий Алексеевич*  
*Флеров Георгий Николаевич*  
*Понтекорво Бруно Максимович*  
*и мн. другие*



Н. Н. Боголюбов и В. И. Векслер, 1965 г.



В. И. Векслер, В. В. Владимирский, Д. И. Блохинцев, 1965 г.



# Введение 2



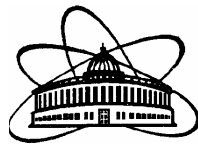
Заметив в молодом инженере-электротехнике искры таланта и кипучую энергию, старшие товарищи – академики Вавилов С.И. и Скобельцын Д.В. – пригласили его в 1936 г. в святая святых академической науки – Физический институт АН для исследовательской работы в совершенно новой в то время области – ядерной физике. Они об этом никогда не сожалели. Очень скоро Векслер В.И. стал лидером, сначала небольшой группы, а потом большого коллектива, который угрожал "«подмять"»под себя весь ФИАН. Но В.И., как его многие называли за-глаза, увлекся не ядерной физикой, как мы ее понимаем сейчас, а элементарными частицами, источником которых в то время были только космические лучи.



В. И. Векслер с женой Ниной Александровной Сидоровой на Памире.  
Чечекты, 1947 г.



# Введение 3



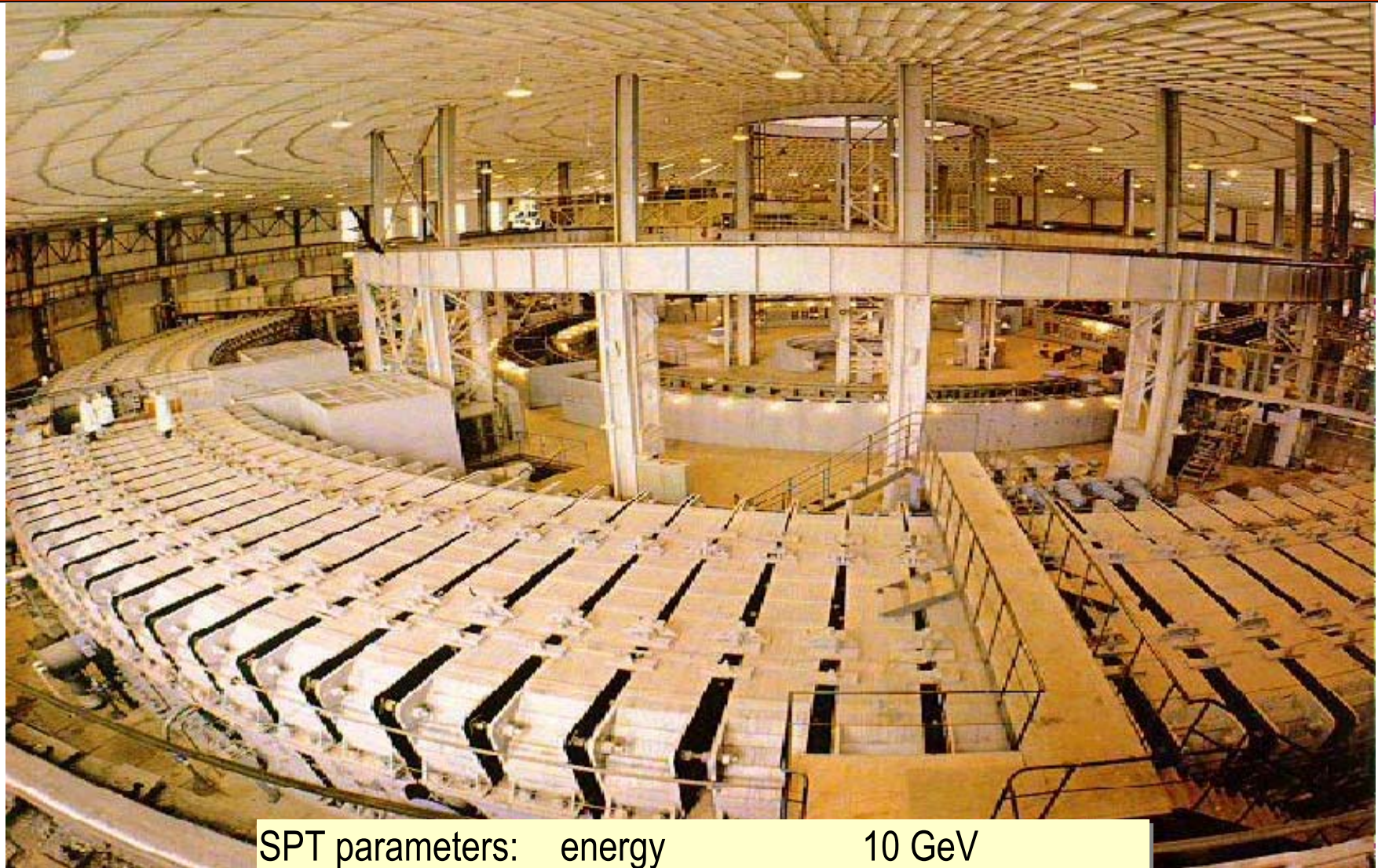
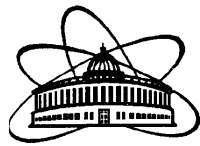
Убедившись в ограниченности возможностей этого источника, Векслер задумался над другим - возможностью использования ускорителей заряженных частиц, которые в то время были уже открыты и построены, но только до энергий в несколько MeV. Решение (см. В.И.Векслер, «Новый метод ускорения релятивистских частиц» Докл. АН СССР, 1944, т.XLIII, №8, с.346-348) было найдено «на пальцах», вернее с помощью «комбинации из трех пальцев»:

$$T \sim \frac{E}{H}$$

т.е. при постоянном периоде обращения (Т) по круговой орбите рост энергии ускоряемых частиц (Е) должен быть синхронизован с ростом магнитного поля (Н), удерживающего частицы на этой орбите. Гениально просто, когда это сказано. Но как трудно реализовать эту простоту технически, знают специалисты и люди, хотя бы раз видевшие современные ускорители.



# Введение 4



SPT parameters:	energy	10 GeV
	intensity	$4 \cdot 10^{12}$ ppp

И.А.Савин, 10 октября 2007



# Введение 5



Нильс Бор, И. Е. Тамм, В. И. Векслер. 1961 г.

Один из них – Н.Бор, посещая Дубну, сказал Векслеру: «Чтобы задумать и построить такое сооружение, нужна была большая смелость».



# Даты



- 4 марта 1907 родился, Житомир;
- 1921-1925 детский дом, Москва;
- 1925-1927 электромонтер, текстильная фабрика;
- 1927-1931 студент, Институт народного хозяйства им.Плеханова



Вовда Веселер с матерью Региной Владиславовной. 1917 г.



В. Н. Веселер — электромонтер на текстильной фабрике им. Ж. М. Свердлова. 1927 г.





# Даты, ВЭИ



## Всесоюзный энергетический институт (ВЭИ): «инженер-электротехник»

1931-1936

занимал должности от мл.лаборанта – до заведующего лабораторией, Лаборатория рентгеноструктурного анализа ВЭИ,

Развитие методов регистрации рентгеновского излучения, в том числе с помощью:

- гейгеровских счетчиков,
- пропорциональных счетчиков и
- ионизационных камер.

в 1935

защитил кандидатскую диссертацию по «Изучению структуры Ферромагнетиков в точке Кюри».





# Даты, ФИАН, 1



1936-1953 работа в ФИАН,

в 1940 защитил докторскую диссертацию: «Тяжелые частицы в космических лучах»,

в 1946 избран Член-корреспондентом АН СССР,

в 1949 основал Кафедру ускорителей в МГУ;

1. Продолжение развития методов регистрации излучений : Векслер В., Грошев. Л., Исаев В. «Ионизационные методы исследования излучений» Москва, Гостехиздат, 1949
2. Экспедиции для исследования космических лучей: на Эльбрус -1938-1940 гг., на Памир - 1944-1948 гг.

В результате этих экспедиций были:

- открыты тяжелые частицы (протоны и ядра) в составе космических лучей;
- открыты процессы множественного рождения частиц во взаимодействиях космических лучей в атмосфере;
- открыты ядерно-электронные ливни.



На Памире, 1947 г.



Подготовка к восхождению на седло Эльбруса, 1938 г.



# Даты, ФИАН, 2

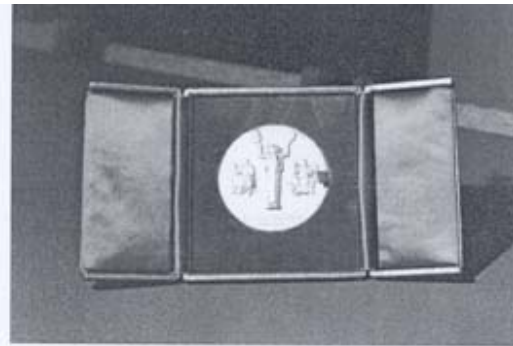


## 3. Работы по ускорителям, в результате которых:

- открыт принцип автофазировки, 1944,
- предложен МИКРОТРОН, 1944,
- сооружен СИНХРОТРОН 30 MeV, 1947,
- сооружен СИНХРОТРОН 250 MeV, 1949,
- создан проект СИНХРОФАЗОТРОНА, 10 GeV, 1951,
- построена модель СИНХРОФАЗОТРОНА, 180 MeV, 1953,
- построена модель СИНХРОФАЗОТРОНА, 680 MeV, 1954,
- предложены новые методы ускорения, ~1955.



Визит в ОИЯИ президента АН СССР М. В. Келдыша.  
Слева направо: ..., В. И. Векслер, А. А. Логунов, Б. М. Понтекорво, ...,  
И. М. Франк, В. П. Джелатов, ..., М. В. Келдыш. 1962 г.



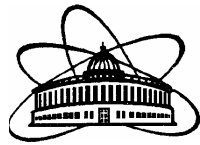
Медаль, присуждаемая вместе с Международной премией «Атом для мира»,  
которую В. И. Векслер и Э. Макмиллан получили за открытие  
принципа автофазировки в 1963 г. в США



В. И. Векслер и Э. Макмиллан. Дубна, 1963 г.



# В.И.Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 1



ТДС-ЭФЛАН- В.И.Векслер – создатель и первый директор ЛВЭ, 1953-1966

Исследовательская лаборатория по физике высоких энергий включает:

- ускоритель,
- инженерную инфраструктуру для подготовки и проведения экспериментов,
- научные подразделения, владеющие техникой регистрации и обработки данных, разрабатывающие ближайшие и перспективные планы исследований.

В.И.Векслер создал все:

- Синхрофазотрон, 10 GeV – крупнейший в мире ускоритель, триумфально подтвердивший принцип автофазировки при максимально достигнутой в то время энергии,
- Инженерные службы – мастерские, Криогенный отдел, ЭТО, Электронный и др.,
- Научные отделы, подготовившие научную программу и разнообразную методику исследований.

Полный штат сотрудников ЛВЭ при Векслере был около 1000 человек.



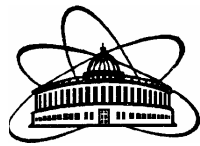
С. Н. Юров, В. И. Векслер, К. Н. Челов. 60-е годы



Л. П. Зиновьев, В. И. Векслер, В. А. Петухов. 1960 г.



# В.И.Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 2



## Ближайшими помощниками В.И. Векслера в ЛВЭ были:

Павлов Николай Иванович,  
 Чувило Иван Васильевич,  
 Зиновьев Леонид Петрович,  
 Чехлов Константин Васильевич,  
 Казанский Георгий Сергеевич,  
 Зельдович Александр Григорьевич,  
 Соловьев Михаил Иосифович,  
 Свиридов Виктор Алексеевич,  
 Малашкевич Николай Иванович,  
 Потапов Илья Николаевич

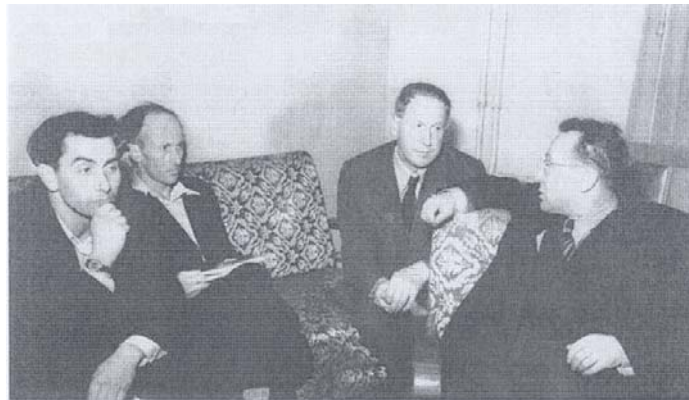


В. И. Векслер (слева) и В. Е. Саранцев. 1962 г.

Петухов Валентин Афанасьевич  
 Кулакова Евгения Михайловна,  
 Попиненкова Лидия Михайловна,  
 Беляев Лев Николаевич,  
 Иссинский Игорь Борисович  
 Саранцев Владислав Павлович  
 Вирясов Николай Матвеевич,  
 Есин Сергей Константинович,  
 Мызников Кирилл Петрович,



В. И. Векслер и Н. И. Павлов. 1964 г.



Справа налево: В. И. Векслер, М. А. Марков, А. Л. Любимов, Э. О. Оконов.  
60-е годы



И. В. Чувило и В. И. Векслер. 1964 г.



# В.И.Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 3



*Научная программа ЛВЭ в 1953-1966 гг.* формировалась с учетом имевшихся в мире данных, полученных в космических лучах и на ускорителях при меньших энергиях, при участии известных во всем мире физиков-теоретиков:

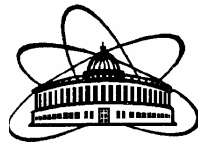
Маркова Моисея Александровича,  
Померанчука Исаака Яковлевича,  
Ландау Льва Давидовича,  
Блохинцева Дмитрия Ивановича и др.

Основные направления исследований, сформулированные и проводившиеся в те годы в ЛВЭ, включали:

- Множественное рождение частиц,
- Поиски антипротонов,
- Поиски новых частиц,
- Рождение мезонных и барионных резонансов,
- Полные сечения взаимодействий  $p$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,  $K^+$ ,  $K^-$  до 10 GeV,
- Упругое рассеяние  $p$ ,  $\pi^+$ ,  $\pi^-$ ,
- Рождение и распады странных частиц,
- $\theta$ - $\tau$ -загадка, поиски процессов нарушения CP, редкие распады K-мезонов,
- спиновые явления и др.



# В.И.Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 4



## В ЛВЭ были открыты:

- первые «красные» антипротоны,
- знаменитый «Анти-Сигма-минус-гиперон»,
- действительная часть амплитуды упругого  $pp$ -рассеяния,
- сужение конуса упругого  $pp$ -рассеяния с ростом энергии,
- пик в упругом рассеянии на  $180^\circ$   $\pi^+$ -мезонов на протонах,
- закономерности множественного рождения частиц, подтверждавшиеся при больших энергиях, и др. результаты\*)

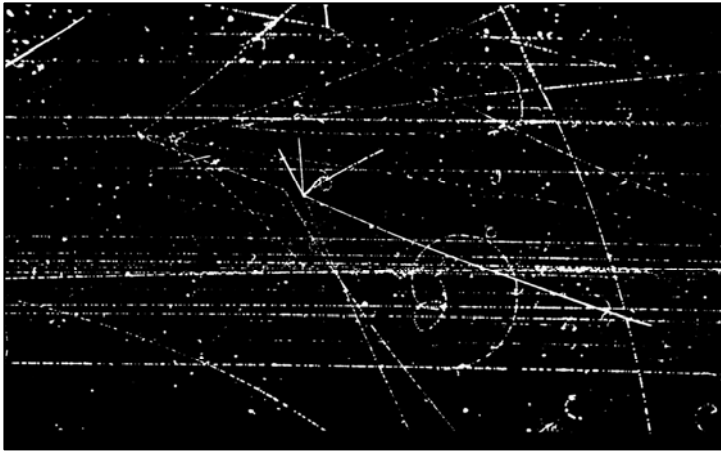
\*) лекция В.А.Никитина



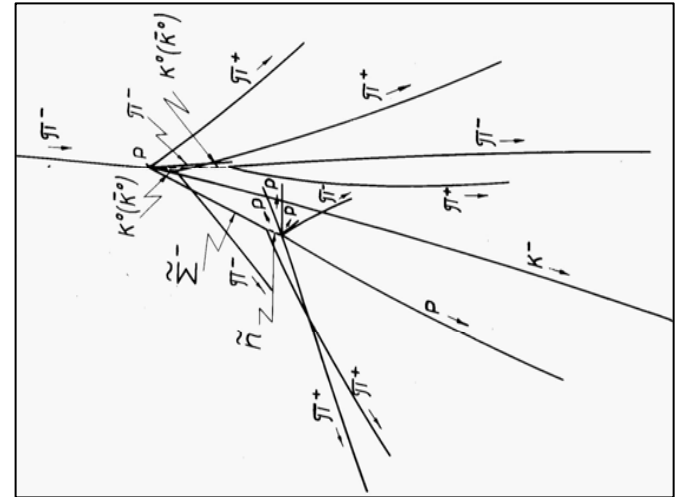
# В.И. Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 5



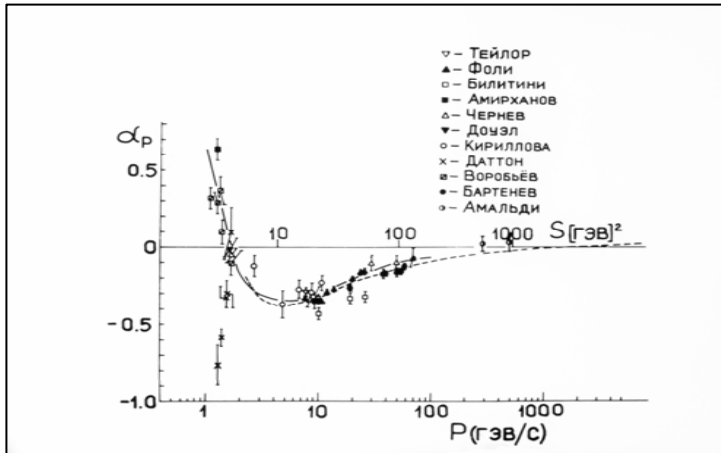
Фото с 2 м пропановой камеры, ЛВЭ 1960 г.  
Рождение анти -  $\Sigma^-$ .



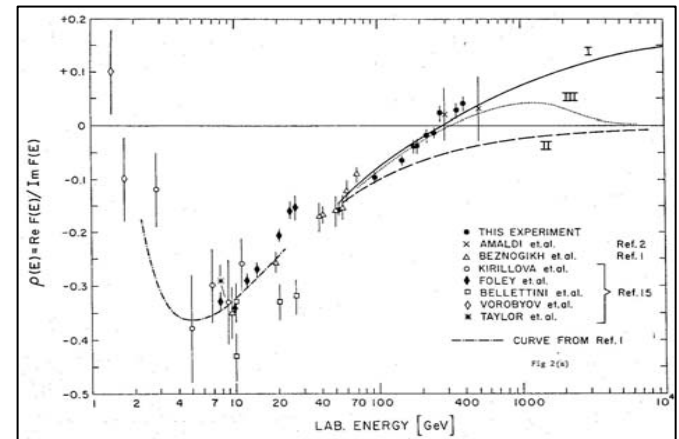
Расшифровка фото с анти -  $\Sigma^-$ .



Действительная часть амплитуды pp рассеяния



Compilation of the rho-parameter data







# В.И.Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 6



*Методы исследований, развивавшиеся в ЛВЭ в 1953-1966 гг., включали разработку и изготовление:*

➤ **разнообразных детекторов:**

- фотоядерных эмульсий (Толстов К.Д., Подгорецкий М.И., Шафранова М.Г.),
- больших камер Вильсона в магнитном поле (Струнов Л.Н.),
- диффузионных камер (Мороз В.И., Зернин Ю.Д.),
- пузырьковых камер с пропановым, ксеноновым и водородным наполнением (Соловьев М.И., Чувило И.В., Лебедев Р.М., Граменицкий И.М, Кузнецов А.А., Кладницкая Е.Н., Глаголев В.В.),
- сцинтилляционных (жидких, пластических) счетчиков (Шафранов М.Д., Матвеева Е.Н., Жильцова Л.Я.),
- черенковских пороговых и дифференциальных счетчиков с твердыми и газообразными радиаторами (Ставинский В.С., Грушин В.Ф., Матуленко Ю.А., Кулаков Б.А., Савин И.А.),
- искровых камер с оптическим и электронным съемом информации ( Голутвин И.А., Савин И.А., Гуськов Б.Н., Заневский Ю.В.);

➤ **мишеней:**

- жидководородных и жидкодейтериевых (Голованов Л.Б.),
- газовых струйных (Толстов К.Д., Никитин В.А., Свиридов В.А., Пилипенко Ю.К.).

➤ **электроники, в том числе**

- блочной быстрой электроники и
- on-line электроники.



# В.И.Векслер - создатель ЛВЭ ОИЯИ, 7



Многие методы были оригинальными и с успехом использовались в других лабораториях: -газовые струйные мишени триумфально прошли почти по всем ускорителям мира; -газовые черенковские счетчики стали основными детекторами, идентифицирующими тип частиц в широком интервале энергий; -без последующих модификаций искровых камер – многопроволочных пропорциональных и дрейфовых камер на линии с ЭВМ – не обходится теперь ни один современный эксперимент, не говоря уже о сцинтилляционных счетчиках, которые, как само собой разумеющееся, присутствуют всюду.

**Подводя итоги первому десятилетию ЛВЭ в 1963 году В.И.Векслер писал:**

«Несмотря на очень короткий для научного учреждения срок, Лаборатория высоких энергий быстро стала пользоваться международной известностью...

Отрадным является тот факт, что практически все указанные достижения связаны с именами совсем молодых ученых, пришедших в Лабораторию из университетов, учебных институтов страны и братских стран за последние 5-10 лет»



# International Seminar "Accelerators of Particles and Nuclei: Past, Present and Future." (ISAPAN-02)

*4-6 March 2002, Dubna, Russia*

## Seminar Organizers

- Joint Institute for Nuclear Research (JINR)
- Lebedev Physics Institute of the Russian Academy of Sciences
- Division of Nuclear Physics of the Russian Academy of Sciences
- Ministry of the Russian Federation for Atomic Energy
- Ministry of Industry, Science and Technologies of the Russian Federation

## Sponsored by

- International Scientific Technical Center
- Russian Foundation for Basic Research

## International Advisory Committee

- |  |                                |
|--|--------------------------------|
| S. Belyaev (Kurchatov Institute, Russia) | S. Ozaki (BNL, USA)            |
| Ts. Baatar (IP, Mongolia)                | B. Richter (SLAC, USA)         |
| M. Danilov (ITEP, Russia)                | C. Rubbia (CERN, Switzerland)  |
| D. Dazhay (CIAE, China)                  | A. Rumyantsev (MAE RF, Russia) |
| L. Evans (CERN, Switzerland)             | E. Sessler (LBNL, USA)         |
| He. Edvards (FNAL, USA)                  | A. Skrinski (RAS, Russia)      |
| V. Glukhikh (Efremov Institute, Russia)  | R. Sosnovski (INR, Poland)     |
| M. Kirpichnikov (MIST RF, Russia)        | P. Spillantini (INFN, Italy)   |
| O. Krokhin (LPI, Russia)                 | E. Tamm (LPI, Russia)          |
| A. Hryniewicz (INP, Poland)              | D. Trines (DESY, Germany)      |
| G. Lambertson (LBNL, USA)                | A. Tavkhelidze (GAS, Georgia)  |
| A. Logunov (IHEP, Russia)                | A. Wagner (DESY, Germany)      |
| Fr. Lehar (Saclay, France)               | A. Vasiliev (MRTI, Russia)     |
| V. Matveev (INR, Russia)                 | V. Vladimirski (ITEP, Russia)  |
|  | M. Witherell (FNAL, USA)       |

*In memory of V. I. Veksler  
(1907 - 1966)*

## Main Seminar Topics

- accelerator construction and development
- detectors development
- main discoveries of the last century
- developments in the theory of particle interactions

## Programme Committee

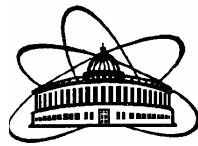
- V. Kadyshesky *Chairman*  
A. Sissakian  
I. Savin *Co-Chairman*  
A. Malakhov  
V. Kekelidze  
I. Meshkov  
V. Zhabitsky  
A. Lebedev

The information about the seminar, JINR and Dubna is available on the web sites: <http://www.jinr.ru> or <http://www.lhe.jinr.ru>

Contact e-mail address: [savin@sunse.jinr.ru](mailto:savin@sunse.jinr.ru), [plekhanov@jinr.ru](mailto:plekhanov@jinr.ru), [natasha@cv.jinr.ru](mailto:natasha@cv.jinr.ru)



# Прогресс в детекторах, 1



И.А.Голутвин «Прогресс в детекторах от Векслера до наших дней»,



*In memory of V.I.Veksler (1907 – 1966)*

**Progress in particle  
detectors  
since  
the Veksler's time**





# Прогресс в детекторах, 2



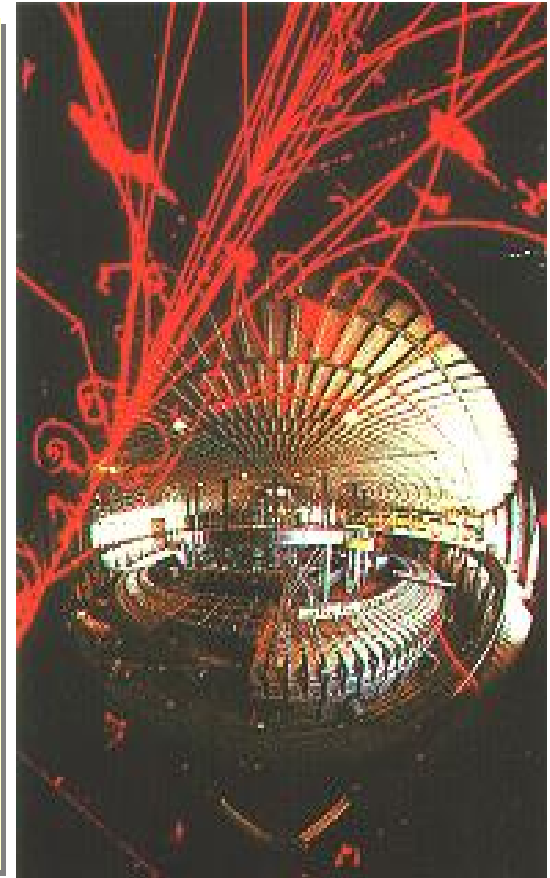
## *Experimental Methods and Veksler*

At the beginning of the Synchrotron era the most advanced method was

### **Nuclear Photoemulsions**

Two groups in High Energy Laboratory:

- Group of M.Podgoretsky
- Group of K.Tolstov



**The first results have already been published in 1958**



# Прогресс в детекторах, 3



## *Experimental Methods and Veksler*

Since the very beginning Veksler initiated development of

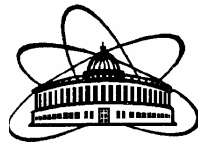
### **Liquid Bubble Chambers**

- Propane Chamber: Van Gan Chang  
M.Soloviev
- Xenon Chamber: I.Chuvilo  
G.Stashkov
- Hydrogen Chamber: A.Zeldovich  
R.Lebedev  
M.Shafranov





# Прогресс в детекторах, 4



## Experimental Methods and Veksler



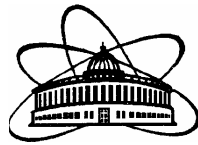
Practically at the same time Veksler also initiated development of **Electronic Detectors** and **Instrumentation**:

- Scintillator counters and Cherenkov counters
- Spark Chambers
- Devises for automatic measurements of Bubble chamber films





# Прогресс в детекторах, 5



## *Development of Experimental Methods*

### Variety of Particle Detectors:

- Scintillation and Cherenkov counters and hodoscopes,
- Wire chambers,
- Gas and liquid drift chambers,
- Silicon detectors
- Strip detectors
- **and their combination**

### gives:

- Small timing resolution,
- High rate capability,
- Identification of particles,
- Capability to trigger on processes of interest

**provides:** comprehensive information on particles and their interactions which can be easily digitized to feed on-line computers





# Прогресс в детекторах, 6



## The first in USSR HEP on-line experiment

1967

$\pi^- p$  scattering at small transfer momenta at Dubna Synchrophasotron

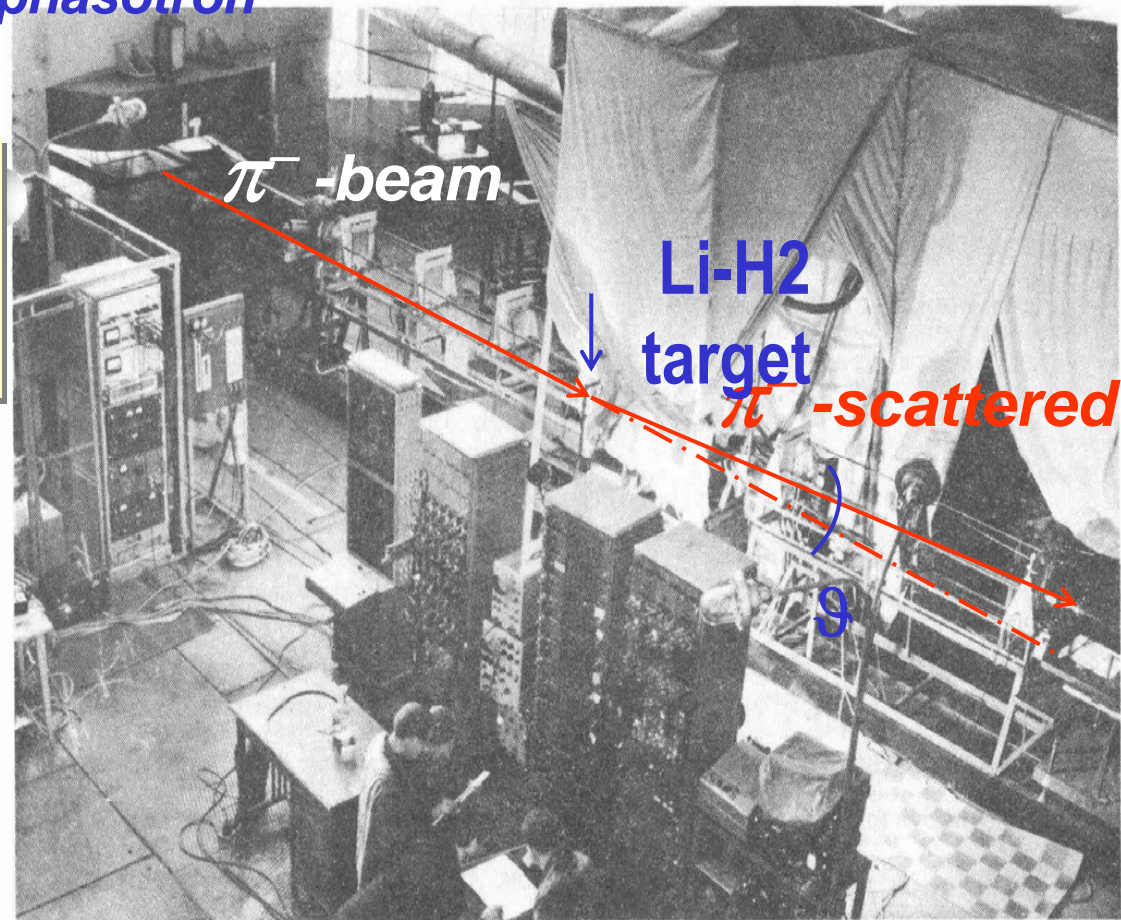
Goal:

verification of forward dispersion relations

$$10^{-4} \leq -t \leq 10^{-2} \text{ (GeV/c)}^2$$

$$P_{\pi} = 1 - 7 \text{ GeV/c}$$

$$2 \text{ mrad} \leq \vartheta \leq \pm 22 \text{ mrad}$$

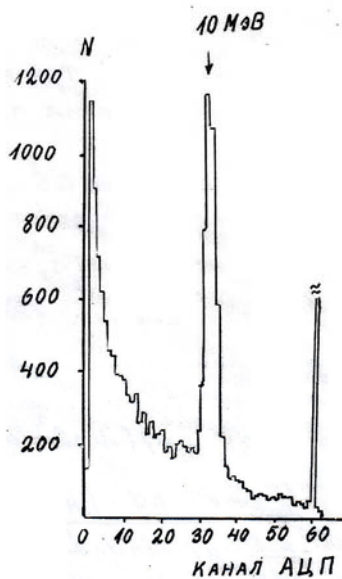




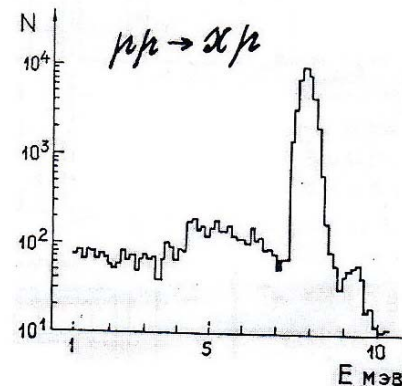
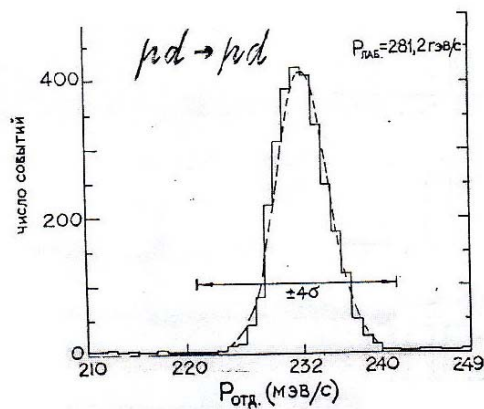
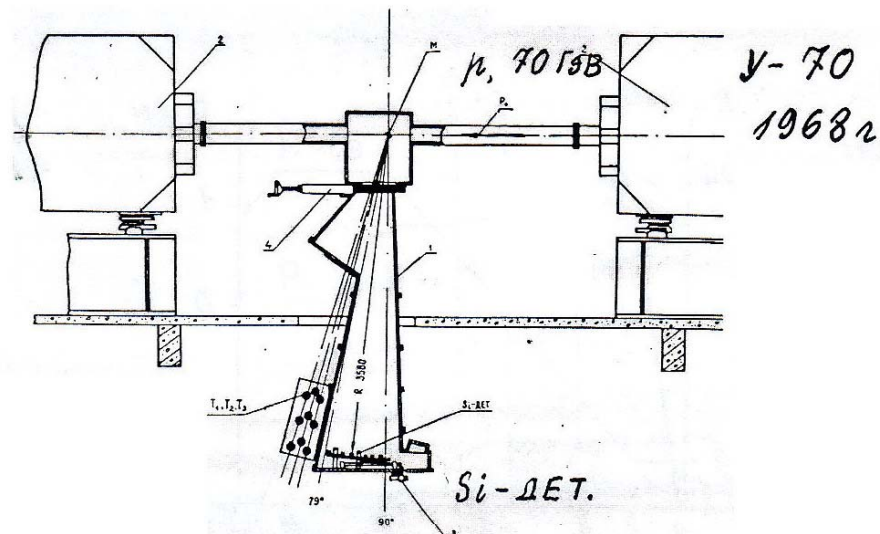
# Прогресс в детекторах, 7



Плёночная и струйная мишени во внутреннем пучке ЛВЭ, ИФВЭ, ФНАЛ, БНЛ



Энергетический спектр частиц, зарегистрированный ППД с мишени  $CH_2$ , облучаемой пучком протонов 17 ГэВ.





# Детекторы, ИФВЭ



## Experiments at U-70 in Protvino



U-70 parameters:

energy

76 GeV

intensity

$1.7 \cdot 10^{13}$  ppp

*A. Logunov*

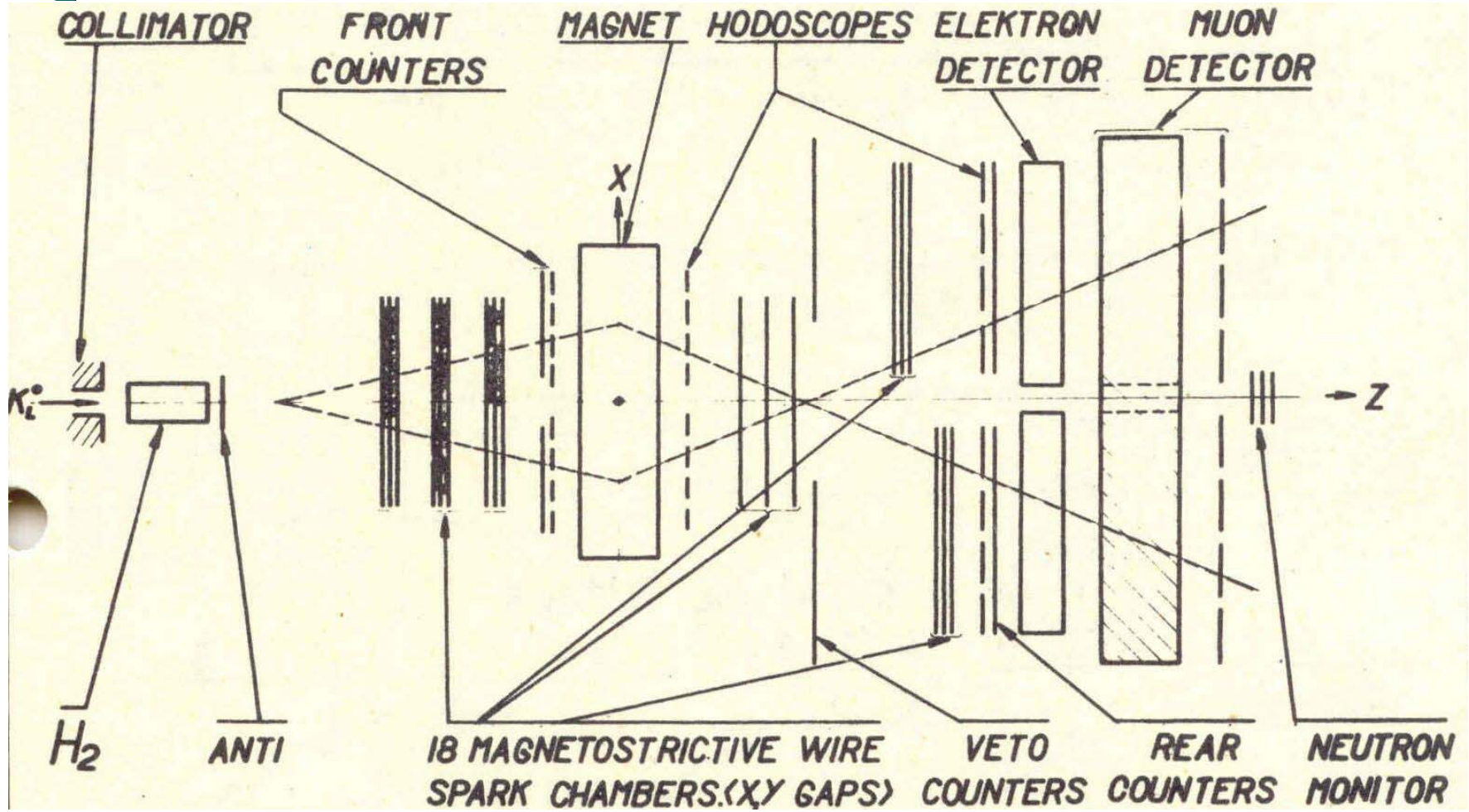
**Director of IHEP**



# Детекторы, ИФВЭ



## Experiment on $K^0_L - K^0_S$ regeneration

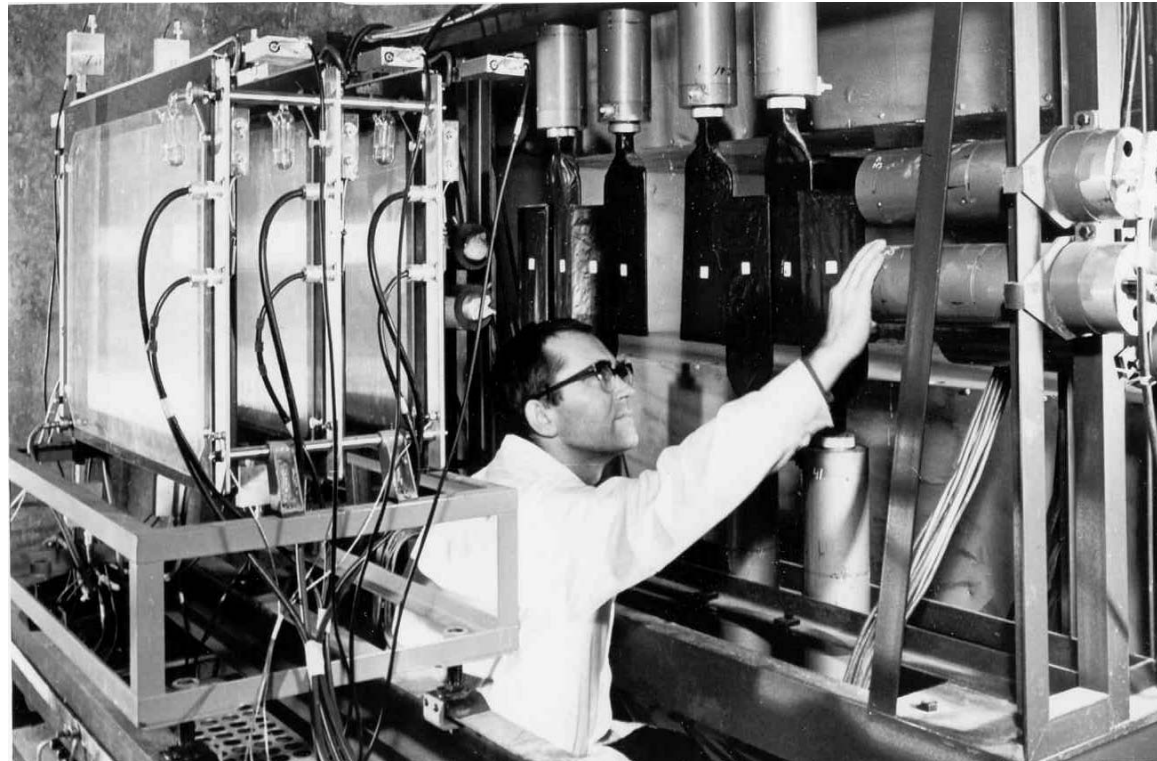
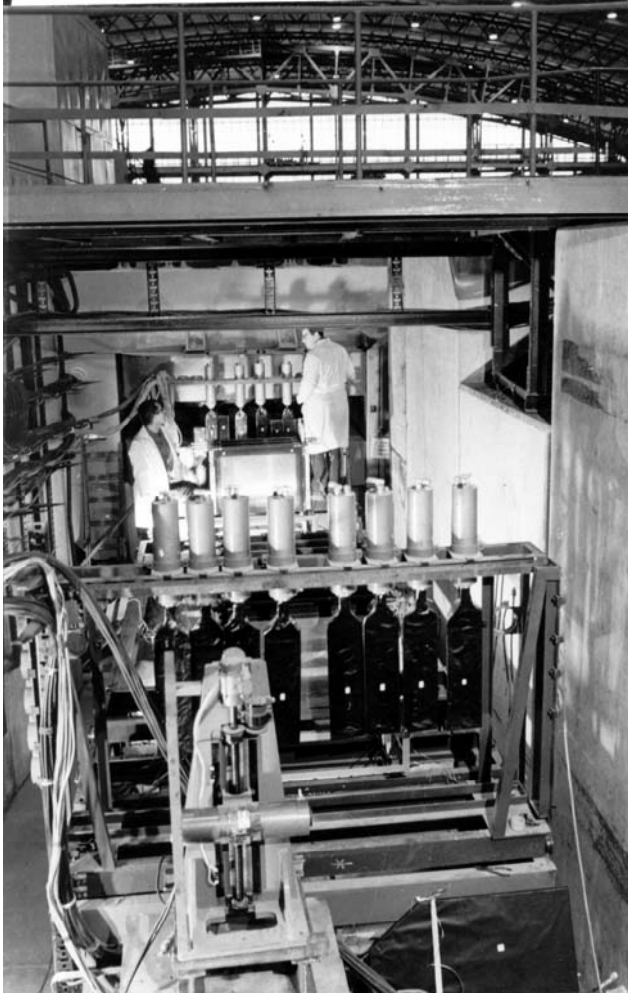




# Детекторы, ИФВЭ



## Experiment on $K^0_L - K^0_S$ regeneration





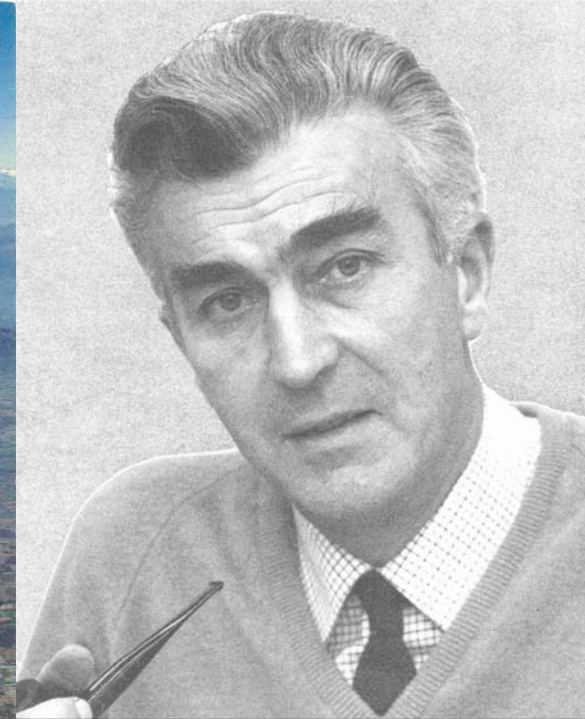
# Детекторы, CERN SPS



## Co-operation with CERN at SPS



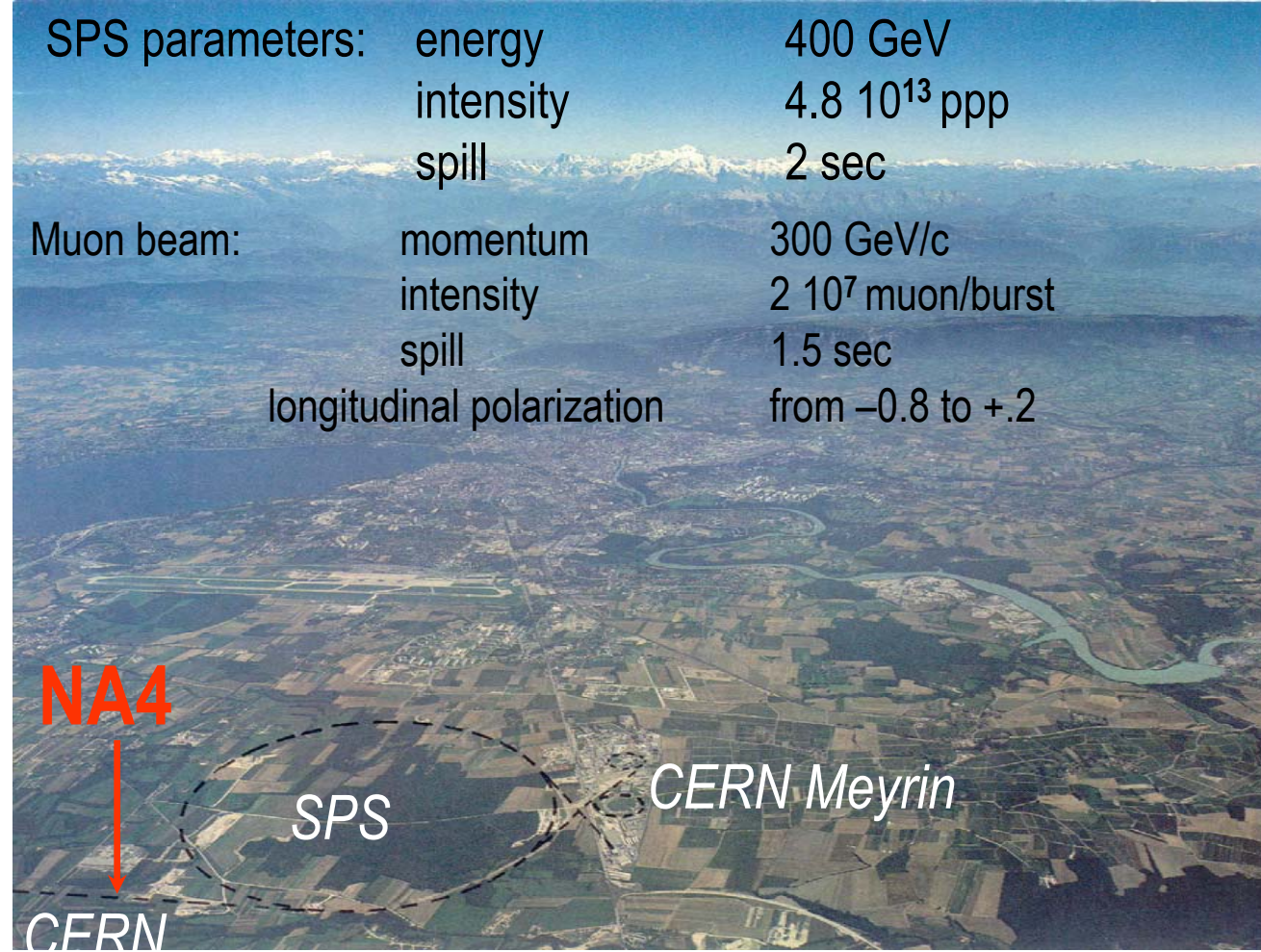
SPS parameters:	energy	400 GeV
	intensity	$4.8 \cdot 10^{13}$ ppp
	spill	2 sec
Muon beam:	momentum	300 GeV/c
	intensity	$2 \cdot 10^7$ muon/burst
	spill	1.5 sec
	longitudinal polarization	from -0.8 to +.2



*John Adams*

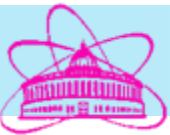
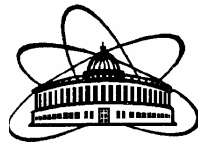
**Director – General of CERN**

**Director of the SPS project –  
Super Proton Synchrotron**





# Детекторы, CERN SPS



## International Co-operation and Veksler

“... I can't but emphasize that the child born by us – I mean **powerful accelerators** – is growing up so fast and requires so much that even now he is able to devour resources of many countries of the World.

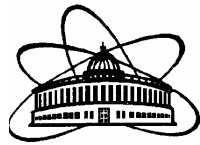
That is why it is impossible to overestimate the importance of the International **co-operation in High Energy Physics...**”

“... не могу не отметить, что порожденный нами ребенок – я имею в виду **мощные ускорители** – растет столь быстро и потребляет столь огромные средства, что уже сейчас способен поглотить ресурсы многих стран мира.

Именно поэтому нельзя переоценить значение между-народного **сотрудничества в области физики высоких энергий...**”

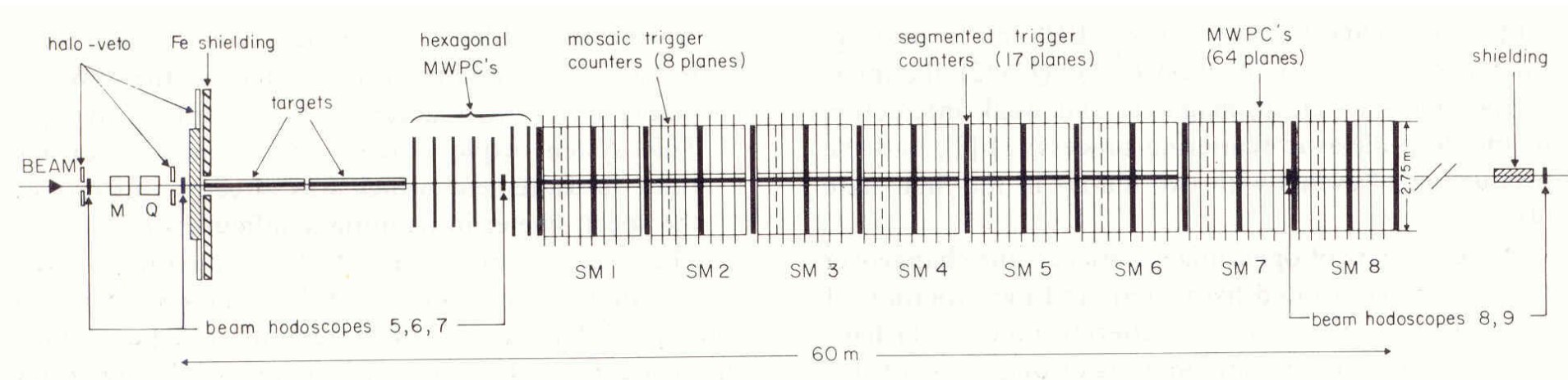


# Детекторы, CERN SPS



## NA4 – the First JINR-CERN Experiment

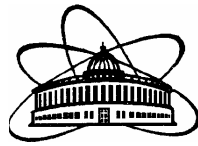
High Luminosity spectrometer for deep inelastic muon scattering







# Детекторы, CERN SPS



## NA4 – the First JINR-CERN Experiment



High Luminosity spectrometer for deep inelastic muon scattering



07 May 1975 – 16 August 1985

BCDMS  
NA4 Collaboration

Bologna

CERN

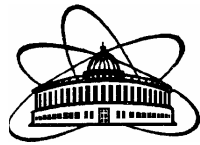
Dubna

Munich

Saclay



# Детекторы, CERN, LHC



## Co-operation with CERN at LHC



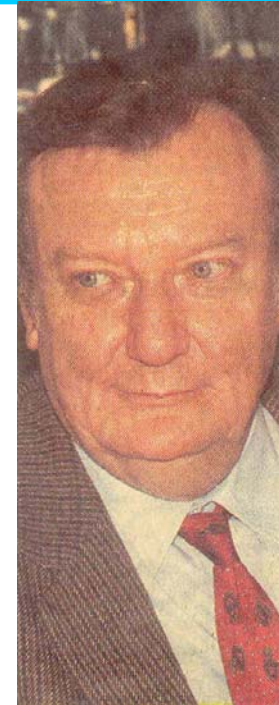
### Overall view of the LHC experiments.

LHC parameters:	energy	2 x 7 TeV
	luminosity	$10^{34}$
	bunch-crossing	25 ns

Commissioning in 2005

20% of the machine and experiments cost must be covered by CERN non-Member States

Particle physics became an essentially international science



**Carlo Rubbia**

Director – General of CERN  
Initiator of the LHC project –  
Large Hadron Collider

E540 - V10/09/97



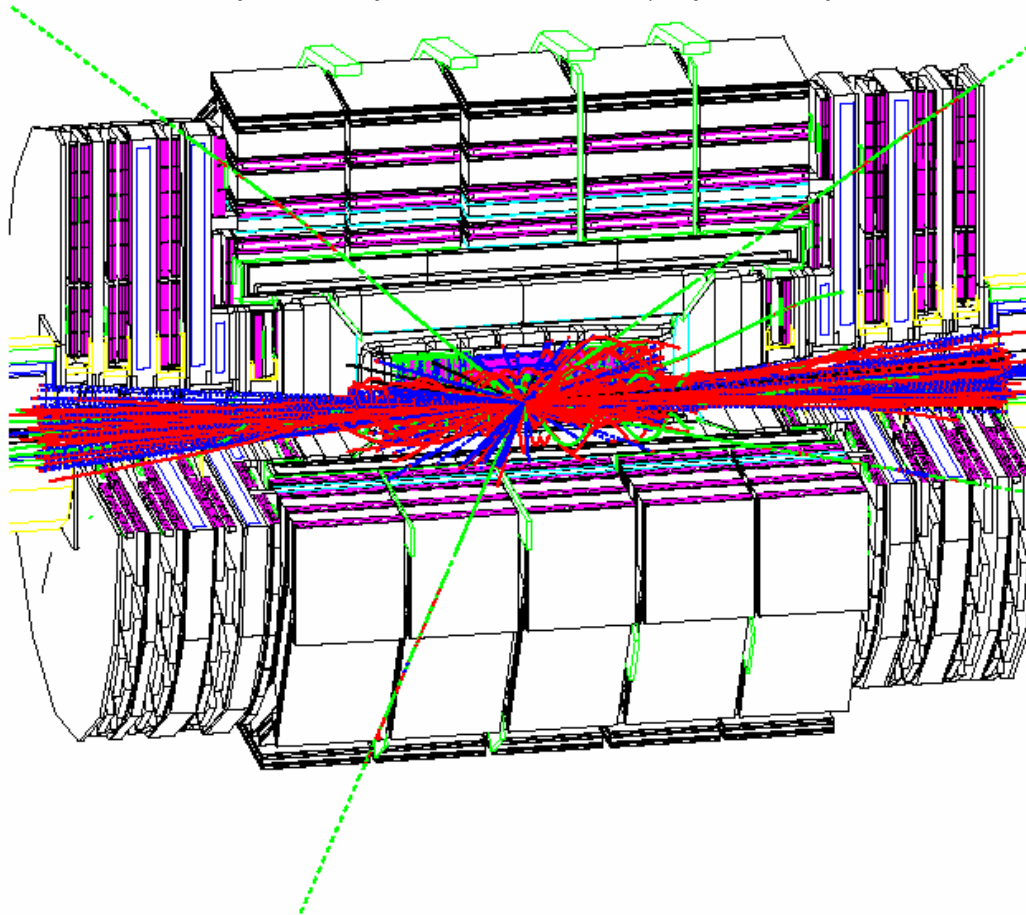
# Детекторы, CERN, LHC



## Physics Goal of LHC

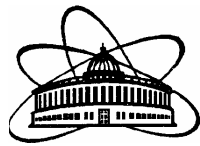


$H(150\text{GeV}) \rightarrow Z^0 Z^{0*} \rightarrow 4\mu$  (event 8)





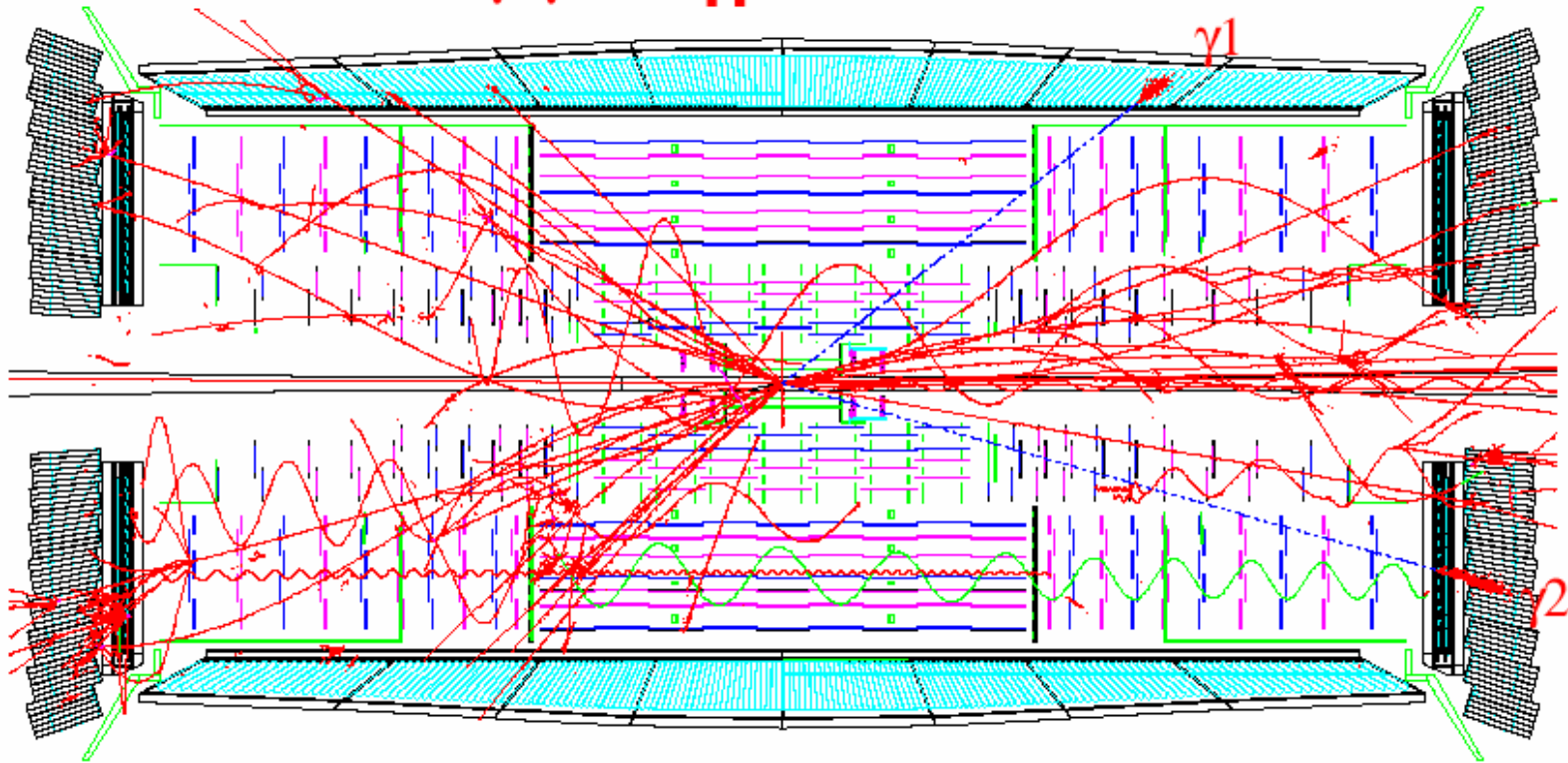
# Детекторы, CERN, LHC



## Physics Goal of LHC

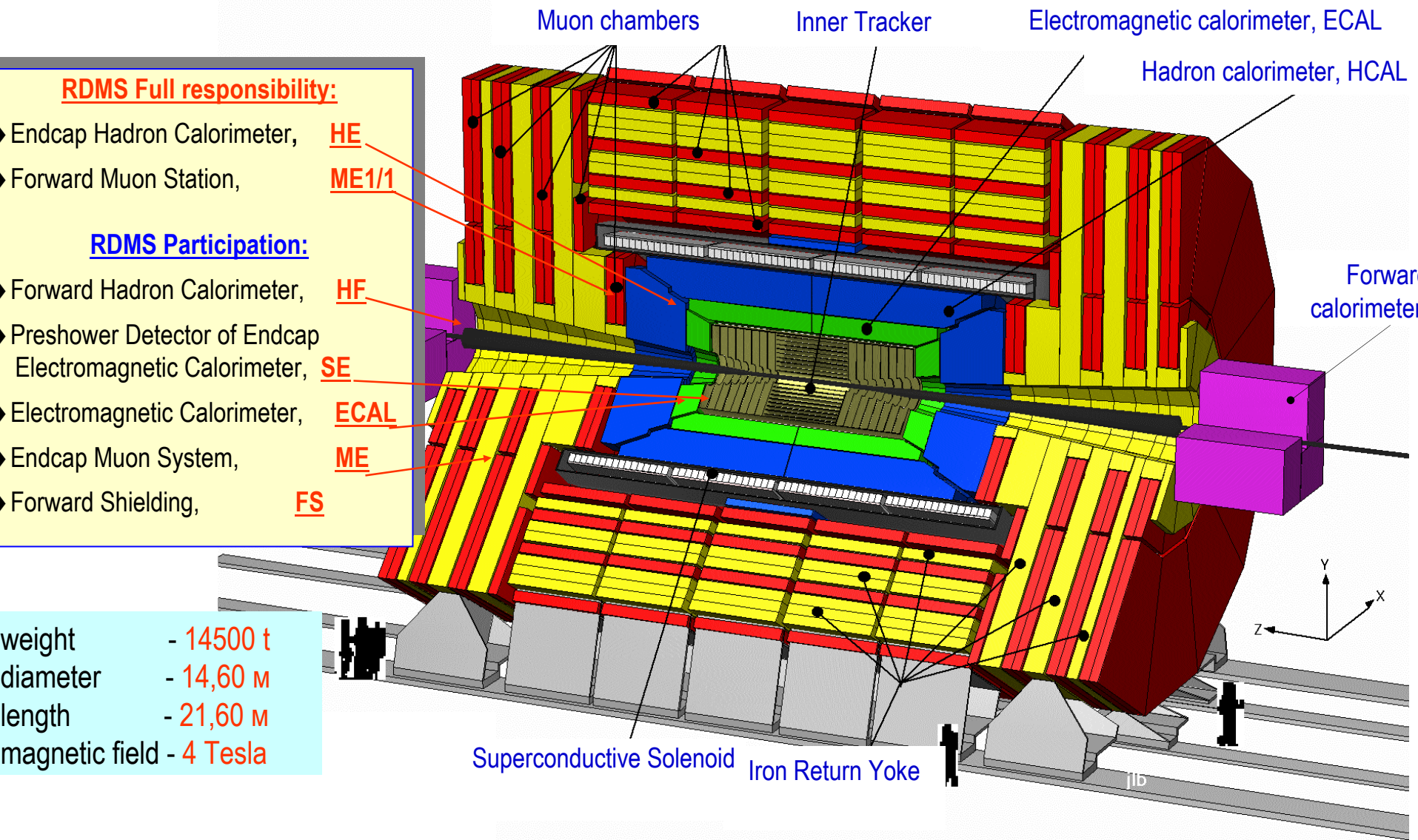
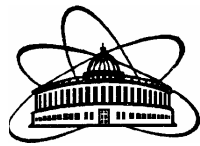


$H \rightarrow \gamma\gamma, M_H = 100 \text{ GeV}$





# Детектор CMS



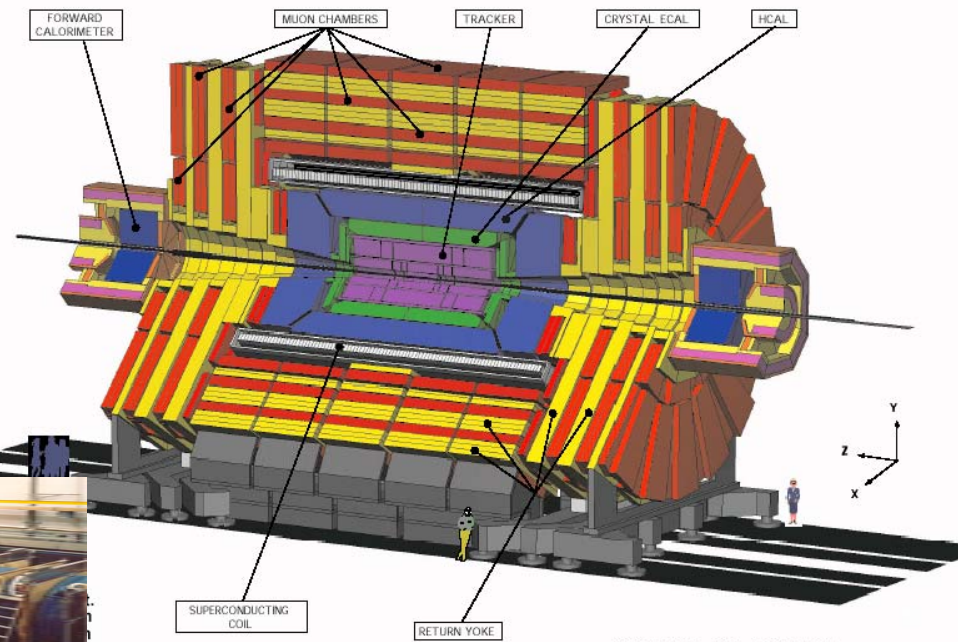


# Масштабы прогресса



## Scale of the progress

CMS  
A Compact Solenoidal Detector for LHC



BIS



пр





# Новые методы ускорения

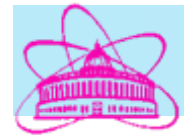


Еще не завершив строительство синхрофазотрона, Векслер В.И. стал задумываться над возможностью сооружения ускорителей на высокие и сверхвысокие энергии, используя новые принципы ускорения, обеспечивающие большой прирост ускорения на единицу длины ускоряющего промежутка. Эти принципы получили название коллективных и развивались Векслером в ОИЯИ в рамках созданного им Отдела новых методов ускорения (ОНМУ), который после его смерти возглавил Саранцев В.П., а также в ФИАН, ХФТИ и др. институтах СССР и за рубежом (BNL).





# Прогресс в ускорителях



## International Co-operation and Veksler

“... I can't but emphasize that the child born by us – I mean **powerful accelerators** – is growing up so fast and requires so much that even now he is able to devour resources of many countries of the World.

That is why it is impossible to overestimate the importance of the International **co-operation in High Energy Physics...**”

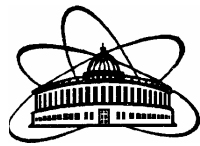
“... не могу не отметить, что порожденный нами ребенок – я имею в **виду мощные ускорители** – растет столь быстро и потребляет столь огромные средства, что уже сейчас способен поглотить ресурсы многих стран мира.

Именно поэтому нельзя переоценить значение между-народного **сотрудничества в области физики высоких энергий...**”

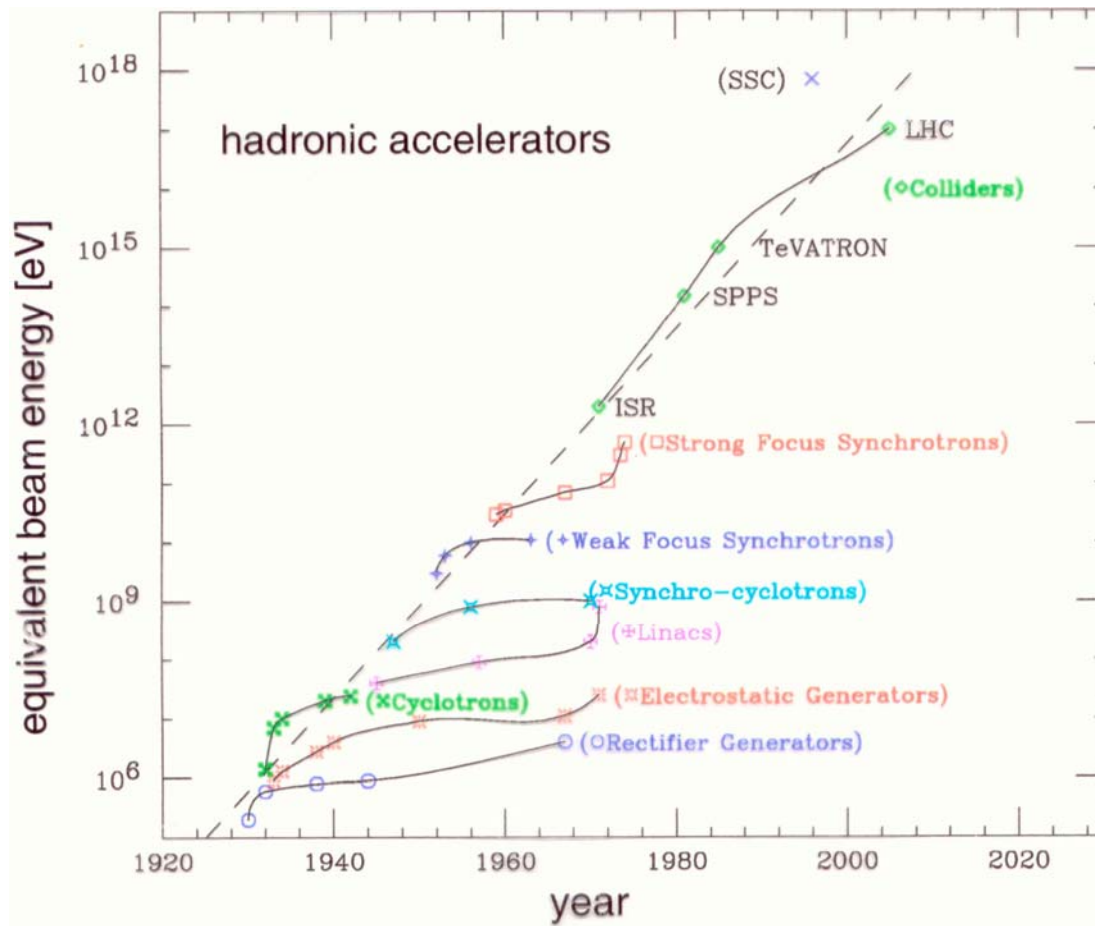




# Прогресс в ускорителях



## Development of Particle Physics



## Livingston Plot

As a matter of fact progress in experimental methods is driven by the demand of physics and potentialities of accelerators



# Награды



**Владимир Иосифович Векслер.**

Сто лет со дня рождения, 4.03.1907 – 22.09.1966.

Создатель Синхрофазотрона.

Один из основателей ОИЯИ.

Автор открытия «Автофазировка в резонансных циклических ускорителях.»

Лауреат Ленинской и Государственной премий СССР, лауреат премии «Атом для мира».

Кавалер трёх орденов Ленина и Трудового красного знамени.

**Исследования  
на Синхрофазотроне**



# Награды



Премии государственного уровня,  
присуждённые за методические и физические исследования на СФ  
Ленинские премии.

1959 г. В.И.Векслер (ОИЯИ), Ф.А.Водопьянов, Д.В.Ефремов, Л.П.Зиновьев (ОИЯИ), А.А.Коломенский, Е.Г.Комар, А.Л.Минц, Н.А.Моносзон, В.А.Петухов (ОИЯИ), М.С.Рабинович, С.М.Рубчинский, А.М.Столов.

Создание Синхрофазотрона на 10 ГэВ.

1988 г. А.М.Балдин, П.Н.Боголюбов, В.А.Матвеев, Р.М.Мурадян, А.Н.Тавхелидзе.

Новое квантовое число - цвет и установление динамических закономерностей в кварковой структуре элементарных частиц.

Государственные премии.

1983 г. Ю.К.Акимов, В.А.Никитин, Б.А.Морозов, Ю.К.Пилипенко, Л.С.Золин, С.В.Мухин, М.Г.Шафранова, В.А.Копылов-Свиридов, А.А.Кузнецов (ОИЯИ), А.А.Воробьёв (ЛИЯФ), Е.Л.Фейнберг (ФИАН), В.А.Царёв (ФИАН).

Дифракционное рассеяние протонов при высокой энергии.



# Награды



Премии государственного уровня,  
присуждённые за методические и физические исследования на СФ.

1985 г. Г.П.Жуков, И.Ф.Колпаков А.Н.Синаев и др.

Разработка и массовое производство на основе международного стандарта КАМАК системы автоматизации научных и научно-технических исследований.

1986 г. Ю.В.Заневский и др.

Разработка и применение ядерно-физических методов и аппаратуры для исследований для исследований в молекулярной биологии.

1986 г. Н.Н.Говорун, В.П.Шириков и др.

Разработка и внедрение программных средств в инженерные расчёты и проектирование сложных технических систем на ЭВМ.

1992 г. В.С.Алфеев, З.В.Борисовская и др.

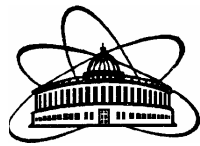
Разработка и создание экономичных сверхпроводящих магнитов для ускорителей высоких энергий.

1996 г. М.Д.Бавижев, В.И.Котов (ИФВЭ), А.И.Смирнов (ПИЯФ), А.М.Тарантин, Э.Н.Цыганов (ОИЯИ) и др.

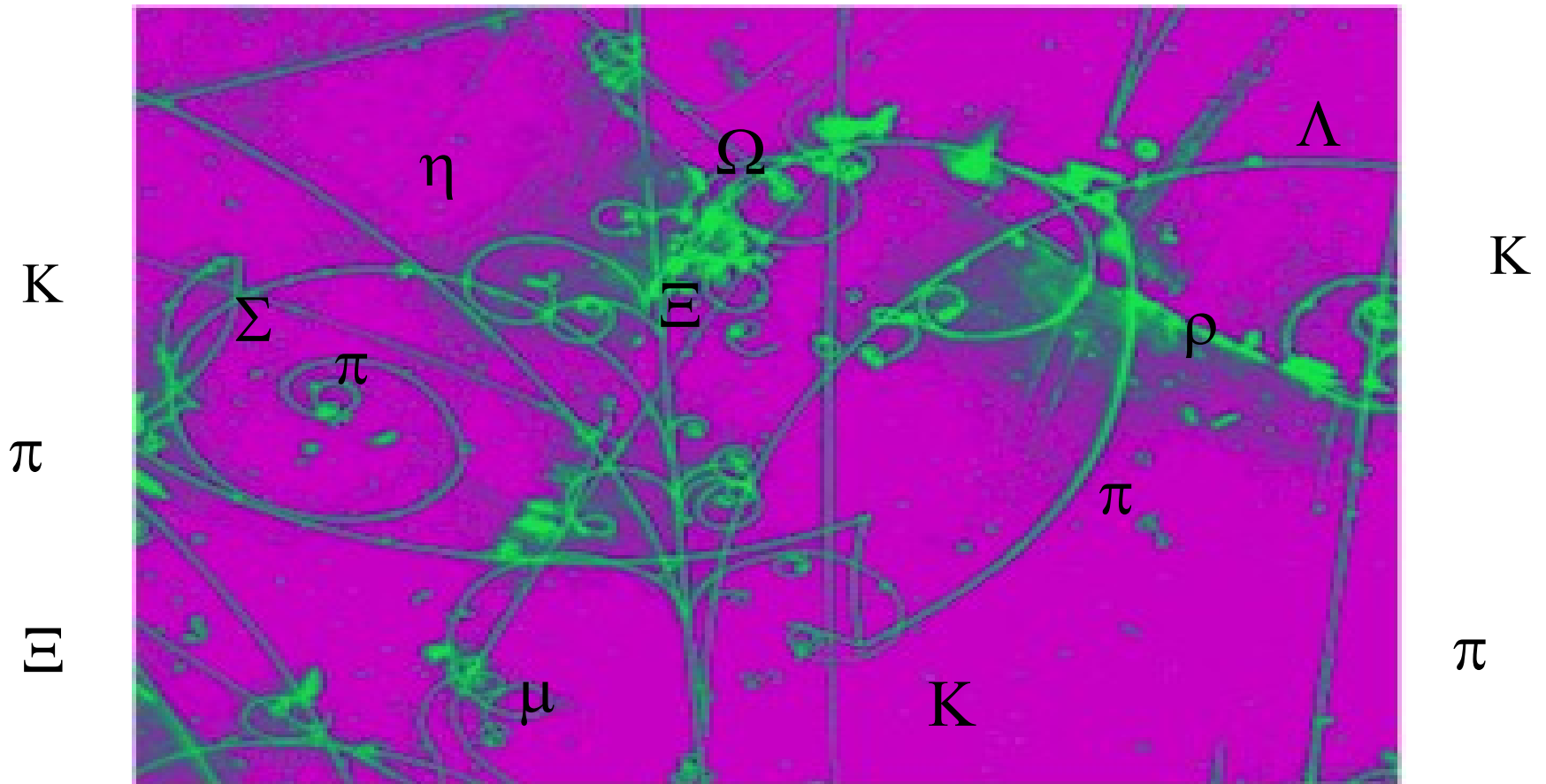
Разработка новых методов управления пучками частиц ... с помощью изогнутых кристаллов.



# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



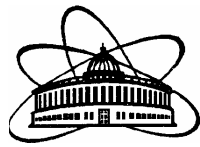
«Зоопарк» элементарных частиц, новый микромир





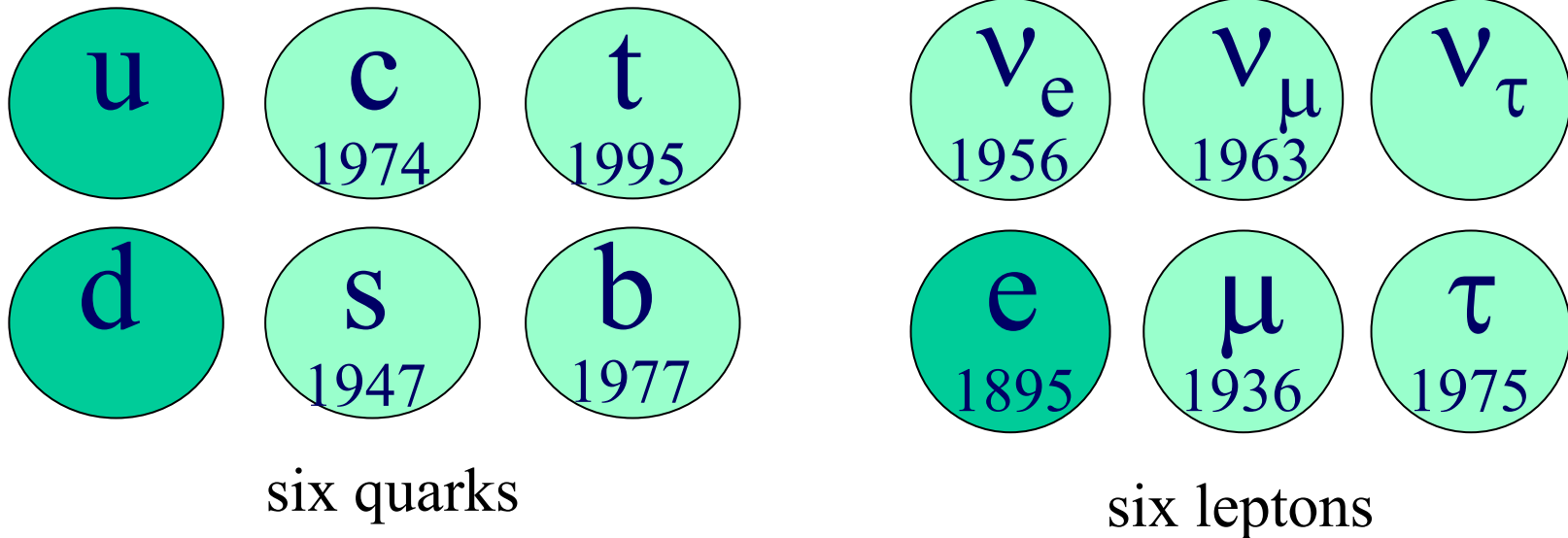


# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Обнаружения семейств кварков и лептонов

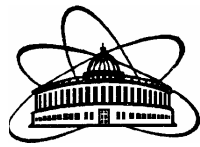
### The Zoo Grows Larger



That was still not the end of the story. More fundamental objects have been discovered. Now we have a beautiful pattern of three pairs of quarks and three pairs of leptons. They are shown here with their year of discovery.

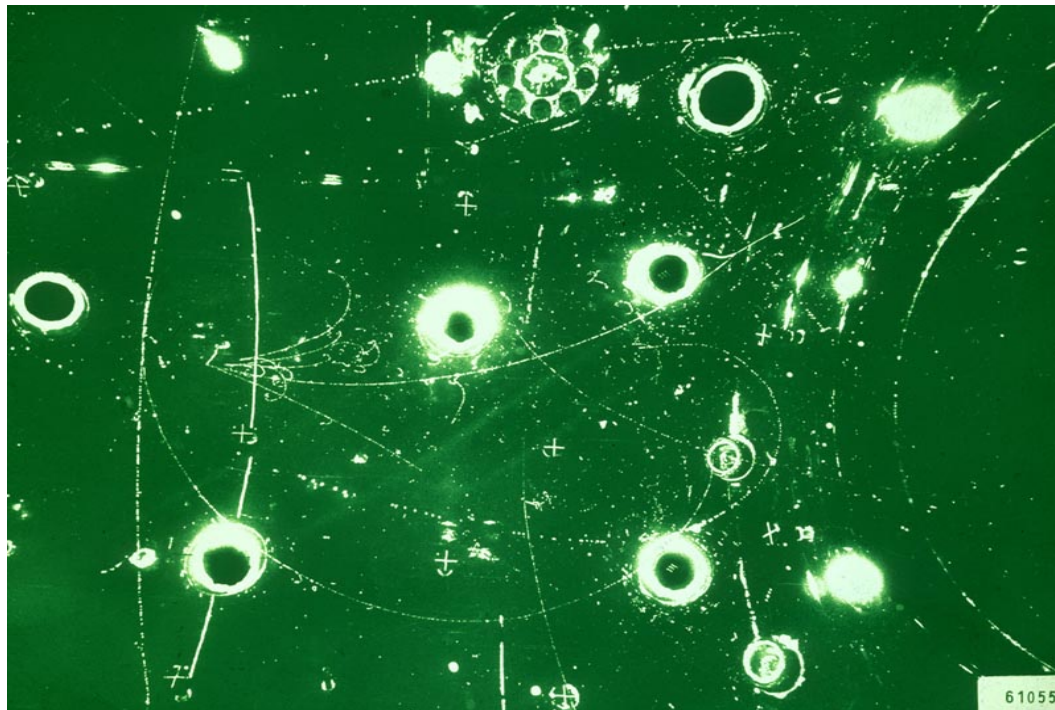


# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Обнаружение нейтральных токов, критический тест слабых взаимодействий

### Discovery of Neutral Currents



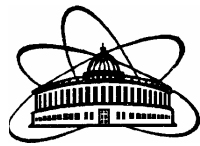
■ This was a crucial test of the gauge model of weak interactions at CERN in 1973

- The heavy photon gives the neutral current without flavour violation



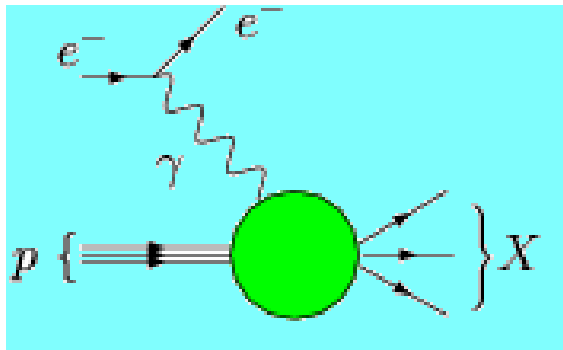


# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях

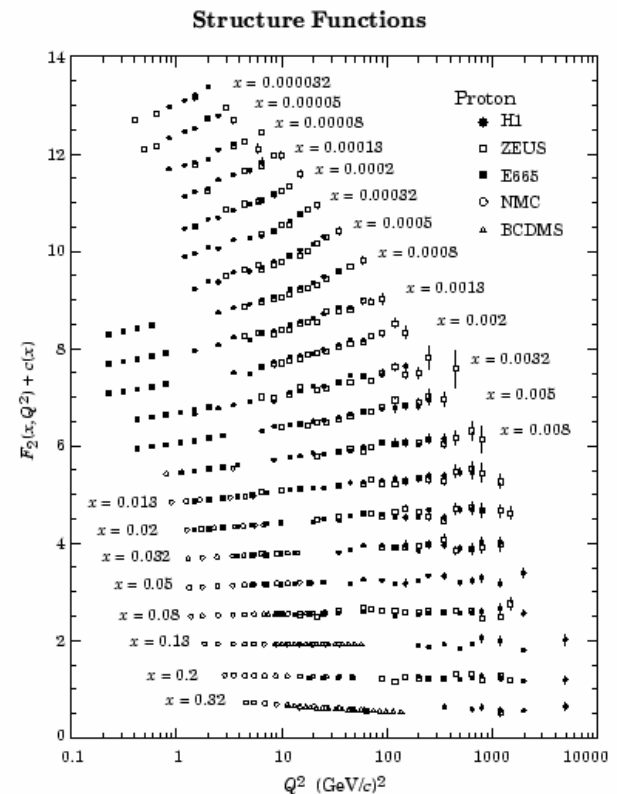


## Обнаружение скайлинга и его нарушения в сильных взаимодействиях

### Discovery of Scaling in Strong Interactions

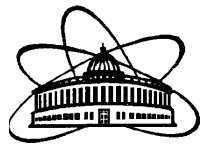


- Rutherford-like test of the proton structure
- Scaling behaviour of the structure functions of deep-inelastic scattering first observed at SLAC in 1968
- This was the first indication of existence of point-like partons inside proton



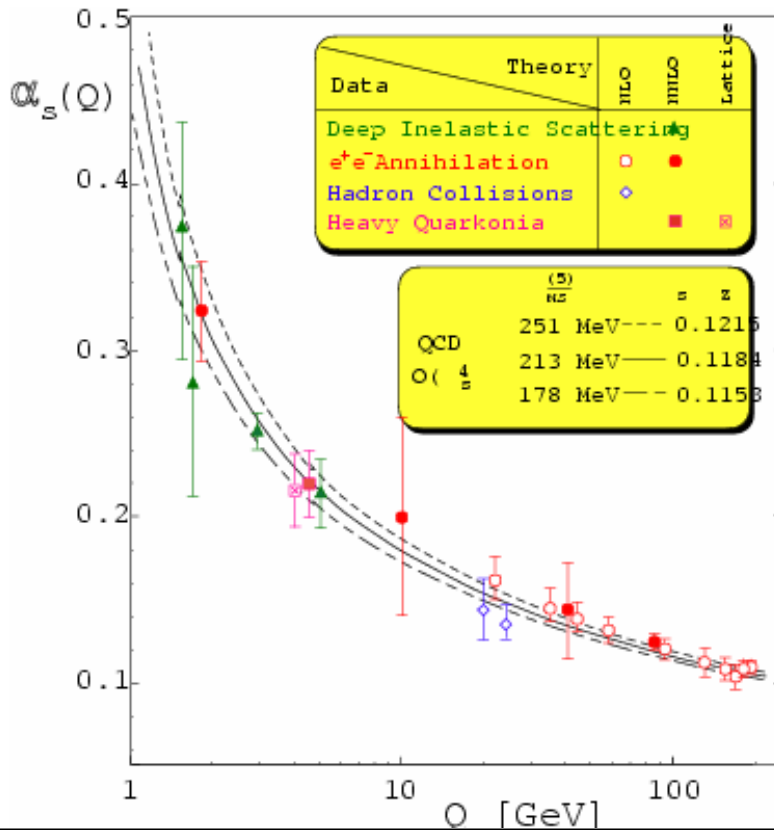


# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Критический тест КХД

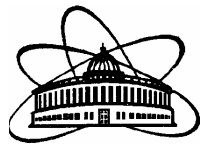
### Running of The Strong Coupling



- Asymptotic freedom of the strong interactions
- Remarkable test of QCD for different energies and various processes



# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Обнаружение глюонов

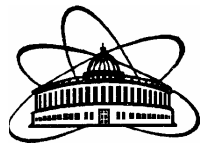
### Discovery of the Gluon



- The gluon – the strong force carrier has been discovered at PETRA (DESY) accelerator in 1979 in three-jet events



# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях

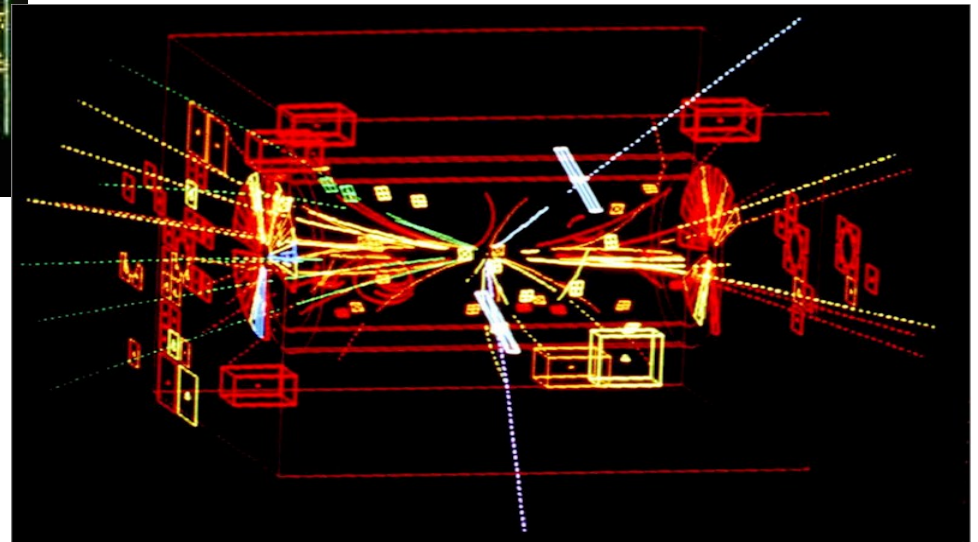


## Обнаружение W и Z- бозонов

### Discovery of W and Z bosons



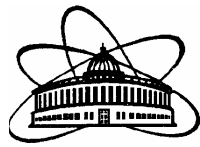
- Discovery of W and Z bosons at CERN SPS collider in 1983



was a triumph of the SM  
and confirmation of its  
validity



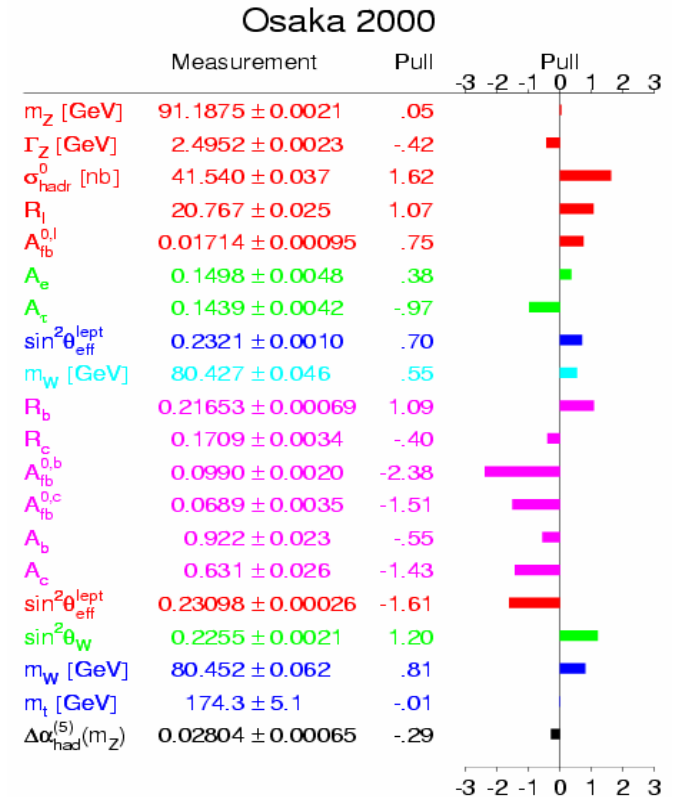
# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Триумфальное подтверждение стандартной модели взаимодействия частиц

### The Triumph of the Standard Model

- Remarkable agreement of ALL the data with the SM predictions - precision tests of radiative corrections and the Standard Model

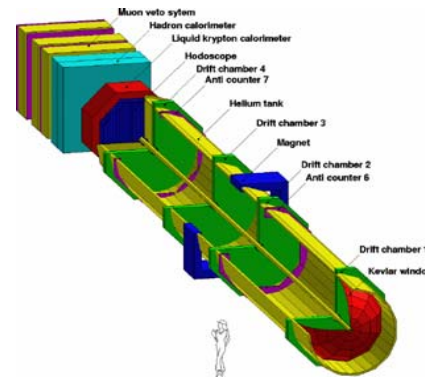
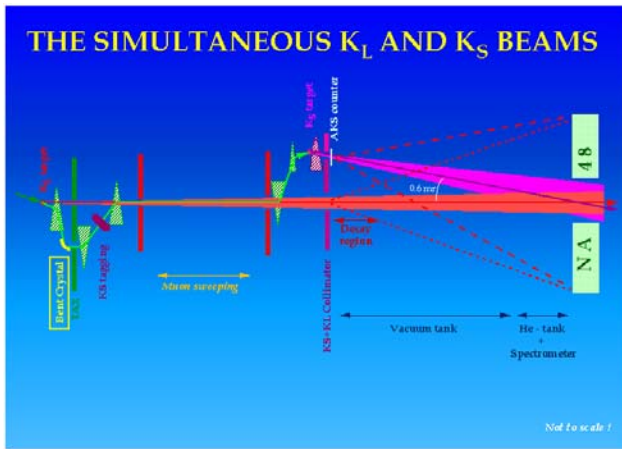




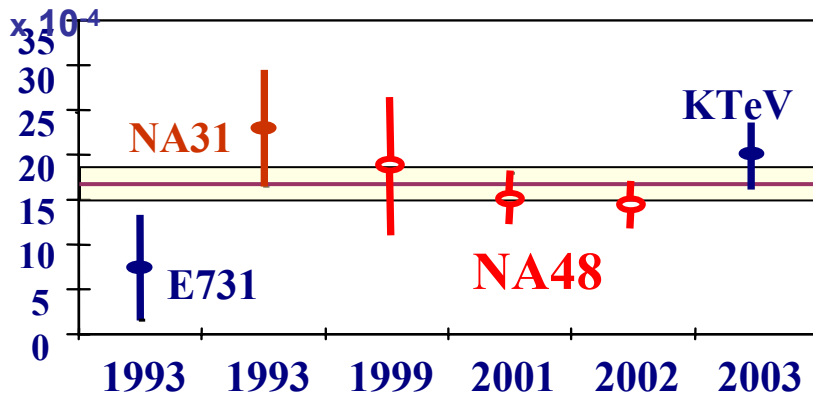
# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Обнаружение CP-нарушения



$$R = 1 - 6 \operatorname{Re}(\epsilon'/\epsilon) = \frac{\Gamma(K_L^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0) \Gamma(K_S^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)}{\Gamma(K_S^0 \rightarrow \pi^0 \pi^0) \Gamma(K_L^0 \rightarrow \pi^+ \pi^-)}$$



$$\operatorname{Re}(\epsilon'/\epsilon) = (14.7 \pm 2.2) \cdot 10^{-4}$$

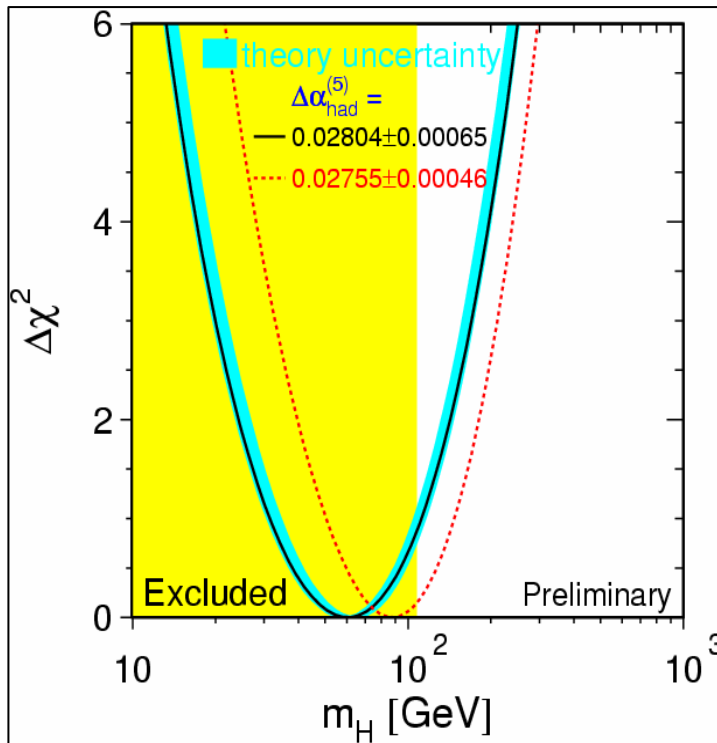


# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Установление предела массы хиггс-бозонов

### The Higgs Mass Limit



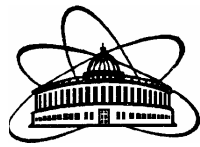
- Indirect limit from radiative corrections
- Direct limit from Higgs non-observation at LEP II (CERN)

$$113 < m_H < 200 \text{ GeV}$$

At 95 % C.L.



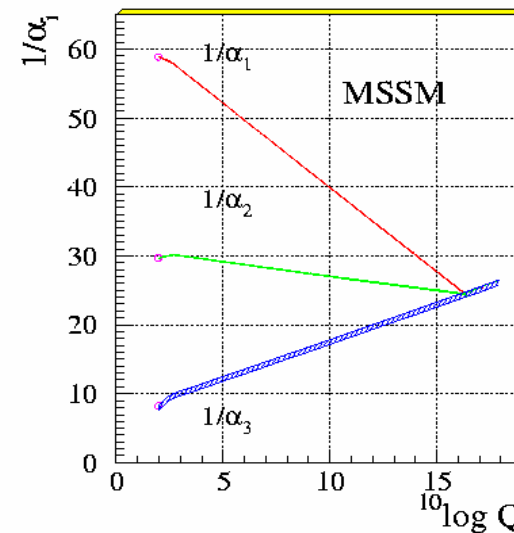
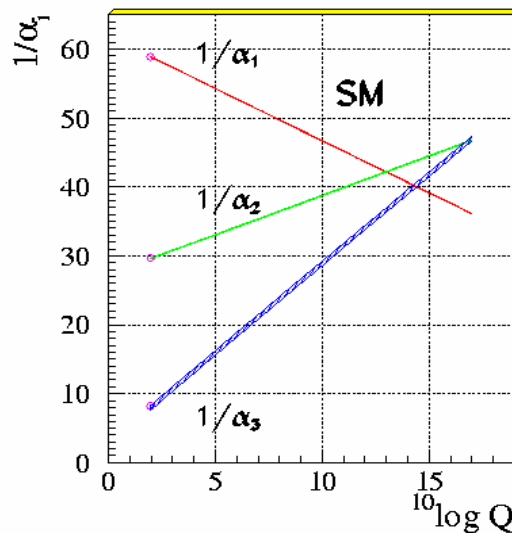
# Фундаментальные открытия, сделанные на ускорителях



## Эксперименты по проверке моделей унификации взаимодействий, новая физика

### Unification Of Interactions

Unification of the Coupling Constants  
in the SM and the minimal MSSM

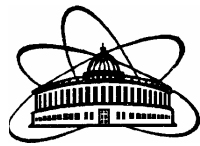


- Precise measurement of the couplings at LEP allowed us to check the unification ideas and to get the first indication of Supersymmetry





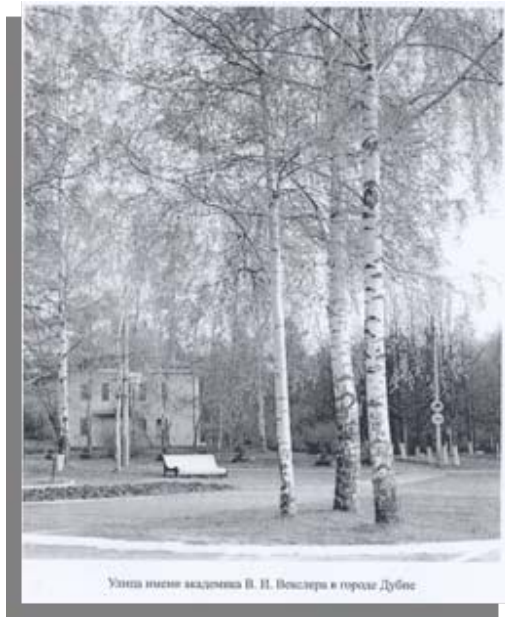
# Память



## In memory of V.I.Veksler (1907 – 1966)

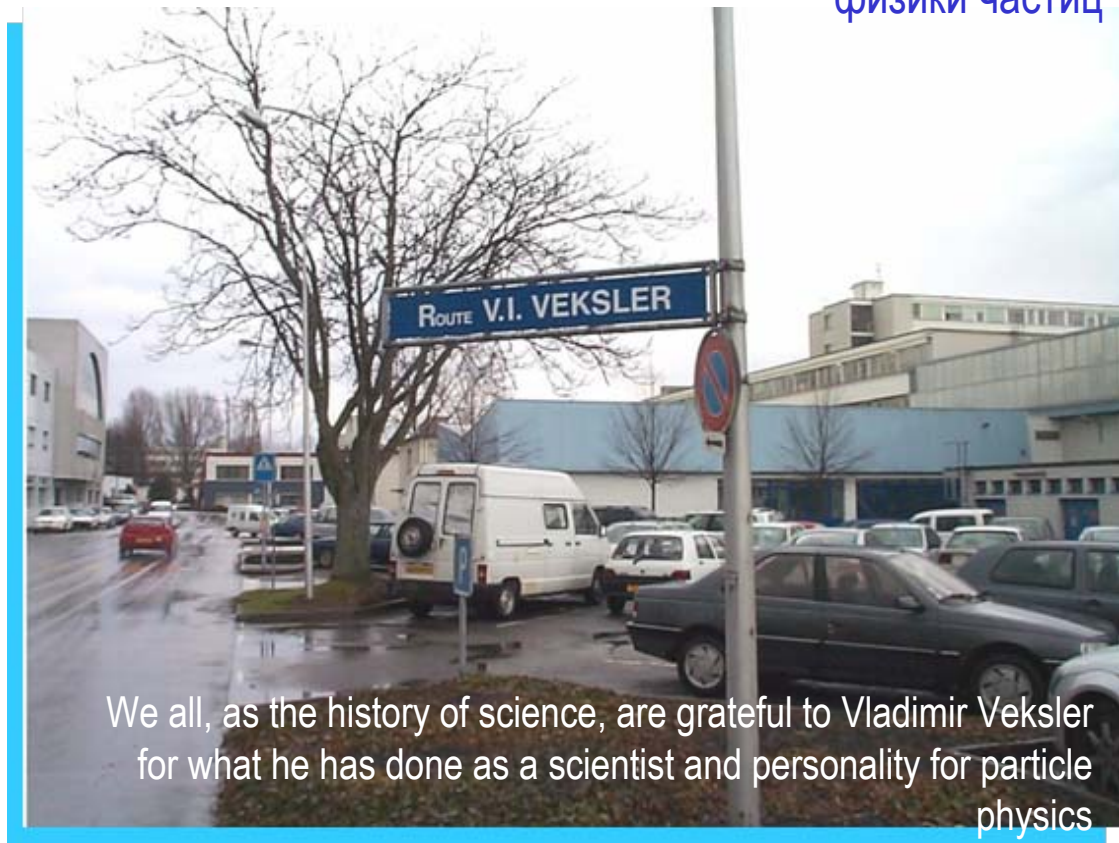


Мемориальная доска, посвященная академику В. И. Векслеру, на здании Лаборатории высоких энергий ОИЯИ



Улица имени академика В. И. Векслера в городе Дубне

И мы, и история науки благодарны В.И.Векслеру за все, что он сделал как ученый и личность для физики частиц



We all, as the history of science, are grateful to Vladimir Veksler for what he has done as a scientist and personality for particle physics



# Память



## Владимир Иосифович Векслер

- В. Г. Кадышевский, А. Н. Сисакян. Предисловие
- М. Г. Шафранова. От редактора-составителя
- Э. А. Перельштейн. Краткий очерк научной и научно-организационной деятельности

### **Первые годы в науке. Исследование космического излучения**

- Б. М. Исаев. В. И. Векслер — молодые годы
- Ю. М. Сухаревский. В годы войны
- Н. С. Иванова. Встречи на Кавказе и Памире
- Н. А. Добротин. Воспоминания о друге
- Н. Б. Делоне. В первой памирской экспедиции
- Л. Н. Белл. Горение
- А. Н. Горбунов. «Вот, хороший человек!»
- А. Л. Любимов. В. И. Векслер в памирских экспедициях 1945–1946 гг.

### **В. И. Векслер и физика ускорителей**

- В. И. Векслер. Новый метод ускорения релятивистских частиц
- В. И. Векслер. О новом методе ускорения релятивистских частиц
- Б. С. Ратнер. Первый синхротрон
- А. М. Балдин. ФИАН и физика высоких энергий
- А. А. Коломенский. В. И. Векслер и ускорители
- М. С. Рабинович. Краткий миг торжества (К истории одного открытия)
- А. А. Васильев. Огромный вклад в науку
- В. П. Саранцев, Э. А. Перельштейн. Развитие коллективных методов ускорения ионов в ОИЯИ
- Я. Б. Файнберг. В. И. Векслер и новые методы ускорения
- И. Н. Мешков. Человек из легенды

