



International Masterclasses “Hands on Particle Physics”

Введение в физику частиц:

ЭКСПЕРИМЕНТ



© Женевское озеро и Альпы, Фото: П.А.Науменко

Григорий Александрович Феофилов

Лаборатория физики сверхвысоких энергий, НИИ физики им.В.А.Фока,

Санкт-Петербургский государственный университет

Мастер-класс: [Looking for Strange Particles in ALICE](#), 01 апреля 2019, 11-00,
Голубой конференц-зал, НИИФ им. В.А.Фока, Петергоф, Ульяновская д.1

LHC rap 2008

<http://www.youtube.com/watch?v=f6aU-wFSqt0>

Как работает коллайдер

<http://www.youtube.com/watch?v=qQNpucos9wc>

ПРОГРАММА 01 апреля 2019

10:45-10:55 Регистрация участников. НИИ физики им. В.А.Фока, Малый конференц-зал

10:55-11:35 **Лекция** «Введение в физику частиц – эксперимент». Феофилов Г.А.,

11:35-11:40 **Перерыв**

11:40-12:30 **Лекция** «Что нужно знать о физике частиц?». Прохорова Д.С.

12:30-13:00 **Перерыв на чай.**

13:00-14:00 **Лекция** «Поиск странных частиц в эксперименте ALICE», первая часть мастеркласса
Алцыбеев И.Г. (ВЦ)

14:00-15:00 **Перерыв. ОБЕД**

15:00-16:30 **Вычислительный центр СПбГУ: Мастер-класс. Проводит Алцыбеев И.Г.**

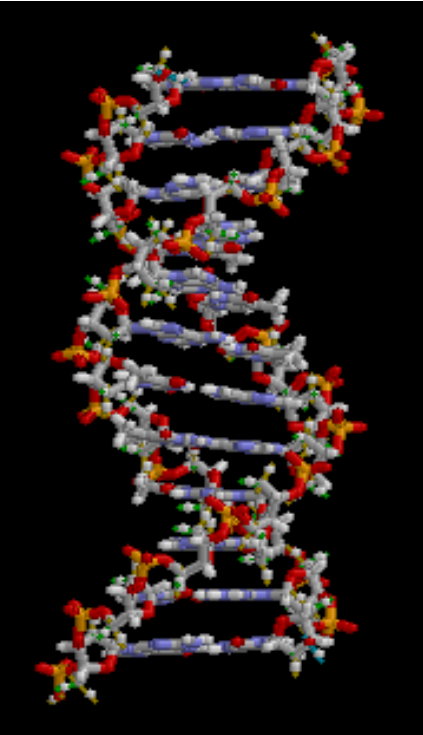
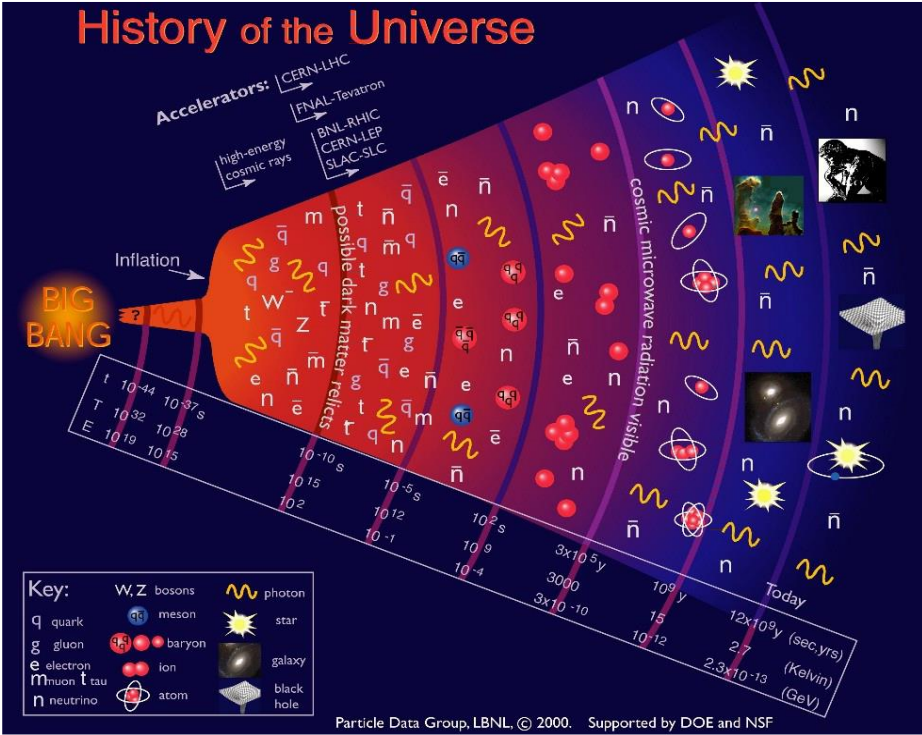
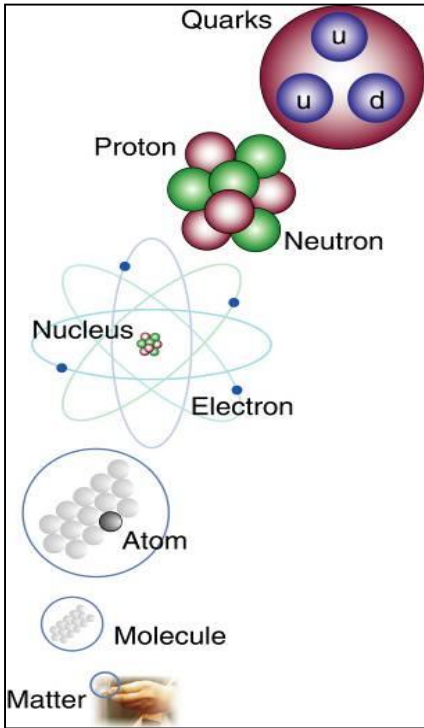
16:30-17:00 **Перерыв. Чай.** Подготовка к телемосту.

17:00-18:00 Компьютерный класс: Телемост: Женева/ЦЕРН—Санкт-Петербург –Триест--Бари.
Обсуждение результатов. Доклады школьников по телеконференции.

18:00-18:30 Сессия Q&A. Вручение сертификатов.

18:30-18:40 Фотографирование. Отъезд.

Физика частиц и наш мир



http://en.wikipedia.org/wiki/File:ADN_animation.gif

Физика частиц и некоторые открытые вопросы

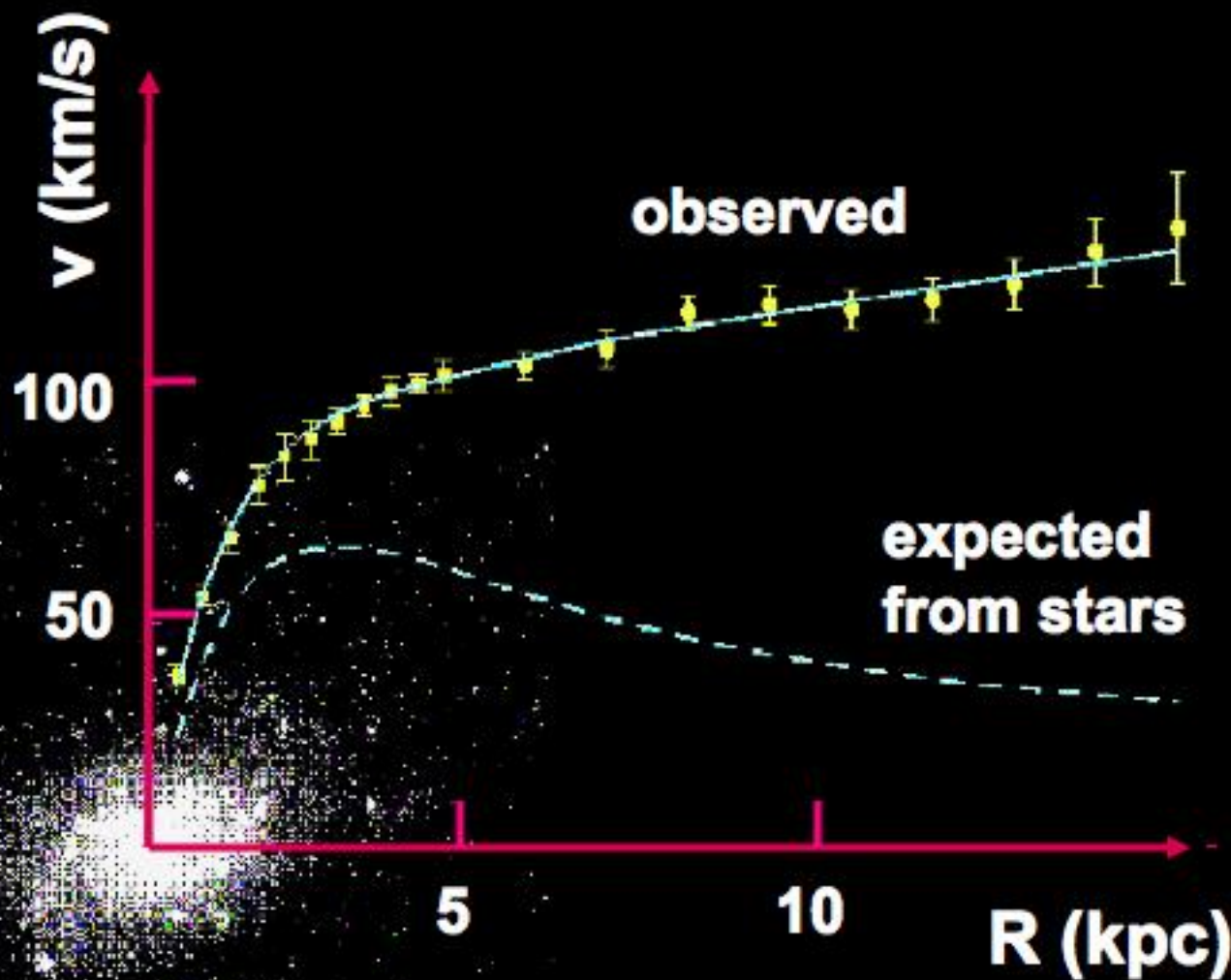
- Куда делась *антивещество*?
- Что такое *«темная материя»* и можно ли ее получить в лаборатории?
- *Природа массы* частиц?
- Откуда берется масса у *нейтрино*?
- Какова *природа конфайнмента* кварков?
- Что такое *кварк-глюонная плазма*?

*Среди загадок -- «Темная
материя»*

The Invisible Universe

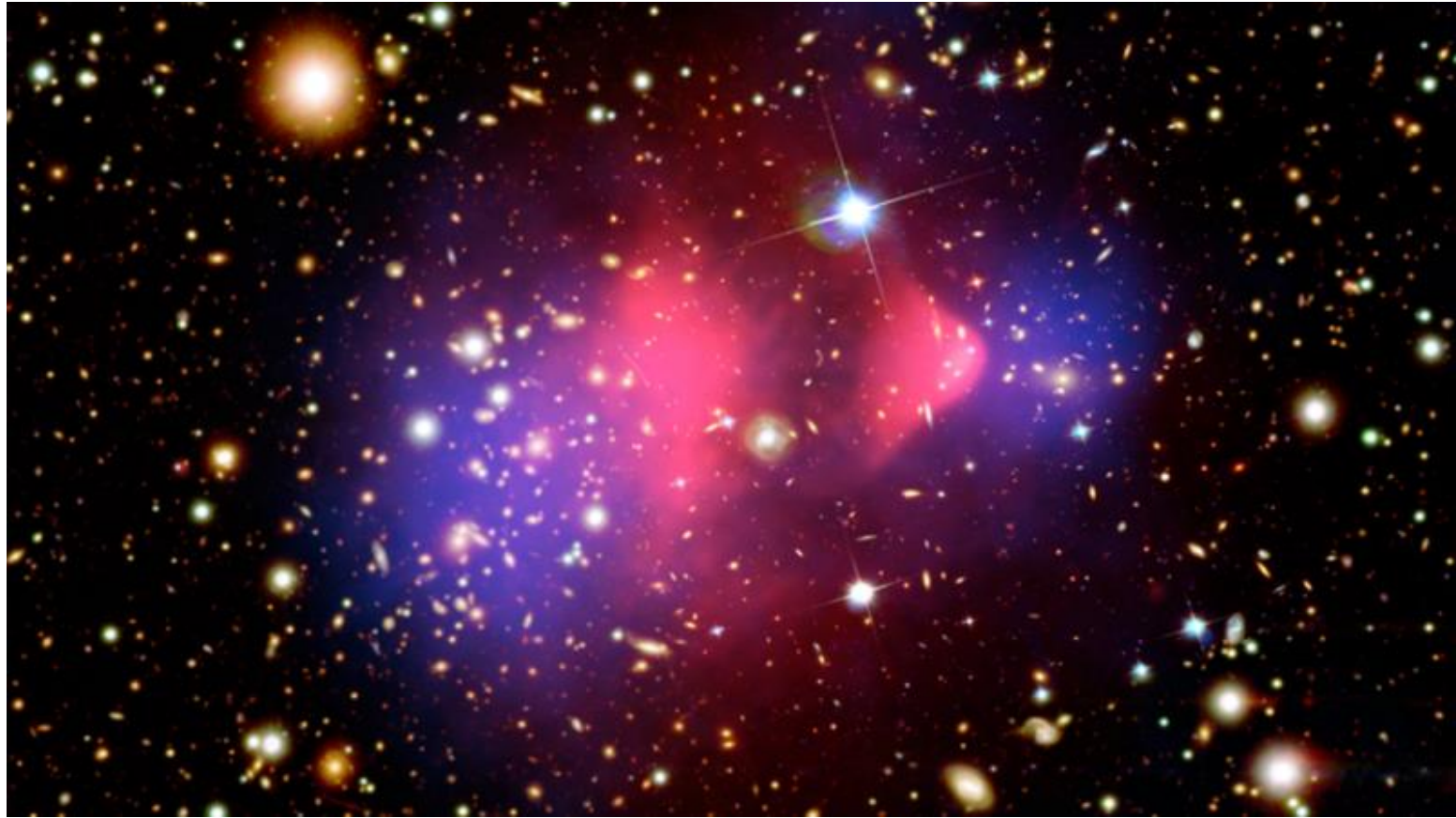


Vera Rubin



M33 rotation curve

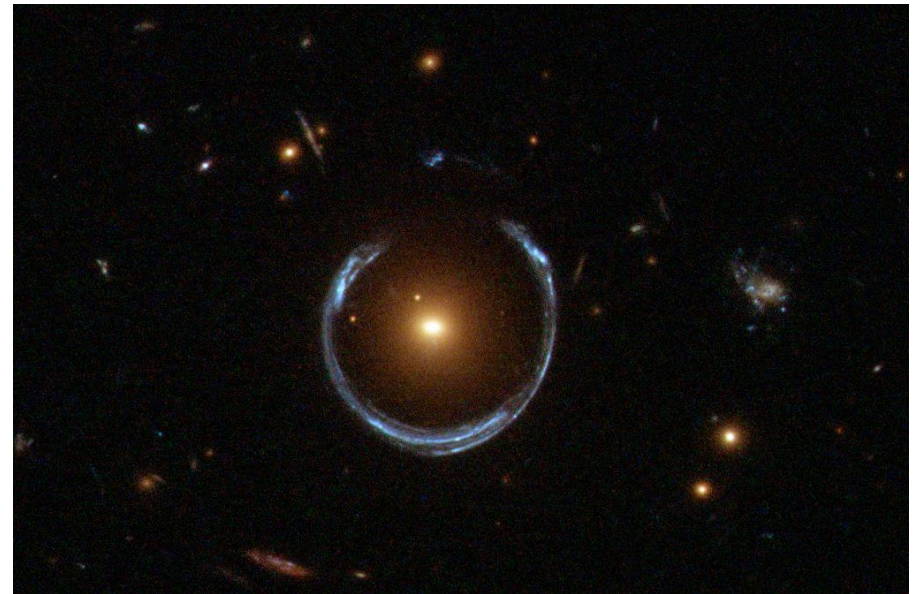
Bullet Cluster: two colliding clusters of galaxies



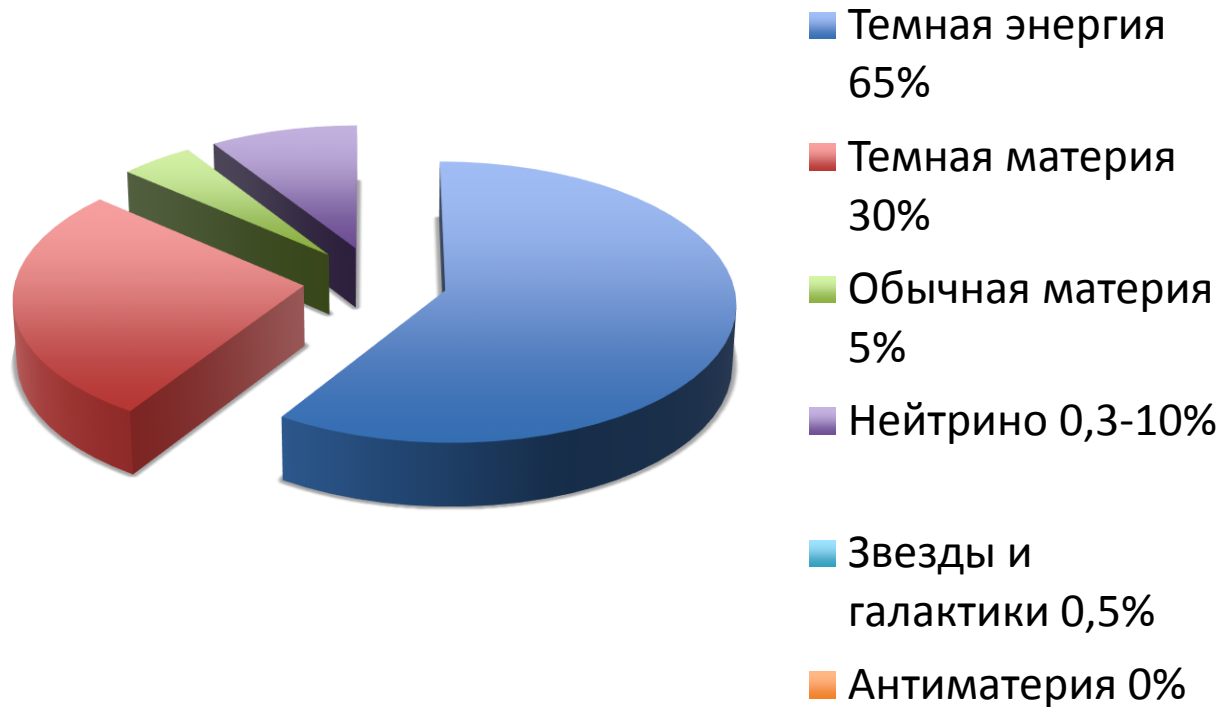
Bullet Cluster, Gravitational lensing, Wikipedia



Einstein Rings



Материя Вселенной



Сегодня мы ничего (!) не знаем о
95% материя Вселенной !

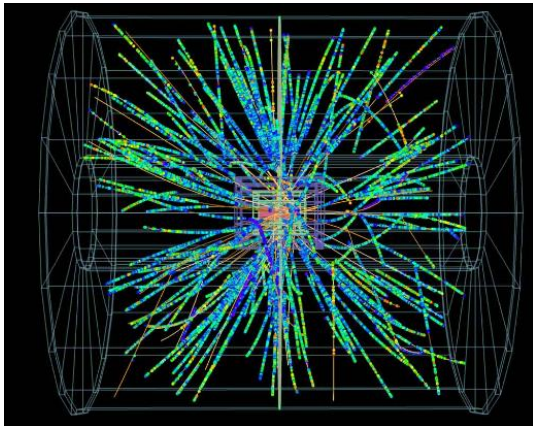
«Зоопарк» частиц:

Важные замечания:

1. В детекторе мы видим только частицы с достаточно большим временем жизни, позволяющим их зарегистрировать:

$\gamma, e, \mu, \pi, K, p, n$

2. Частица, чтобы быть зарегистрированной, должна испытать какое-то взаимодействие с детектором



<http://pdg.lbl.gov>

~ 180 Selected Particles

$\pi^{\pm}, W^{\pm}, Z^0, g, e, \mu, \nu_e, \nu_{\mu}, \nu_{\tau}, \tau^{\pm}, \pi^0, \eta, f_0(600), \rho(770), \omega(782), \eta'(958), f_0(980), a_0(980), \phi(1020), h_1(1170), b_1(1235), a_1(1260), f_2(1270), f_1(1285), \eta(1295), \pi(1300), a_2(1320), f_0(1370), f_1(1420), \omega(1420), \eta(1440), a_0(1450), \rho(1450), f_0(1500), f_2'(1525), \omega(1650), \omega_3(1670), \pi_2(1670), \phi(1680), \rho_3(1690), \rho(1700), f_0(1710), \pi(1800), \phi_3(1850), f_2(2010), a_4(2040), f_4(2050), f_2(2300), f_2(2340), K^{\pm}, K^0, K_S^0, K_L^0, K^*(892), K_1(1270), K_1(1400), K^*(1410), K_0^*(1430), K_2^*(1430), K^*(1680), K_2(1770), K_3^*(1780), K_2(1820), K_4^*(2045), D^{\pm}, D^0, D^*(2007)^0, D^*(2010)^{\pm}, D_1(2420)^0, D_2^*(2460)^0, D_2^*(2460)^{\pm}, D_s^{\pm}, D_s^{*\pm}, D_{s1}(2536)^{\pm}, D_{s2}(2573)^{\pm}, B^{\pm}, B^0, B^*(562)^{\pm}, B_s^0, B_c^{\pm}, \eta_c(1S), J/\psi(1S), \chi_{c0}(1P), \chi_{c1}(1P), \chi_{c2}(1P), \psi(2S), \psi(3770), \psi(4040), \psi(4160), \psi(4415), \Upsilon(1S), \chi_{b0}(1P), \chi_{b1}(1P), \chi_{b2}(1P), \Upsilon(2S), \chi_{b0}(2P), \chi_{b2}(2P), \Upsilon(3S), \Upsilon(4S), \Upsilon(10860), \Upsilon(11020), p, n, N(1440), N(1520), N(1535), N(1650), N(1675), N(1680), N(1700), N(1710), N(1720), N(2190), N(2220), N(2250), N(2600), \Delta(1232), \Delta(1600), \Delta(1620), \Delta(1700), \Delta(1905), \Delta(1910), \Delta(1920), \Delta(1930), \Delta(1950), \Delta(2420), \Lambda, \Lambda(1405), \Lambda(1520), \Lambda(1600), \Lambda(1670), \Lambda(1690), \Lambda(1800), \Lambda(1810), \Lambda(1820), \Lambda(1830), \Lambda(1890), \Lambda(2100), \Lambda(2110), \Lambda(2350), \Sigma^+, \Sigma^0, \Sigma^-, \Sigma(1385), \Sigma(1660), \Sigma(1670), \Sigma(1750), \Sigma(1775), \Sigma(1915), \Sigma(1940), \Sigma(2030), \Sigma(2250), \Xi^0, \Xi^-, \Xi(1530), \Xi(1690), \Xi(1820), \Xi(1950), \Xi(2030), \Omega^-, \Omega(2250)^-, \Lambda_c^+, \Lambda_c^0, \Sigma_c(2455), \Sigma_c(2520), \Xi_c^+, \Xi_c^0, \Xi_c^{\prime+}, \Xi_c^{\prime0}, \Xi_c(2645), \Xi_c(2780), \Xi_c(2815), \Omega_c^0, \Lambda_b^0, \Xi_b^0, \Xi_b^-, t, \bar{t}$

There are Many more

Физика частиц – Стандартная модель

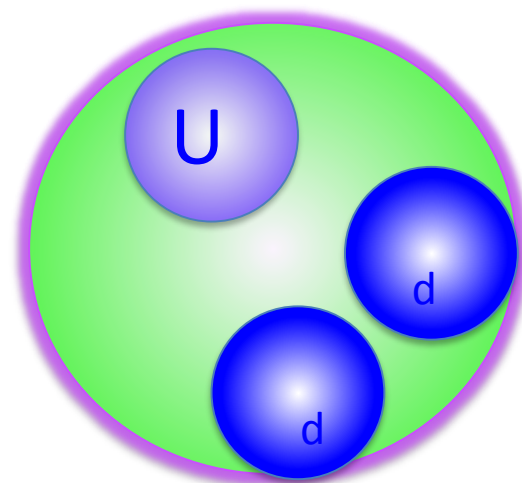
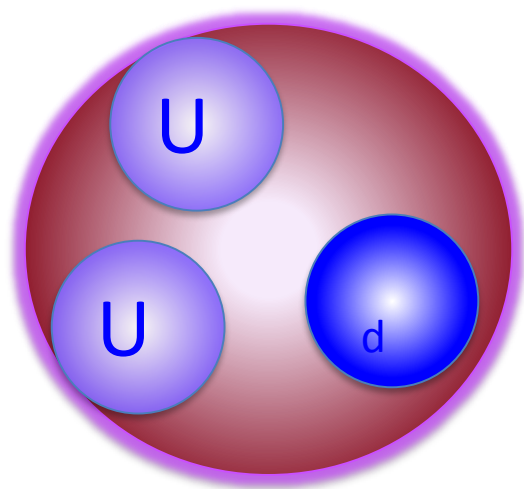
масса→ заряд→ спин→	$\approx 2.3 \text{ МэВ}/c^2$ 2/3 1/2 u верхний	$\approx 1.275 \text{ ГэВ}/c^2$ 2/3 1/2 c очарованный	$\approx 173.87 \text{ ГэВ}/c^2$ 2/3 1/2 t истинный	0 0 1 g глюон	$\approx 126 \text{ ГэВ}/c^2$ 0 0 H бозон Хиггса
КВАРКИ	$\approx 4.6 \text{ МэВ}/c^2$ -1/3 1/2 d нижний	$\approx 95 \text{ МэВ}/c^2$ -1/3 1/2 s странный	$\approx 4.18 \text{ ГэВ}/c^2$ -1/3 1/2 b прелестный	0 0 1 γ фотон	
	$0.511 \text{ МэВ}/c^2$ -1 1/2 e электрон	$105.7 \text{ МэВ}/c^2$ -1 1/2 μ мюон	$1.777 \text{ ГэВ}/c^2$ -1 1/2 τ тау	$91.2 \text{ ГэВ}/c^2$ 0 1 Z Z бозон	КАЛИБРОВОЧНЫЕ БОЗОНЫ
ЛЕПТОНЫ	$\approx 2.2 \text{ эВ}/c^2$ 0 1/2 ν_e электронное нейтрино	$\approx 0.17 \text{ МэВ}/c^2$ 0 1/2 ν_μ мюонное нейтрино	$\approx 15.5 \text{ МэВ}/c^2$ 0 1/2 ν_τ тау нейтрино	$80.4 \text{ ГэВ}/c^2$ ± 1 1 W W бозон	



Три семейства **кварков** и **лептонов**

Калибровочные бозоны --
переносчики
взаимодействия

Протон и нейтрон

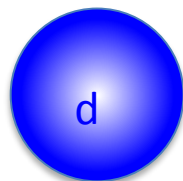


Протон
(заряд = **+1**)

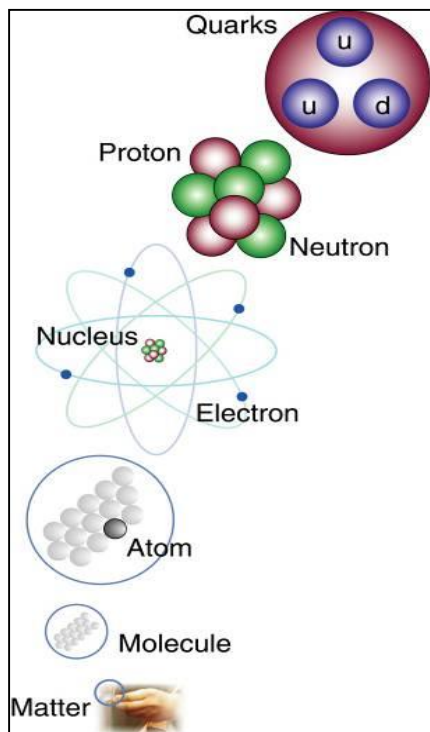
Нейтрон
(заряд = 0)



up –кварк (заряд = **+2/3**)



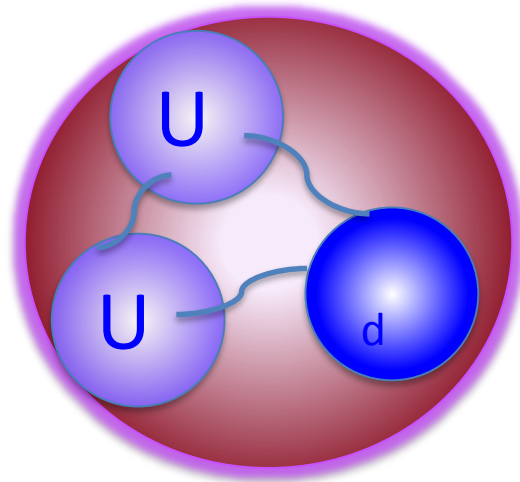
down –кварк (заряд = **-1/3**)



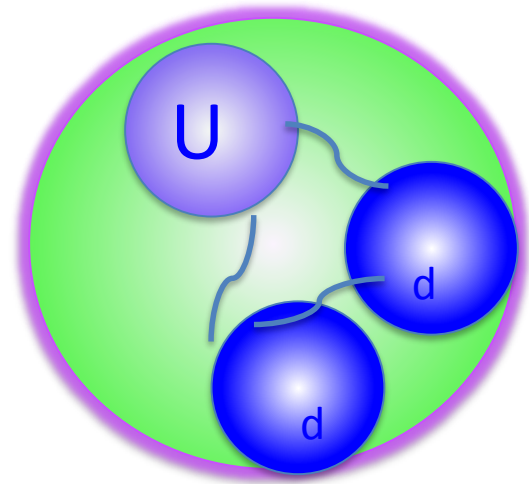
Протон и нейтрон: кварки и глюоны


Glue (англ.)
- клей

Глюоны
(масса=0)
отвечают за
сильное
взаимодействие



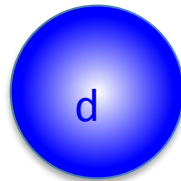
Протон
(заряд = +1)



Нейтрон
(заряд = 0)

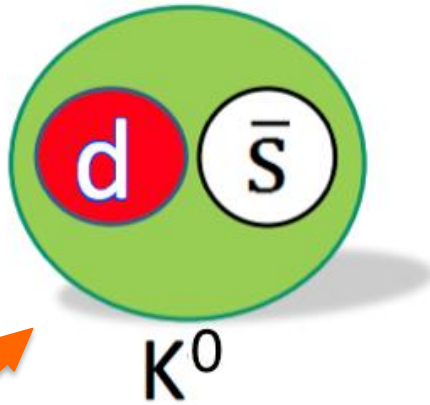


up-кварк (заряд = +2/3)

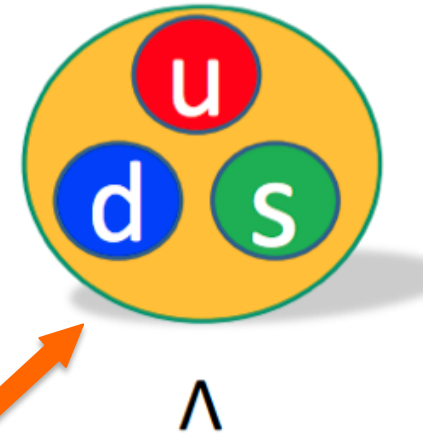


down-кварк (заряд = -1/3)

Странные частицы - содержащие хотя бы один странный кварк

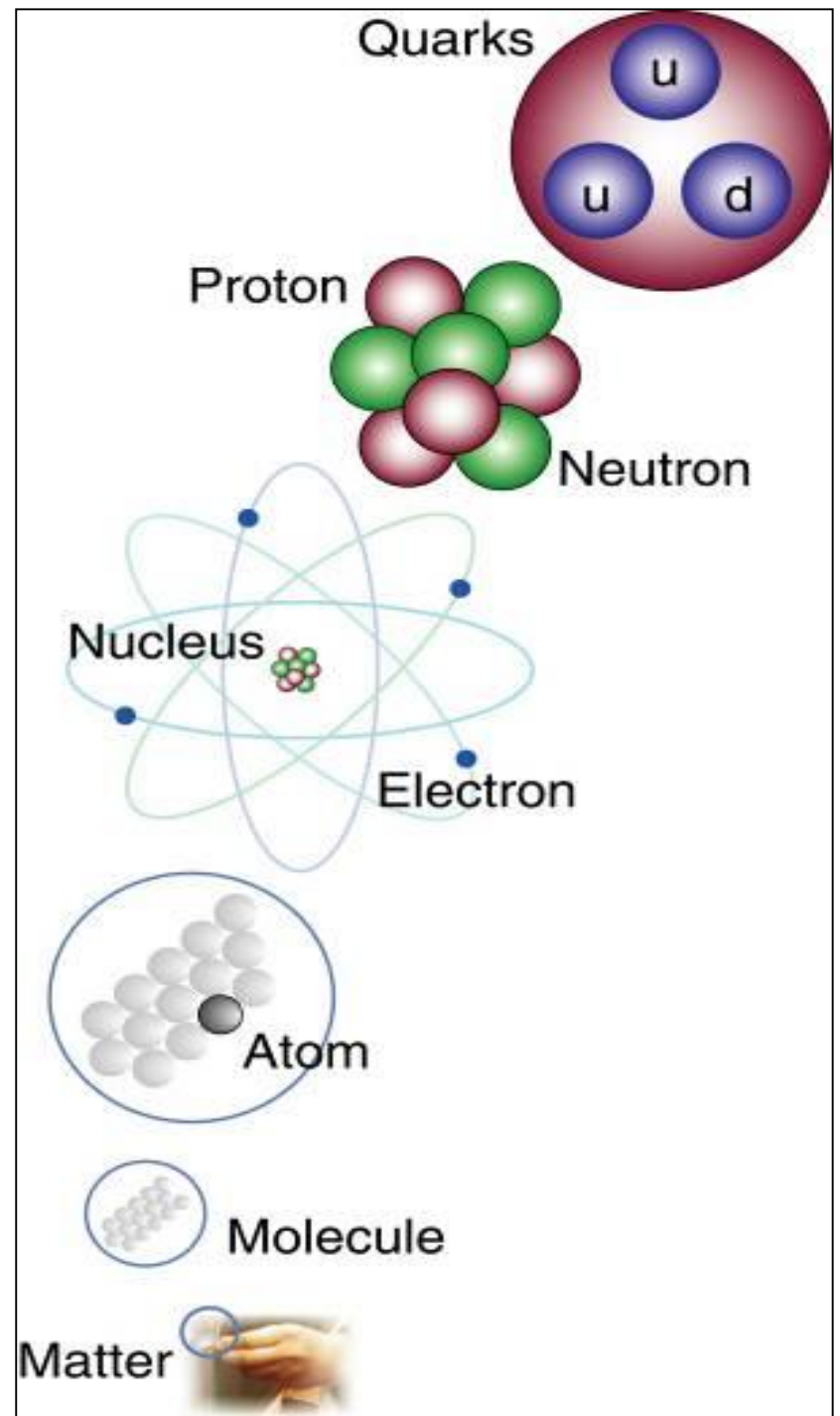


мезон
состоит из кварка и антикварка



барион
состоит из трех кварков
либо антикварков

Физика Частиц



Физика частиц

- Из чего, из каких составляющих, состоит все, что вокруг нас?

Физика частиц

- Из чего, из каких составляющих, состоит все, что вокруг нас?
- Почему это все так сложено вместе?

Физика частиц

- Из чего, из каких составляющих, состоит все, что вокруг нас?
- Почему это все так сложено вместе?
- **Какие силы действуют между этими элементарными «кирпичиками»?**

Физика частиц

- Из чего, из каких составляющих, состоит все, что вокруг нас?
- Почему это все так удачно сложено вместе?
- Какие силы действуют между этими элементарными «кирпичиками»?
- Как исследовать их взаимодействия друг с другом?

Физика частиц

- Как исследовать эти частицы и их взаимодействия друг с другом?

Физика частиц

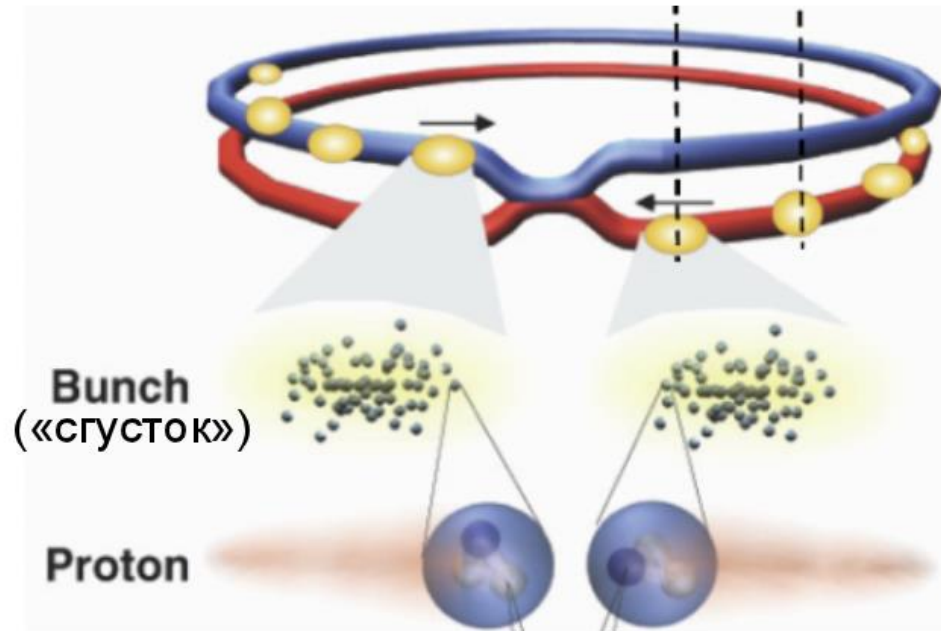
➤ Как исследовать частицы и их взаимодействия друг с другом?

Ответ: « Очень просто –
надо разобрать все на части
и посмотреть как все устроено!»



Физика частиц и ускорители

Встречные **пучки** в LHC и **сгустки** протонов в них



Лабораторные исследования материи в экстремальных состояниях на Большом адронном коллайдере



Ускоритель частиц как микроскоп

Ускоренные частицы и длина волны Де-Бройля
(дуализм «волна-частица»)

Пример – дифракция электронов на диске

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

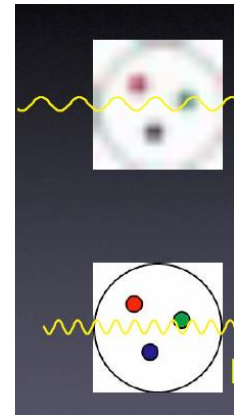
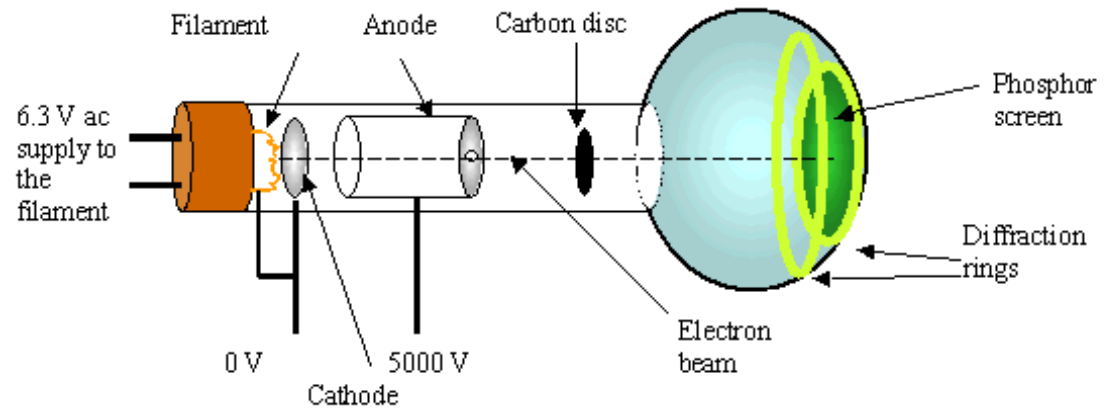
λ = wavelength

h = Planck's constant ($6.63 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$)

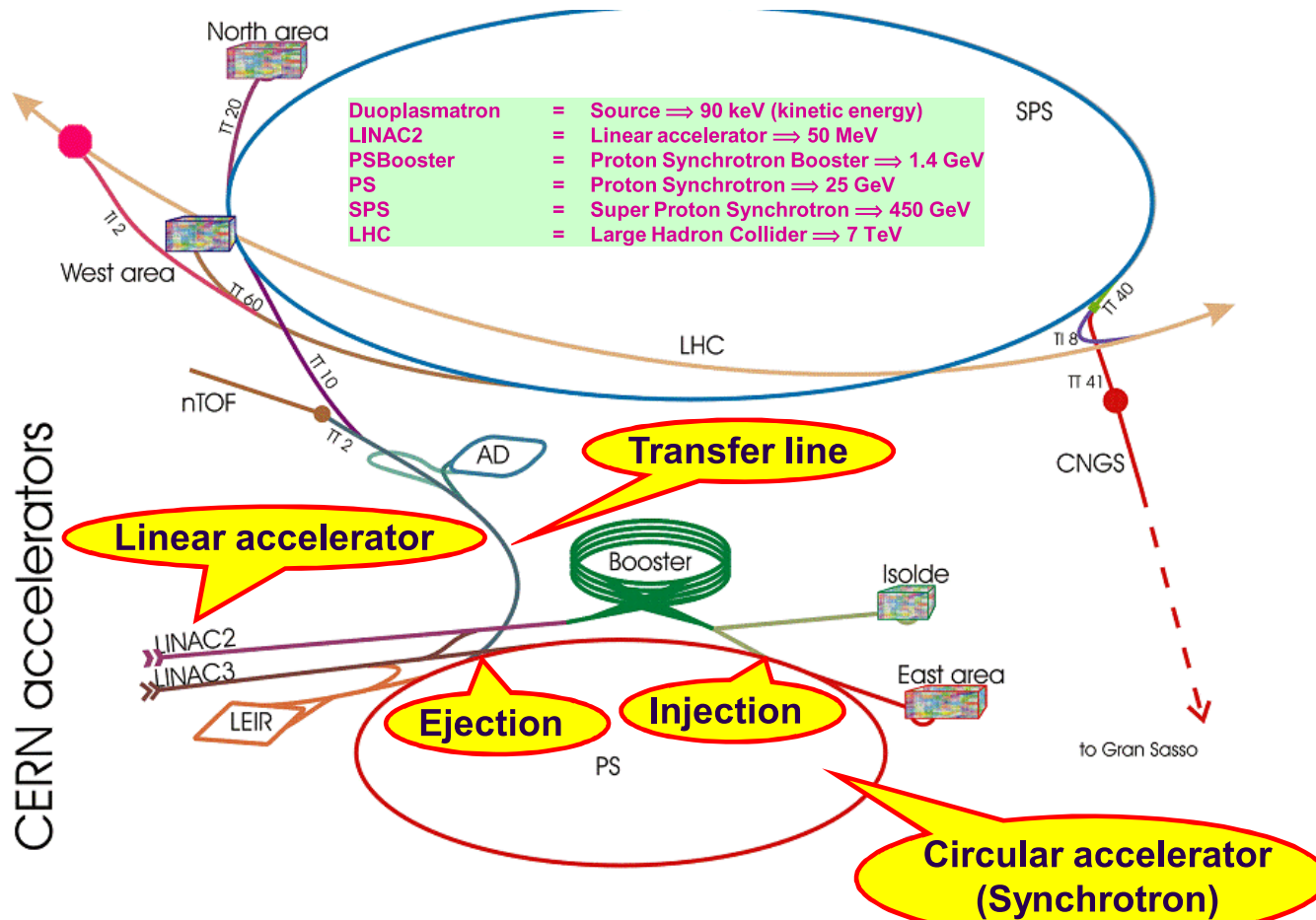
p = momentum

m = mass

v = speed

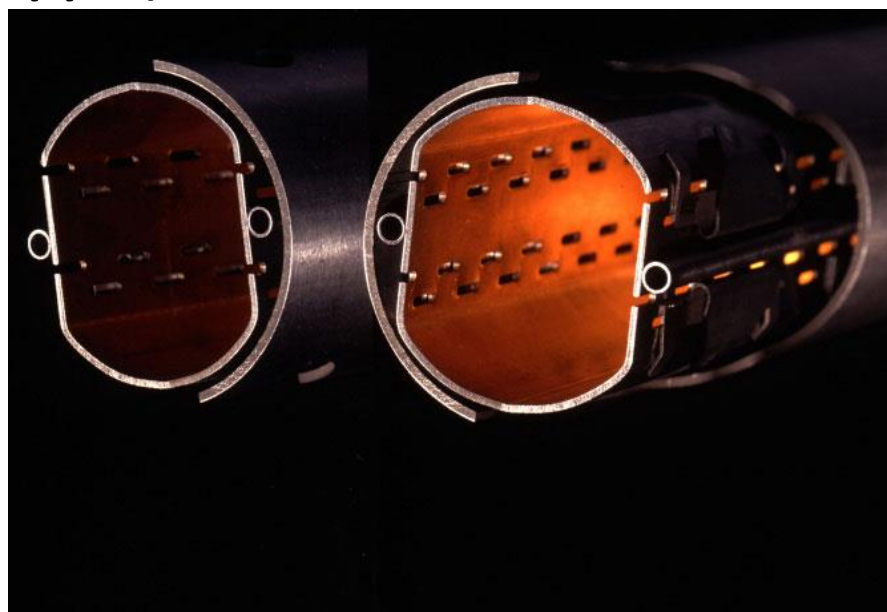
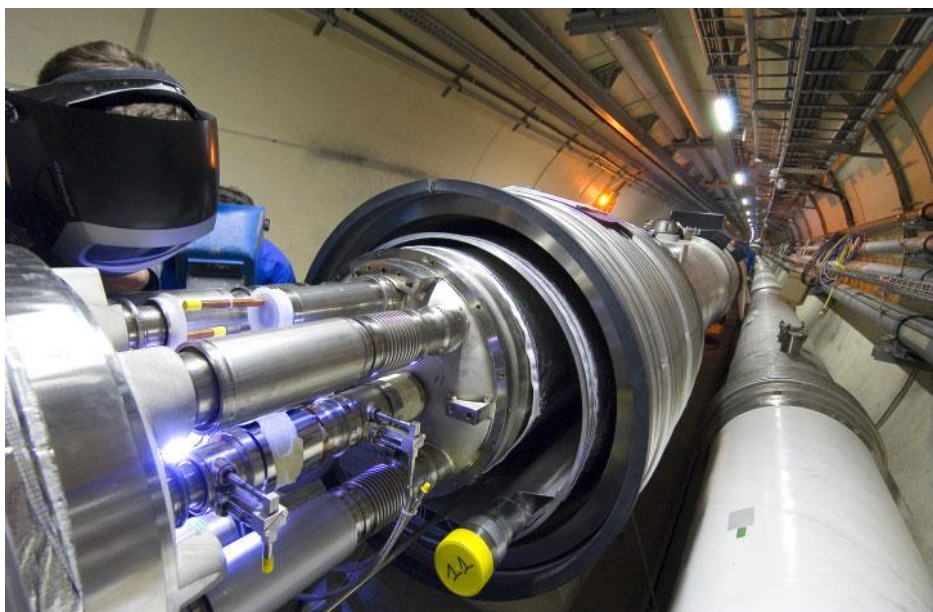


Большой адронный коллайдер



Большой адронный коллайдер

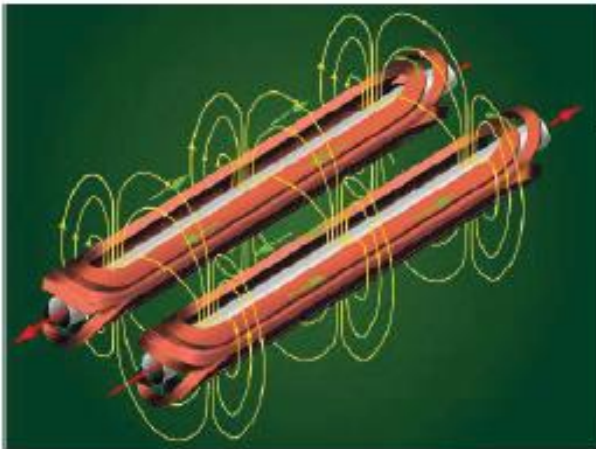
Самое *пустое* место во Вселенной (ультравысокий вакуум)



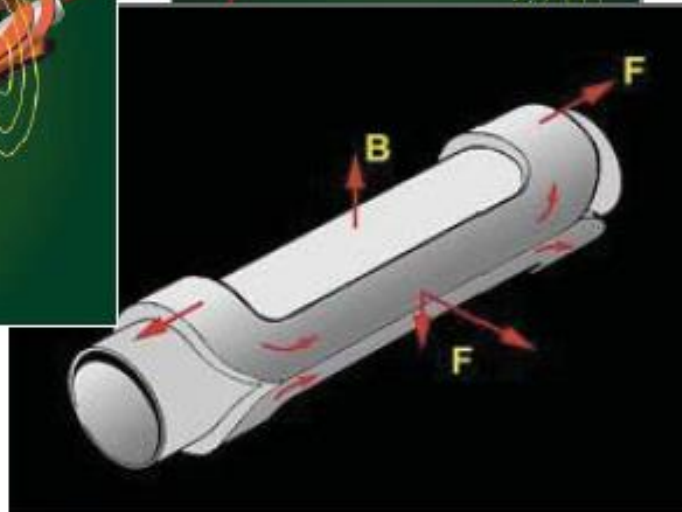
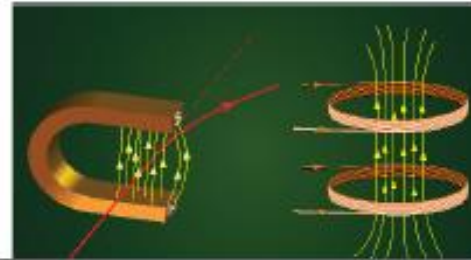
Большой адронный коллайдер

Поворотные магниты

Для удержания частиц в вакуумной трубе ускорителя требуется магнитное поле, перпендикулярное плоскости ускорителя.



Поэтому в магнитах Большого Адронного Коллайдера провода электромагнитных катушек наматывались не вокруг вакуумной трубы, а вдоль нее.



Базовая форма электромагнитной катушки для поворотного (дипольного) магнита

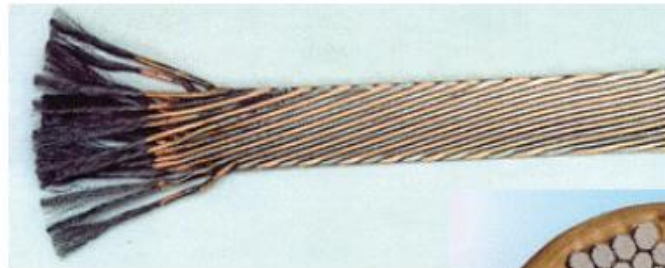
Большой адронный коллайдер

Самое *холодное* место во Вселенной -271 град.С



Большой адронный коллайдер

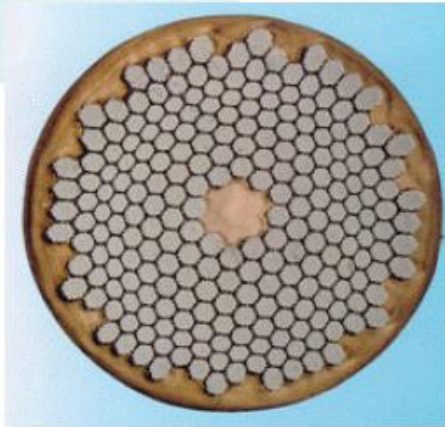
Сверхпроводящий кабель



Сверхпроводящий кабель состоит из 36 проводов диаметром 0.825 мм каждый. Каждый провод содержит около 6300 сверхпроводящих волокон из ниобий-титана.



Толщина волокон - 0.006мм (в 10 раз тоньше человеческого волоса). В течение нескольких лет на создание волокон для LHC уходило свыше четверти всего производимого в мире ниобий-титанового сплава.

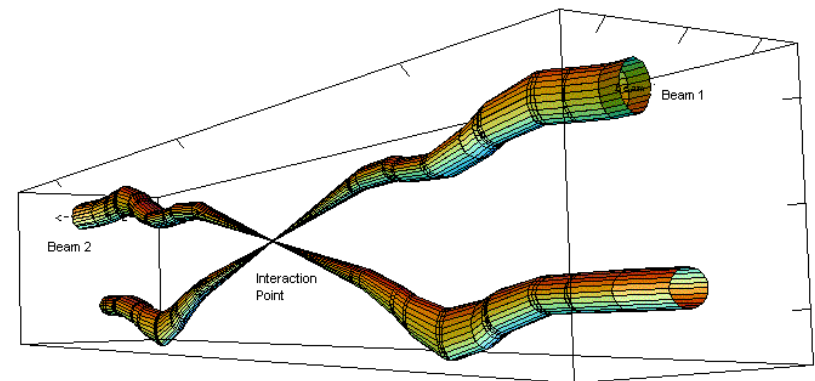


Для справки – потребление электроэнергии на БАК сопоставимо с расходами на все 500 000 домов Женевы!

Циркуляция пучка протонов в LHC:

Скорость протонов в Большом адронном коллайдере = **99.999999%** c

СПРАВКА: За время ~ 10 часов протоны могут пролететь по кольцу LHC расстояние примерно равному **от Земли до планеты Нептун и обратно.**

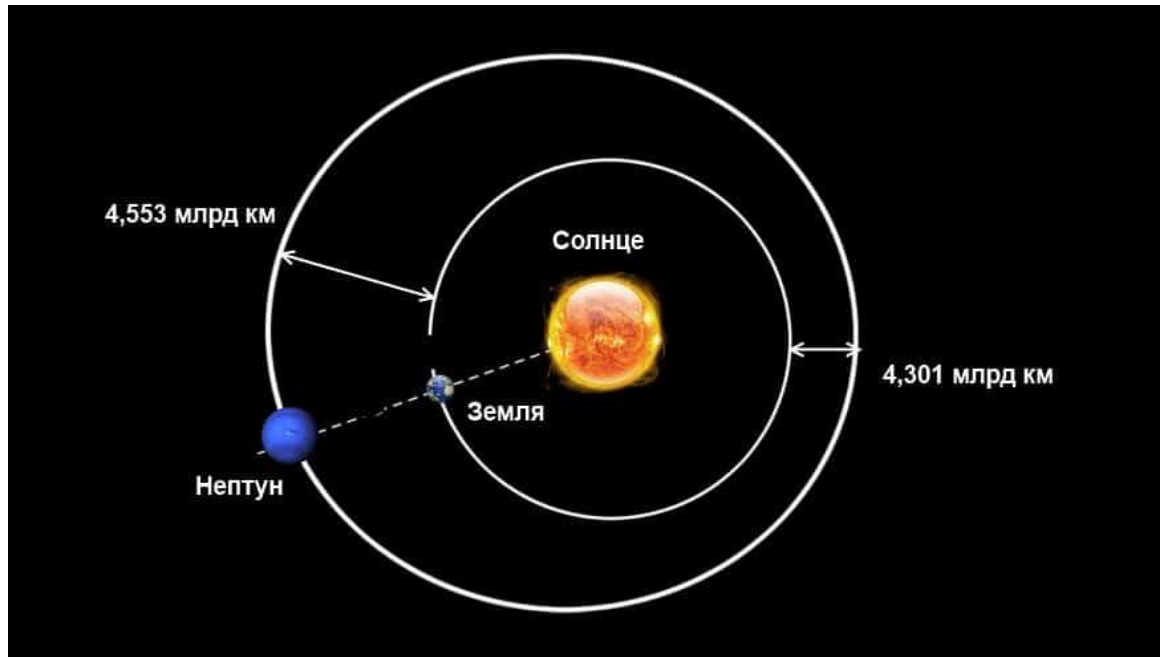


Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision

Циркуляция пучка протонов в LHC:

Скорость протонов в Большом адронном
коллайдере = **99.999999%** c

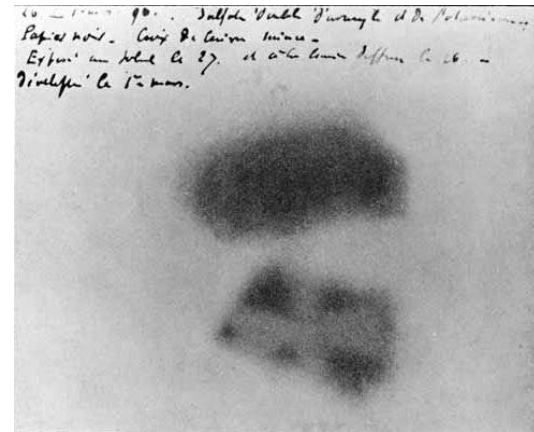
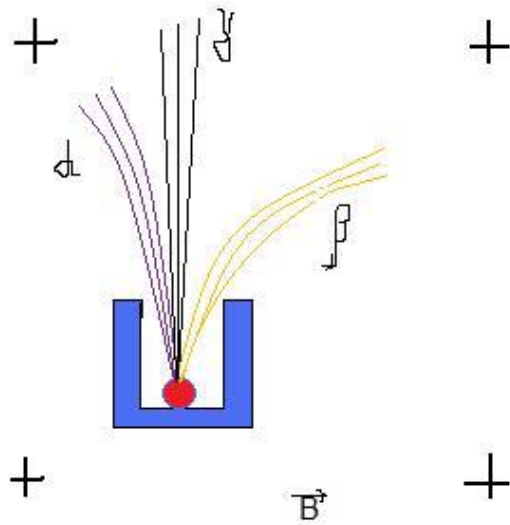
СПРАВКА: За время ~ 10 часов протоны могут пролететь по кольцу LHC расстояние примерно
равное расстоянию **от Земли до планеты Нептун и обратно.**



Физика частиц

Что мы регистрируем?

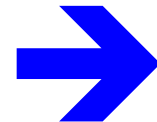
Физика частиц: Детекторы



Изображение на фотопластинке
Беккереля

“альфа”-, “бета”- и “гамма”-излучение
-- траектории частиц в магнитном поле

«...там невиданных дорожках следы неведомых зверей...»



Следы на снегу

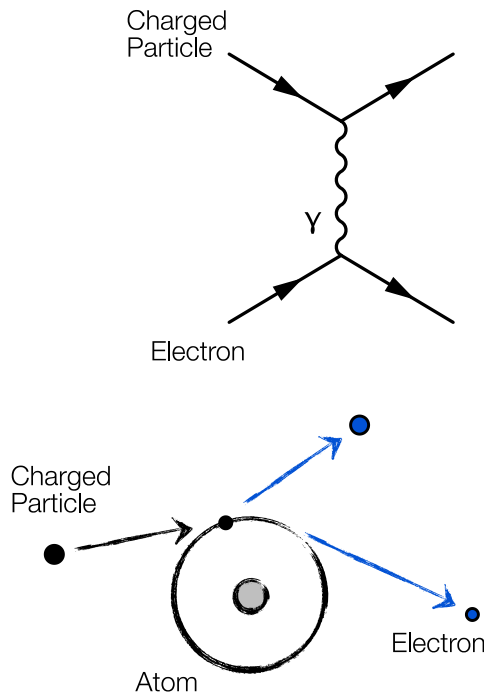


Физика частиц: взаимодействия

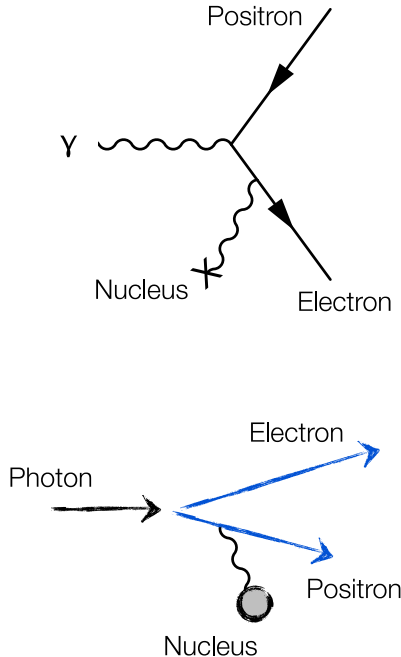
Взаимодействие	Зависимость от расстояния	Радиус взаимодействия (м)	Относительная сила
Гравитация	$1/r^2$	Бесконечен	1
Слабое	$1/r$	$\sim 10^{-18}$	10^{25}
Электромагнитное	$1/r^2$	Беск.	10^{36}
Сильное	1	$\sim 10^{-15}$	10^{38}

Примеры электромагнитного взаимодействия частиц с

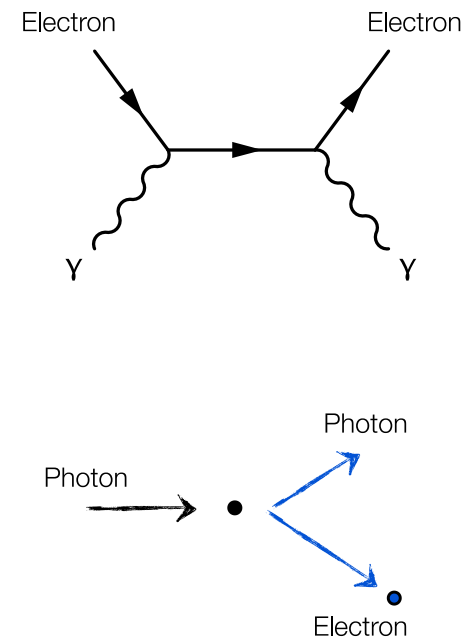
Ionization:



Pair production:



Compton scattering:



Некоторые величайшие открытия:

1897 Discovery of **electron** **J.J. Thomson**

1898 Paul Villard, a French physicist, is credited with discovering **gamma rays**.

1901 The Nobel Prize in Physics to **Wilhelm Conrad Röntgen** "in recognition of the extraordinary services he has rendered by the discovery of **the remarkable rays subsequently named after him**".

1903 The Nobel Prize in Physics to **Antoine Henri Becquerel** "in recognition of the extraordinary services he has rendered by his discovery of **spontaneous radioactivity**", and jointly to **Pierre Curie and Marie Curie**, "in recognition of the extraordinary services they have rendered by their joint researches on the radiation phenomena discovered by Professor Henri Becquerel".

1906 The Nobel Prize in Physics to **J.J. Thomson** "in recognition of the great merits of his theoretical and experimental investigations on the conduction of electricity by gases".

1908 The Nobel Prize in Chemistry to **Ernest Rutherford** "*for his investigations into the **disintegration of the elements**, and the chemistry of radioactive substances*".

1909-1911 Discovery of **the atomic nucleus**: **Hans Geiger, Ernest Marsden and E.Rutherford**

1919 – Discovery of **the proton** by **E.Rutherford**

1932 – discovery of the neutron, James Chadwick, The Nobel Prize in Physics 1935

1936 *The Nobel Prize in Physics 1936* **Victor F. Hess** "*for his discovery of cosmic radiation*" and **Carl David Anderson** "*for his discovery of the **positron***".

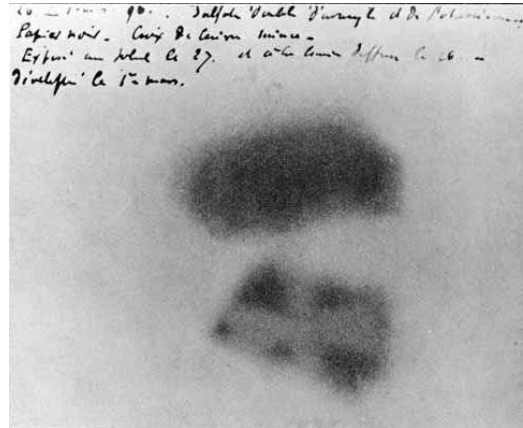
1939 The Nobel Prize in Physics was awarded to **Ernest Lawrence** "*for the invention and development of **the cyclotron** and for results obtained with it, especially with regard to artificial radioactive elements*".

Антуан Анри Беккерель (1852-1908), французский физик, Лауреат Нобелевской премии 1903



Изображение фотопластинки
Беккереля

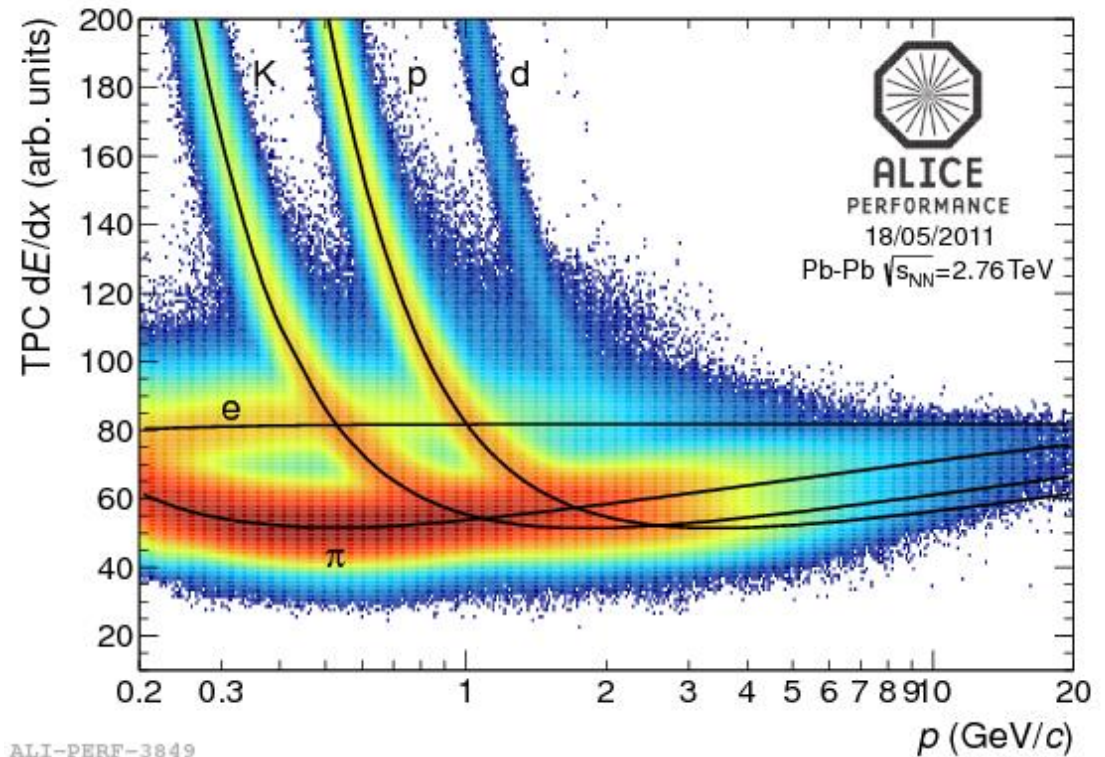
ель,



1896 – открытие естественной радиоактивности во время работ по исследованию фосфоресценции в солях урана (сульфат уранил-калия $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ _

Следы частиц: потери на ионизацию

Потери энергии на ионизацию в зависимости от импульса частицы:



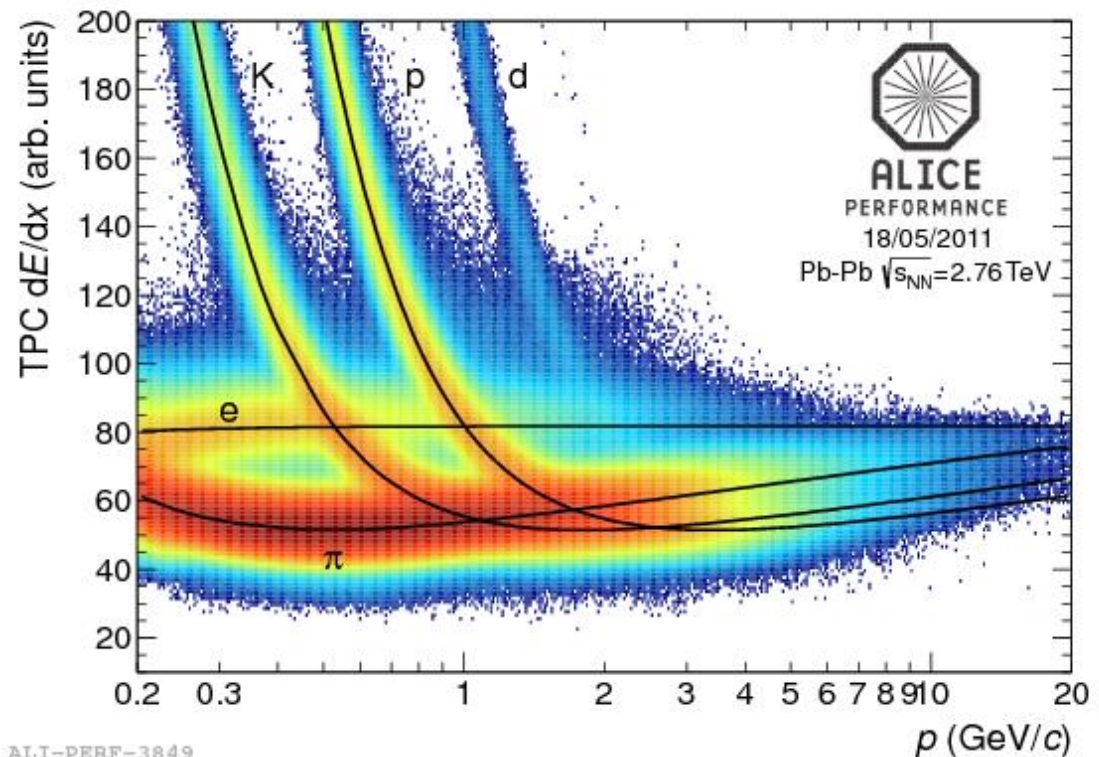
Как работает в этой формуле фактор $1/\beta^2$ для заряженных частиц?

Следы частиц: потери на ионизацию

$$\frac{dE}{dx} = Kn_e \frac{Z_{\text{eff}}^2}{\beta^2} \left\{ \ln \left[\frac{2m_e c^2 \beta^2}{(1-\beta^2)I} \right] - \beta^2 \right\}$$

Формула Бете-Блоха

Потери энергии dE на ионизацию атомов после прохождения слоя толщиной dx частицей с зарядом Z_{eff} , летящей со скоростью β в среде с электронной плотностью n_e и средней энергией ионизации I



ALI-PERF-3849

Как работает в этой формуле фактор $1/\beta^2$ для заряженных частиц?

Следы частиц **вчера:** ... фотоэмульсии



Трек (track) – видимый след, оставляемый *заряженной* частицей (или атомным ядром) в веществе детектора частиц и воспроизводящий траекторию её движения.

Рис. Распад ${}^4_2\text{He} \rightarrow {}^1_1\text{H} + {}^1_1\text{H} + {}^2_1\text{H} + \pi$ на лету (фотоэмульсия).

вчера: Треки частиц в пузырьковой камере в магнитном поле

На частицу с зарядом q , движущуюся со скоростью V в магнитном поле с напряженностью B действует сила Лоренца:

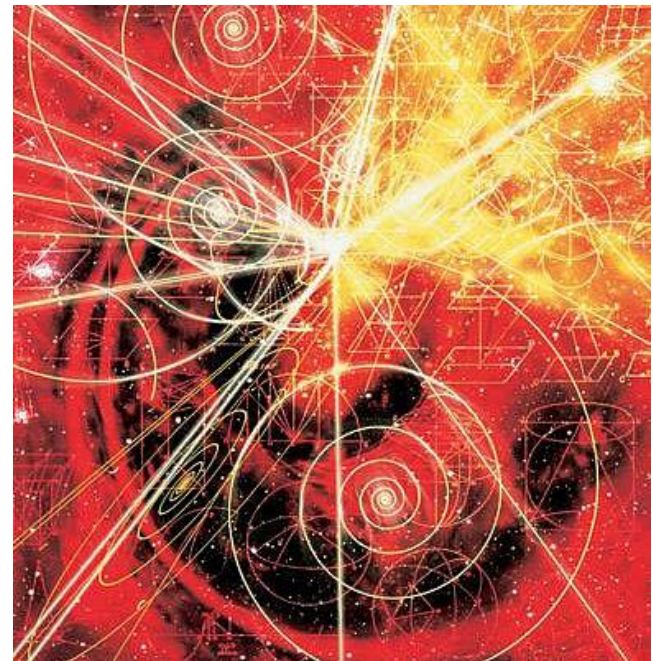
$$F_L = qVB.$$

$$qVB = \frac{mV^2}{R}$$

m – масса частицы

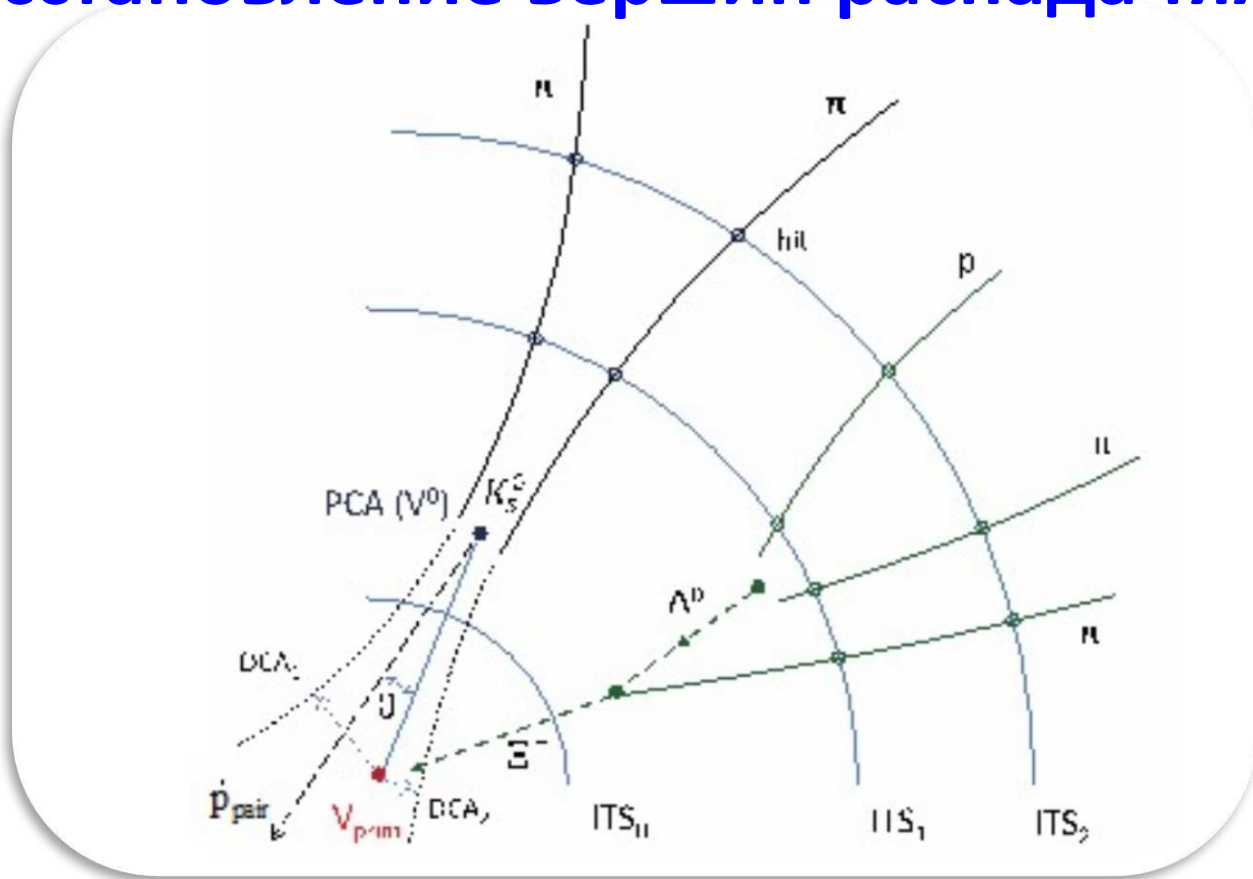
R – радиус окружности

Измерив R – найдем
импульс mV

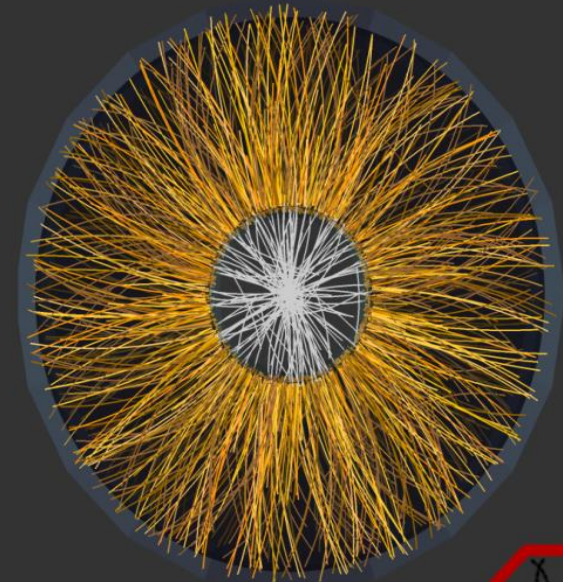
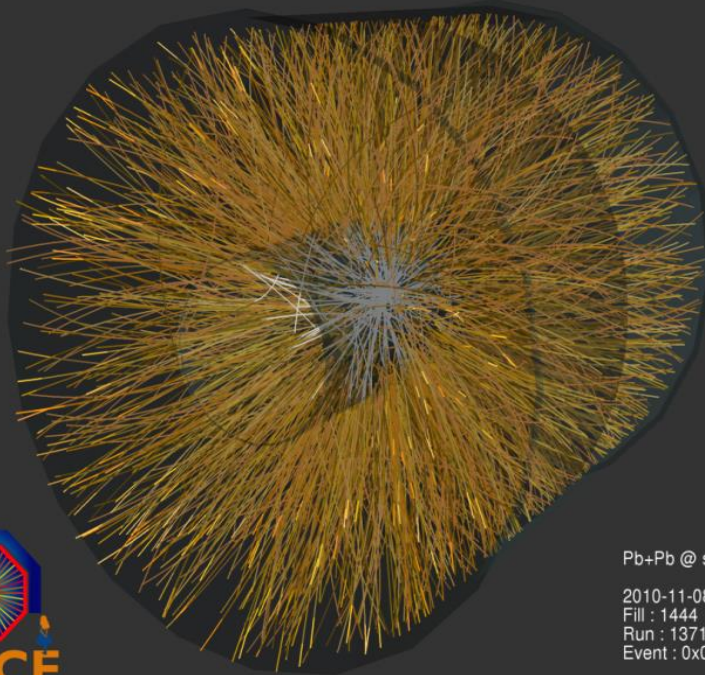


Трековые детекторы ALICE

Восстановление вершин распада тяжелых частиц:



Сегодня: *электронный* эксперимент – тысячи частиц в одном событии!



Pb+Pb @ \sqrt{s} = 2.76 ATeV
2010-11-08 11:29:42
Fill : 1444
Run : 137124
Event : 0x00000000271EC693



ДЕТЕКТОРЫ

для регистрации и идентификации частиц

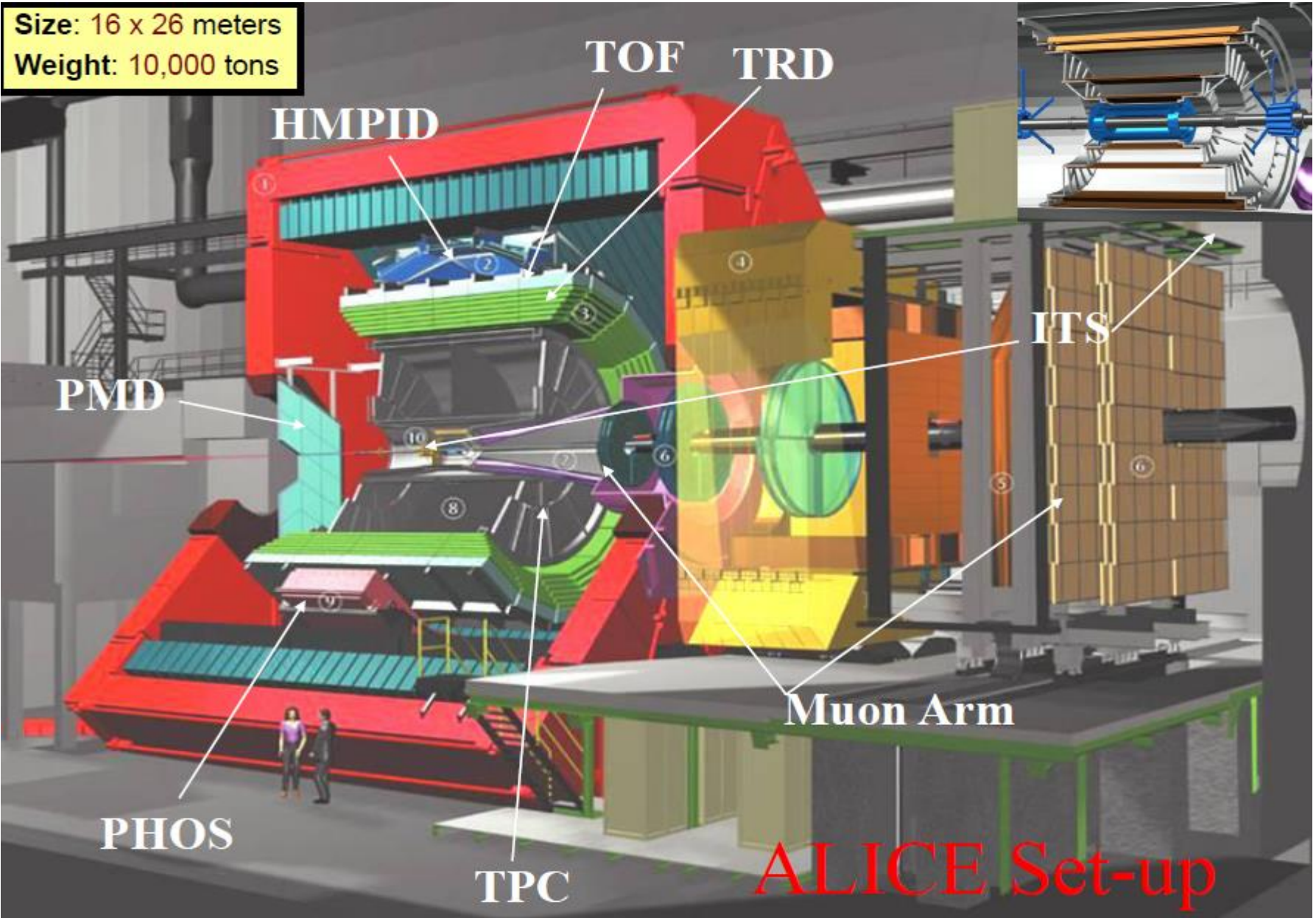
- трековые (dE/dx , Z , p)
- калориметры (E)
- времяпролетные (t)
- черенковского излучения (v/c)
- переходного излучения
- ...

- *...это очень обширная тема!*

Установка ALICE (A Large Ion Collider Experiment)

26 м длина, 16 м высота, 16 м ширина. Вес: 10 000 тонн

Size: 16 x 26 meters
Weight: 10,000 tons



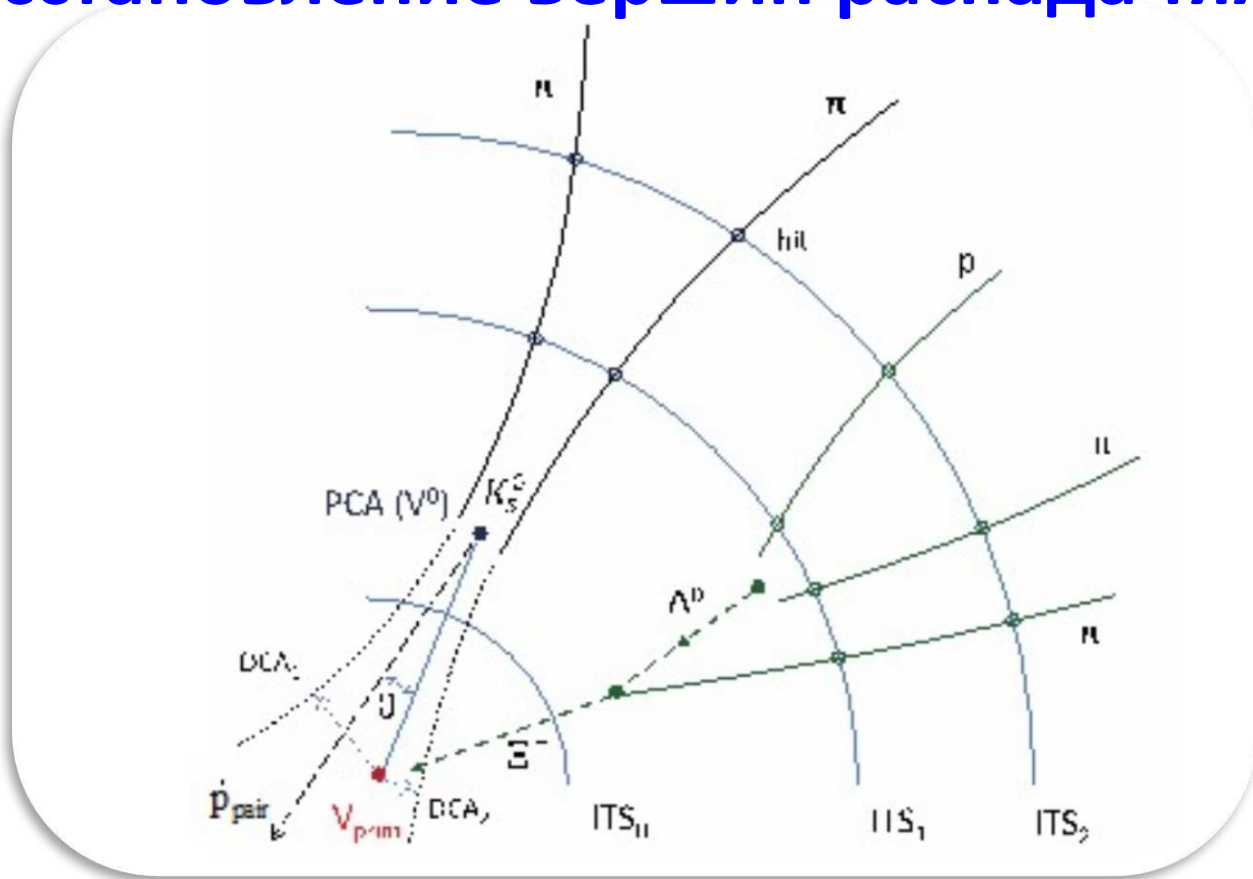
ALICE Set-up

Международное сотрудничество
коллаборация ALICE -- 35 стран 118 университетов
более 1300 участников



Трековые детекторы ALICE

Восстановление вершин распада тяжелых частиц:



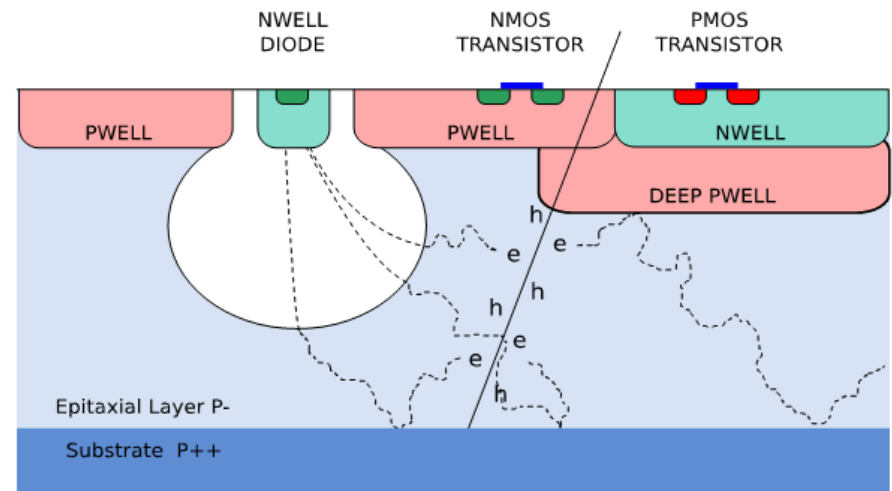
Трековые детекторы ALICE:



ITS – Inner Tracking System
СЕГОДНЯ: Вершинный кремниевый трекер

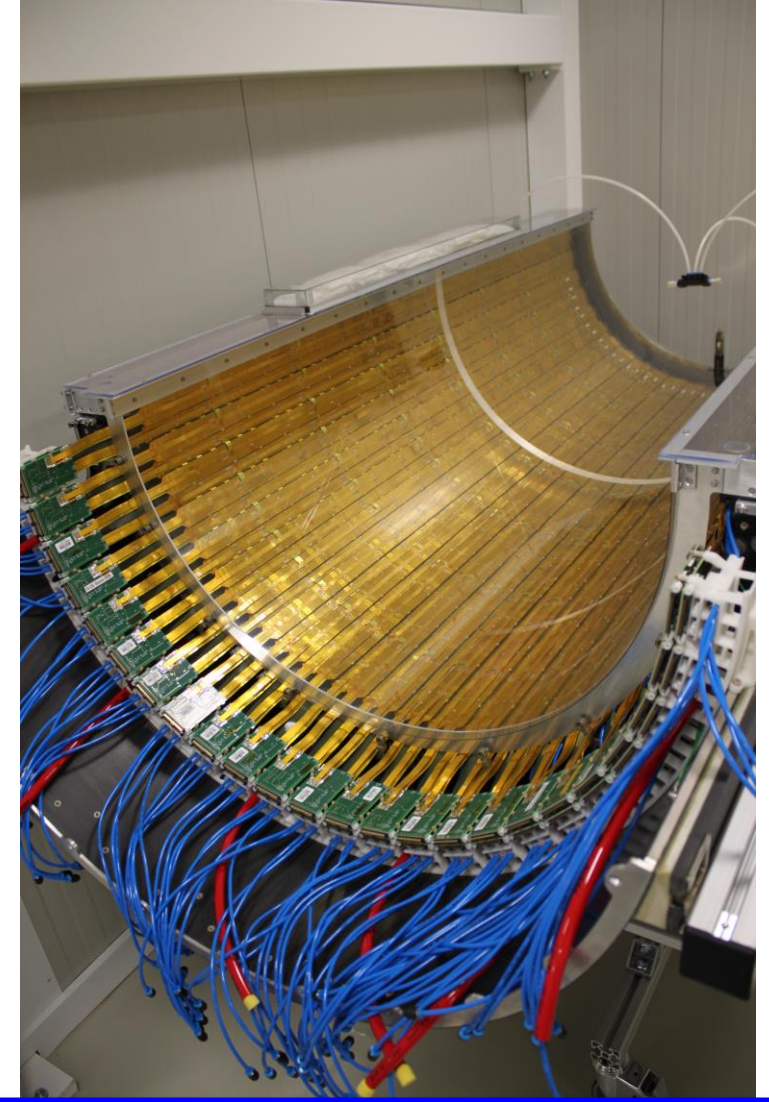
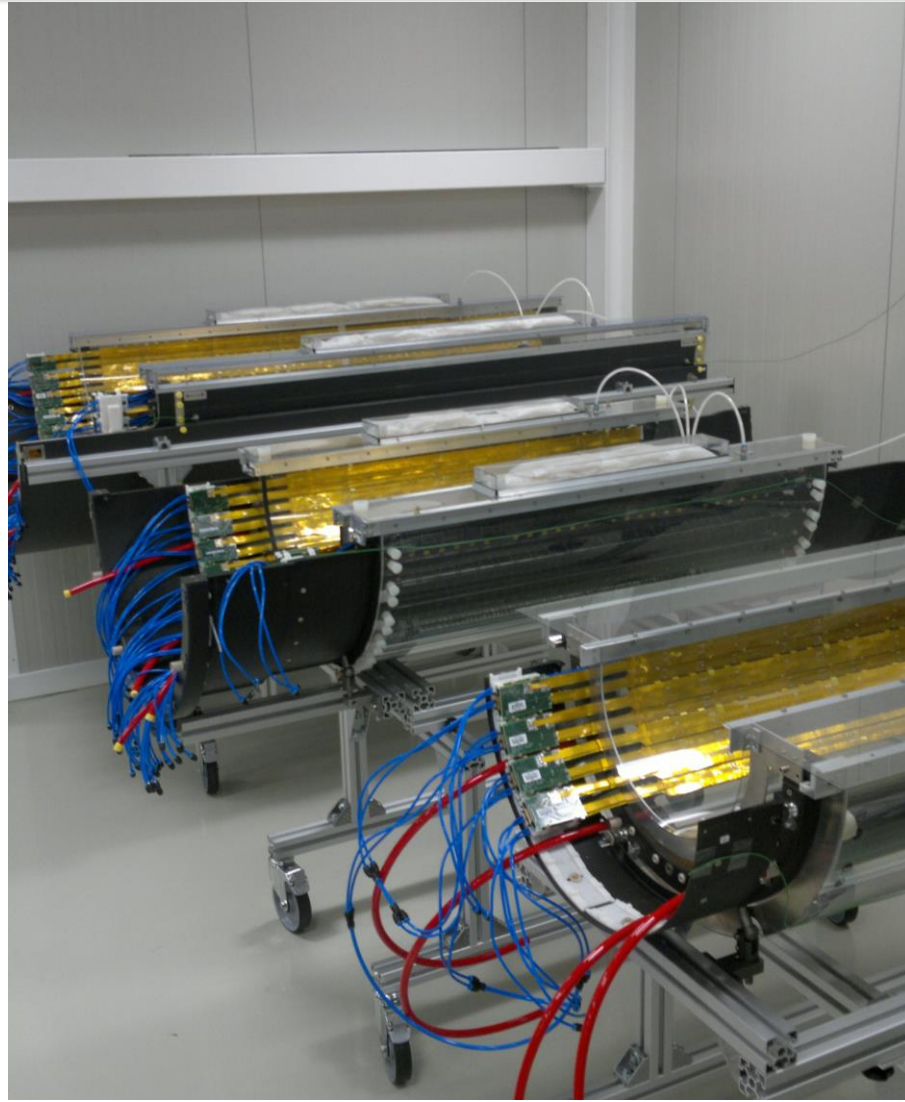
ЗАВТРА:

Новейшие монокристаллические кремниевые пиксельные детекторы для ALICE (толщиной 50 микрон!).
Иллюстрация работы:

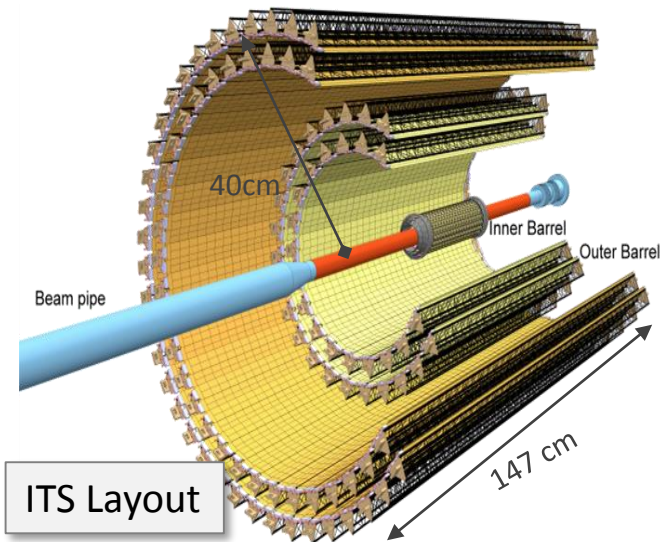


ITS/ALICE upgrade in January-March 2019

Saint-Petersburg State University (SPbSU)

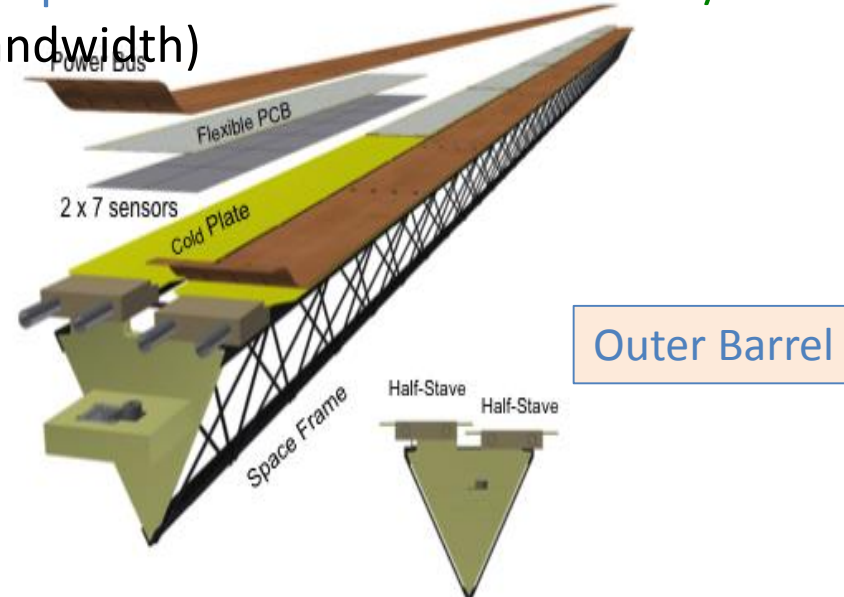
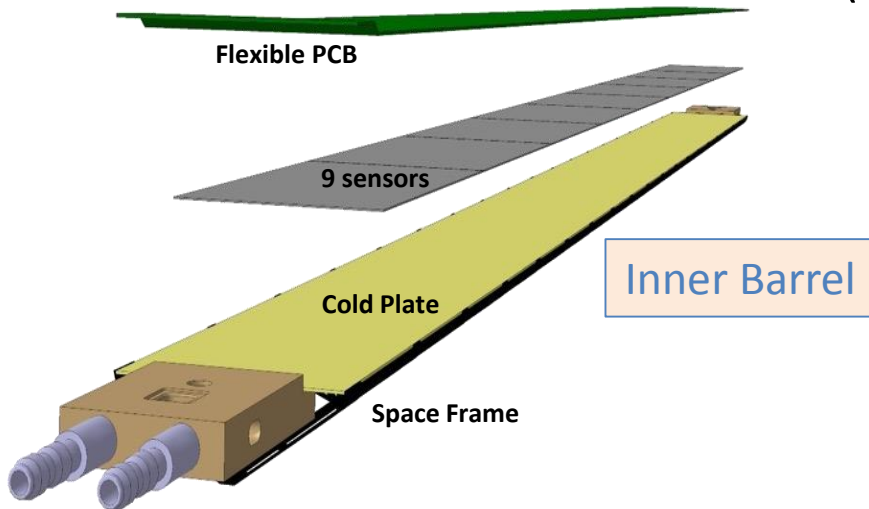


ITS Upgrade Overview



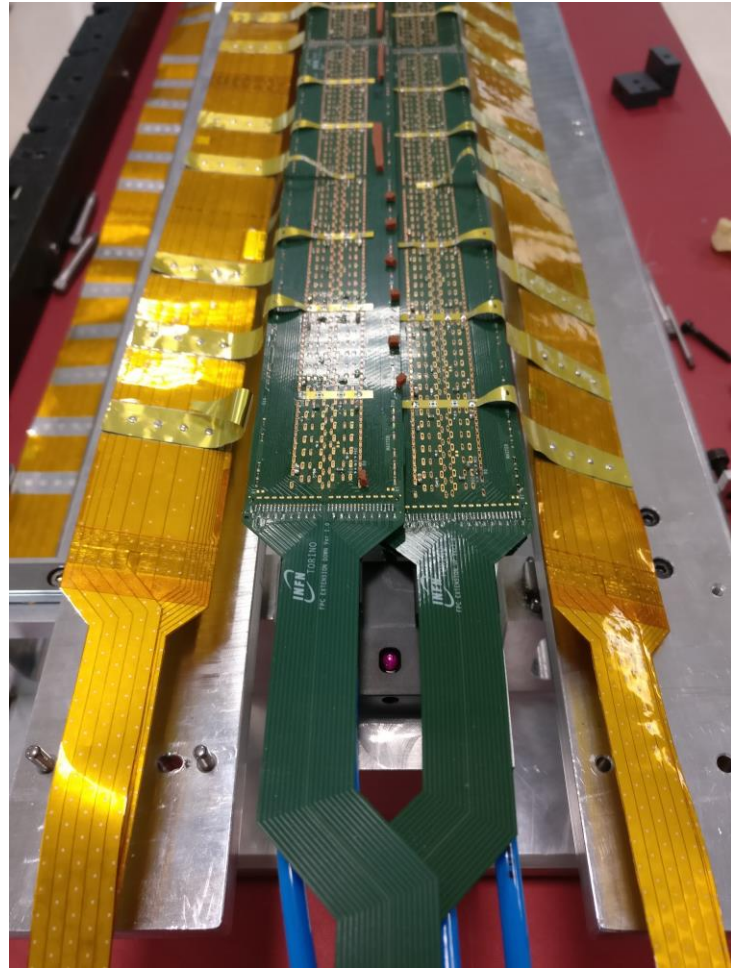
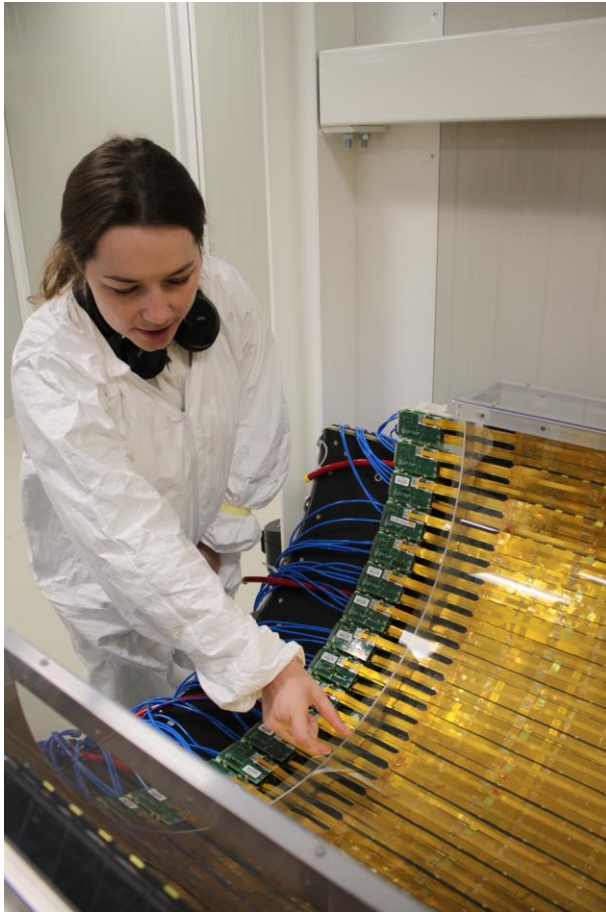
Based on novel MAPS (ALPIDE)

- 10 m² active silicon area (12.5 G-pixels)
- Spatial resolution $\sim 5 \mu\text{m}$
- Power density $< 40 \text{ mW} / \text{cm}^2$
- Max particle rate $\sim 100 \text{ MHz} / \text{cm}^2$ (pile-up)
- Max particle readout rate $\sim 10 \text{ MHz} / \text{cm}^2$ (bandwidth)

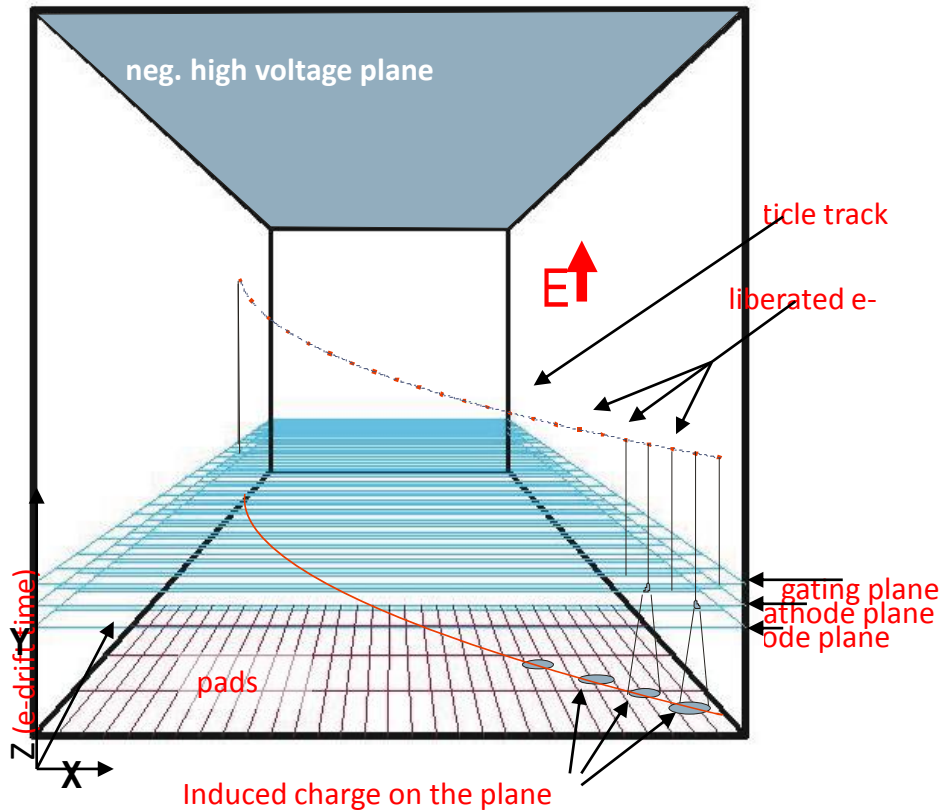


ITS/ALICE upgrade in January-March 2019

Saint-Petersburg State University (SPbSU)



Время-проекционная камера



Полная 3-х мерная реконструкция треков:

x-y - проволоочки и сегменты катода (MWPC or GEM)

z - по времени дрейфа

Импульсное разрешение:

- пространственное разрешение
- точность магнитного поля
- многократное рассеяние

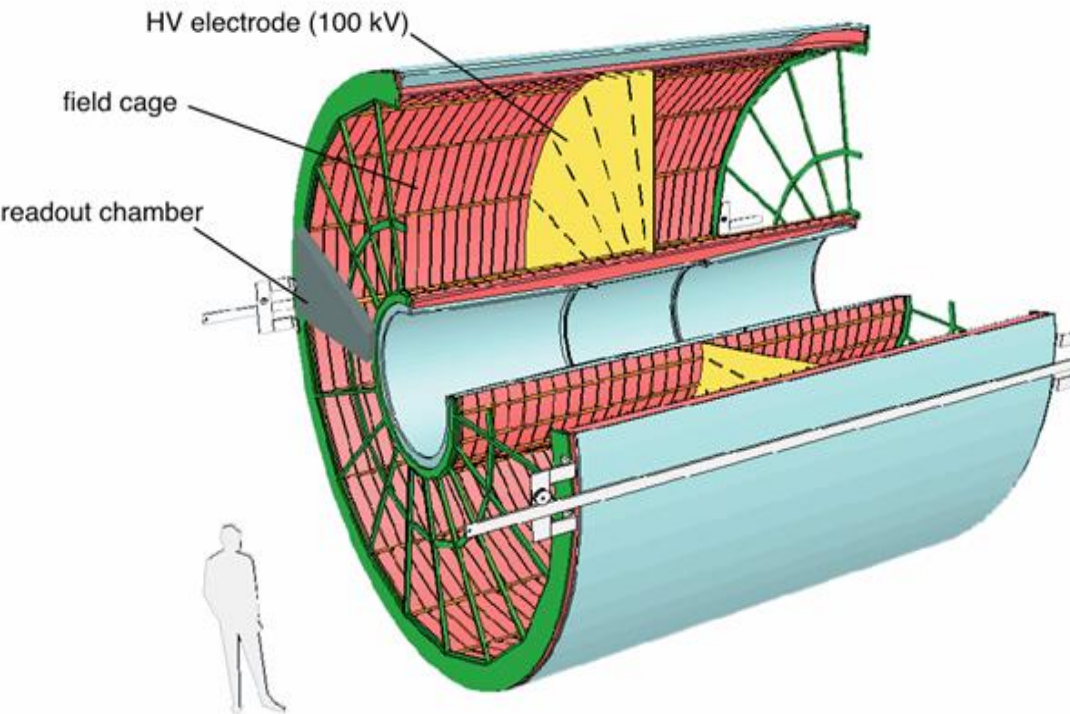
Энергетическое разрешение:

- начальная ионизация

Трековые детекторы ALICE:

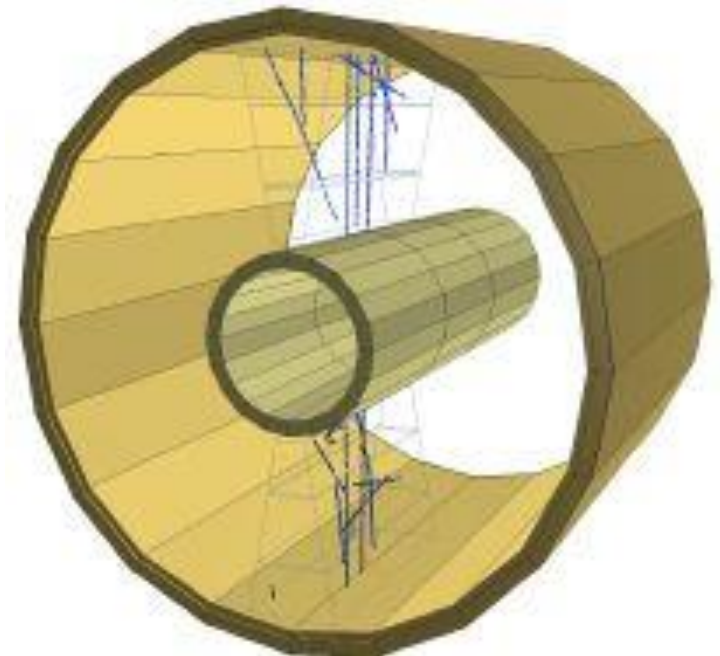
Самая большая в мире:
88 m³, l = 5 m, d = 5.6m
570 k channels

СЕГОДНЯ: TPC
Time Projection Chamber



16 May 2006

First cosmic and laser tracks !









Газовые детекторы

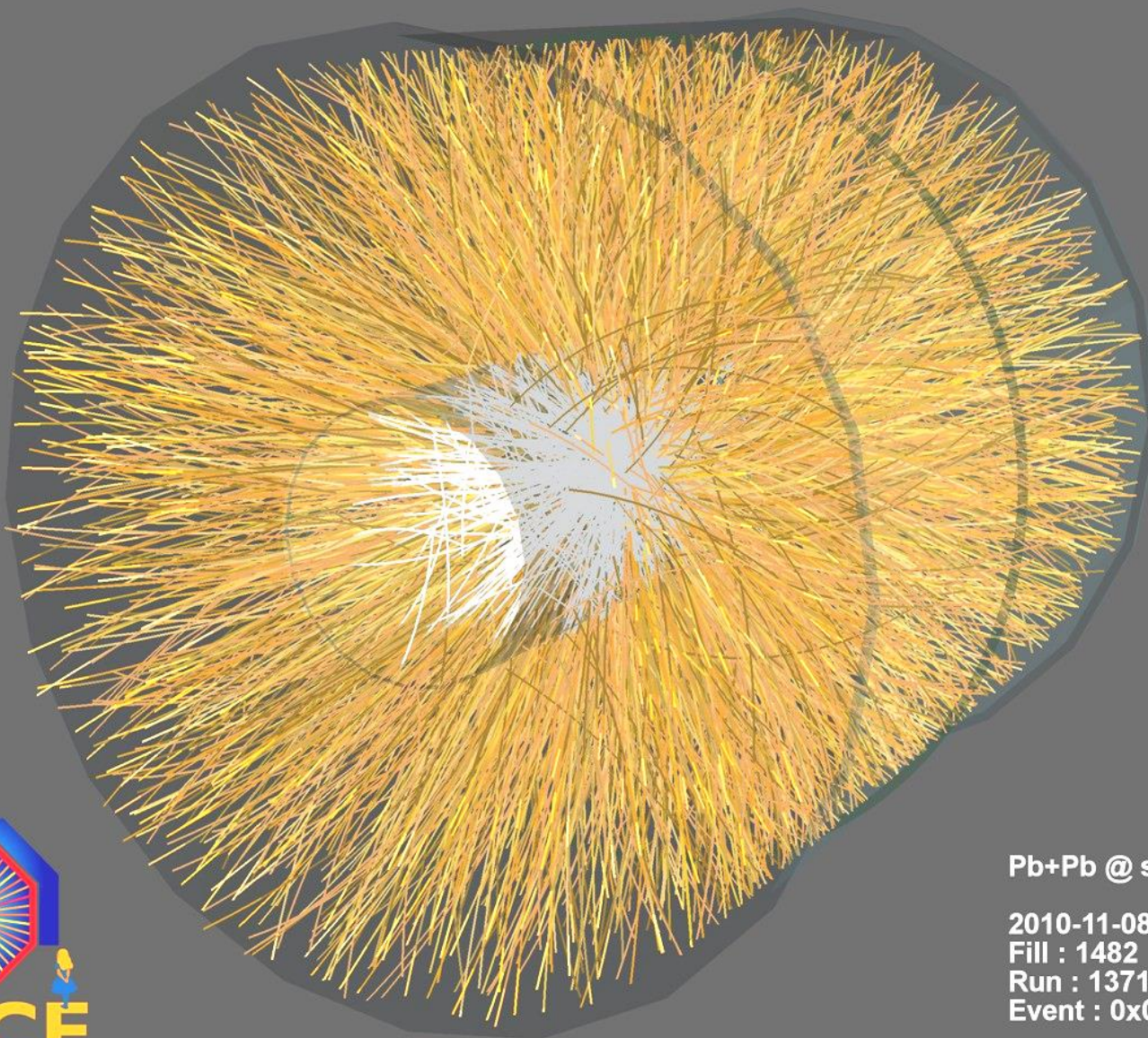
М

и

ТРС

«ФОТО ДНЯ»





Pb+Pb @ $\sqrt{s} = 2.76$ ATeV

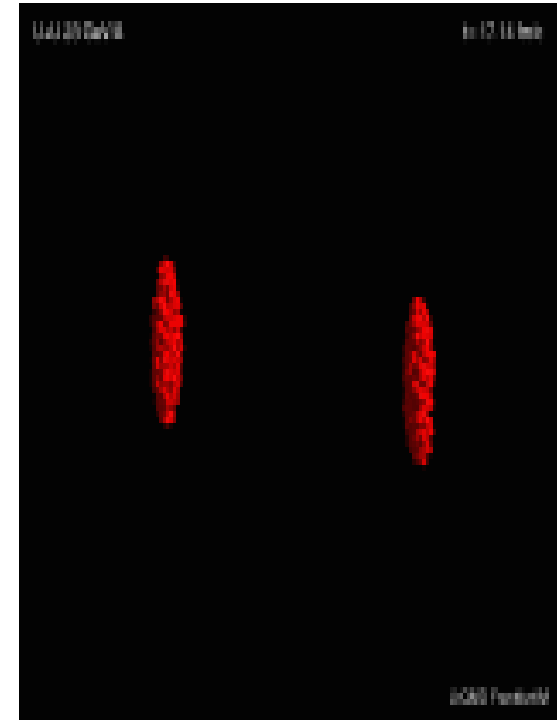
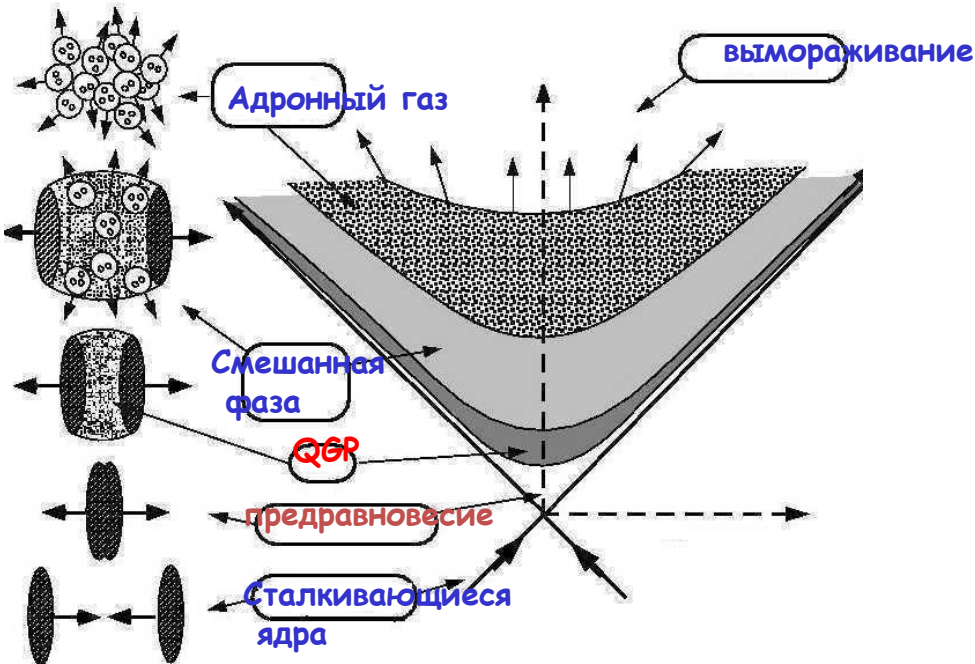
2010-11-08 11:30:46

Fill : 1482

Run : 137124

Event : 0x0000000D3BBE693

Фазы столкновений ядер



ALICE: экспериментальные и теоретические исследования стадий ядро-ядерных столкновений, образования и свойств кварк-глюонной плазмы.

Инвариантная масса



Масса
велосипеда ?

А если детали разлетаются
в разные стороны?

Инвариантная масса



Масса
велосипеда ?

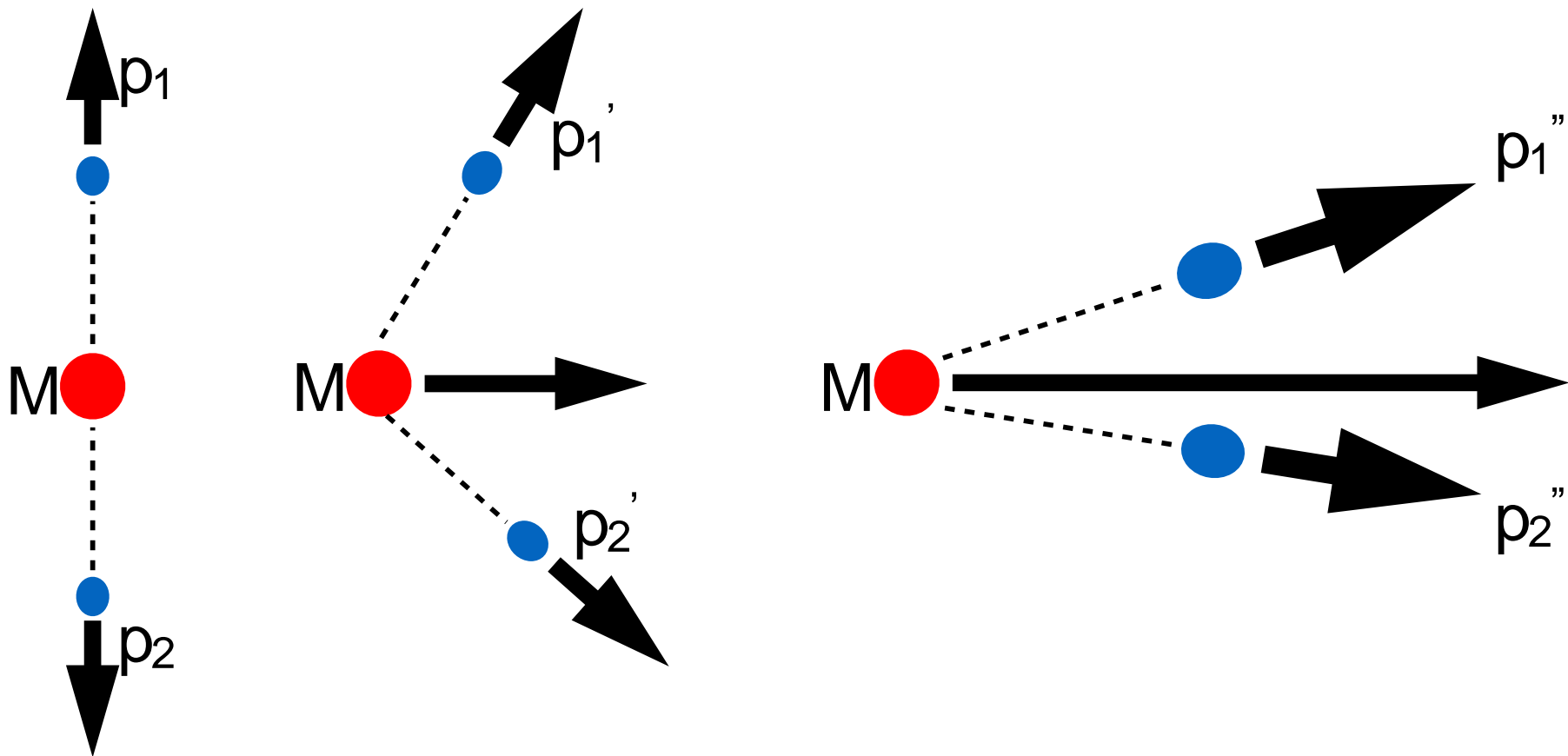
А если детали разлетаются
в разные стороны, то



$$E^2 = p^2 c^2 + m^2 c^4$$

(здесь E – полная энергия детали, m – ее масса, p – импульс)

Инвариантная масса



$$(E_1 + E_2)^2 - (p_1 + p_2)^2 = (E_1' + E_2')^2 - (p_1' + p_2')^2 = (E_1'' + E_2'')^2 - (p_1'' + p_2'')^2 = M^2$$

M - инвариантная масса

› не зависит от начального импульса распадающейся частицы

Расчет массы исходной частицы

Сохранение энергии

Сохранение импульса

Теории относительности (приняв $c=1$)

$$E = E_1 + E_2$$

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

$$E^2 = p^2 + M^2$$



... и для **дочерних** частиц:

$$E_1^2 = p_1^2 + m_1^2$$

$$E_2^2 = p_2^2 + m_2^2$$

Масса исходной частицы:

$$M^2 = E^2 - p^2$$

$$= E_1^2 + E_2^2 + 2E_1E_2 - p_1^2 - p_2^2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$

$$= m_1^2 + m_2^2 + 2E_1E_2 - 2\mathbf{p}_1 \cdot \mathbf{p}_2$$

**Бозон Хиггса «...на хлеб не
намажешь»...**

Так ли это?

ЦЕРН как уникальный генератор новых знаний и умений

Некоторые важные приложения фундаментальных исследований за последние 20 лет:

- **Touch screens**
- «Паутина» WWW – **World Wide Web** (Tim Bernes Lee)
- **GRID** для медицины
- «Дожигание» ядерного топлива
- **ПЭТ сканнеры** для медицинской диагностики
- **Адронная терапия** онкологических заболеваний

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!



**Григорий Александрович Феофилов,
Зав.Лабораторией физики сверхвысоких
энергий,
Институт Физики им. В.А.Фока,
Санкт-Петербургский государственный
университет
E-mail: grigory-feofilov@yandex.ru
<http://alice03.spbu.ru/alice/>**

Back-up slides

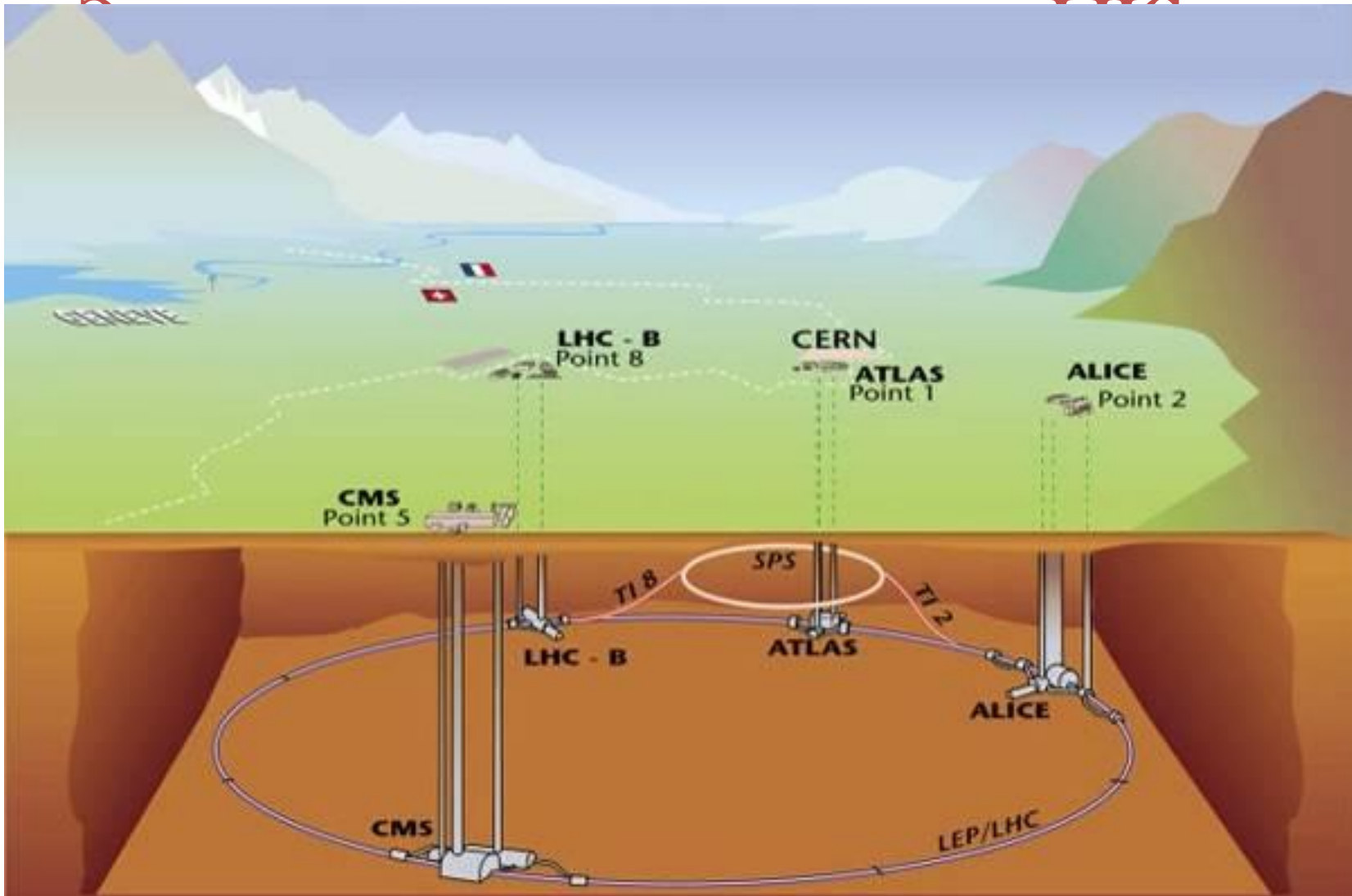
Лабораторные исследования материи в экстремальных состояниях на Большом адронном коллайдере





Большой адронный коллайдер





СЕГОДНЯ: Основные эксперименты на Большом адронном коллайдере



ALICE Open Day at CERN



©Foto G.F.

Как работает коллайдер

<http://www.youtube.com/watch?v=qQNpucos9wc>

Центр адронной терапии -- Hadron
Therapy (Germany)

<https://cds.cern.ch/record/2002120>

LHC rap 2008

<http://www.youtube.com/watch?v=f6aU-wFSqt0>

Flying over ALICE

<http://video.focus.it/dettaglio-video/full-hdvideoal-cern-con-drone-dentro-il-large-hadron-collider-di-7815>

Частицы в полете: https://cms-docdb.cern.ch/cgi-bin/PublicDocDB/RetrieveFile?docid=4172&version=2&filename=CMS_Slice_elab.swf

had predicted three for each type ^{top}

1995

tau 1975

bottom 1978

muon

strange

charm 1974

electron

down

All you need up to build atoms

Thursday, July 23, 2009

The Nobel Prize in Physics 2008 :

Спонтанное нарушение симметрии в физике частиц: Й. Намбу

и [Makoto Kobayashi](#) and [Toshihide Maskawa](#)

"for the discovery of the origin of the broken symmetry which predicts the existence of at least three families of quarks in nature"

КВАРКИ

$\left(\frac{2}{3}\right)$
up



$\left(\frac{2}{3}\right)$
charm



$\left(\frac{2}{3}\right)$
top



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

down



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

strange



$\left(-\frac{1}{3}\right)$

bottom



INTERNATIONAL MASTERCLASSES HANDS ON PARTICLE PHYSICS

Международный мастеркласс 06.03.2017
Looking for strange particles in ALICE

Проводит Лаборатория Физики
сверхвысоких энергий СПбГУ
для учащихся 10 и 11 классов из школ:

- 1) Санкт-Петербургский губернаторский физико-математический лицей №30 (Преподаватель Физики: Екатерина Лузина)
- 2) Гимназия №25 города Москвы (Преподаватель Физики: Алла Шведова)
- 3) Академическая гимназия СПбГУ (Преподаватель Физики: Антон Шейкин, СПбГУ)

Программа

- 11-00 Голубой конференц-зал. Лекции
- 11-00-11-40 А. Феofilов, Введение в физику астици: эксперимент
- 11-40-11-50 Терерыв
- 11-50-12-30 В. Коваленко, Введение в физику астици: теория
- 12-30-13-20 Кофе, чай
- 13-20 Компьютерный класс Вычислительного центра. Мастеркласс
- 13-20-14-00 И. Г. Алдыбеев, Поиск странных астици: эксперимент ALICE
- 14-00-15-00 Обед
- 15-00-17-00 Самостоятельная исследовательская работа Looking for strange particles in ALICE
- 17-00-18-00 Кофе, чай
- 18-00-19-00 Элемост ALICE (Nantes (France)) - Vienna (Austria) - San Luis Obispo (USA) - Saint-Petersburg (Russia)
- Обсуждение результатов. Ответы на вопросы из ALICE ест.
- 19-00 Конец

Become a Physicist for a Day!

Discover the World of Quarks and Leptons with real data from CERN. For high-school students and teachers

Organiser:

Institute of Nuclear and Particle Physics, TU Dresden
www.iktp.tu-dresden.de/index.php?id=324

Место проведения

СПбГУ, Петергоф, Вильяновская, д. 2
НИИ Физики им. В.А. Фока



INTERNATIONAL

MASTERCLASSES

hands on particle physics

Dark matter was first identified by Fritz Zwicky who worked at Caltech in 1933 •

He was famous for astronomy and he made several important discoveries. He discovered that if you look at galaxies in clusters, they orbit around each other. From the speed of the orbit, it is possible to measure the mass (the amount of matter) of the cluster. However, when Zwicky made these calculations, he found that part of the total mass could not be accounted for. Where was it coming from? He believed that there must be some dark material responsible for the extra mass. When these results were first published, they were dismissed because not much was understood about galaxies in clusters.

In the 1970s, Vera Rubin and her team found that even if you look at one galaxy, it still moved much faster than expected. This was even harder for astronomers to explain. But, it did get people's attention and led to more research on this topic.

What we know now about dark matter is that it isn't anything like ordinary matter. It's not planets, it's not stars, it's not black holes, and it's not puppies. Dark matter does not absorb light or produce light. But, it does control where other matter comes together to form galaxies, planets, stars, and even people! We are here because dark