



INTERNATIONAL



hands on particle physics



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](#), 06 марта 2017, 11-00,
Голубой конференцзал, НИИФ им. В.А.Фока, Петергоф, Ульяновская д.3₁

LHC rap 2008

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

Как работает коллайдер

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

ПРОГРАММА 06 МАРТА 2017



Голубой зал

11-00 – 11-45 Г.А.Феофилов, Введение в физику частиц: эксперимент

11-45 – 11-50 Перерыв

11-50 – 12-30 В.В.Коваленко, Введение в физику частиц: теория

12-30 – 13-20 **Кофе, чай**

13-20 – 14-00 И.Г.Алцыбеев, Поиск странных частиц в эксперименте ALICE

14-00 – 15-00 **Обед**

15-00 – 17-00 **Компьютерный класс**

15-00 – 15-40 И.Г.Алцыбеев, Введение в мастер-класс

15-40 – 17-00 Самостоятельная исследовательская работа

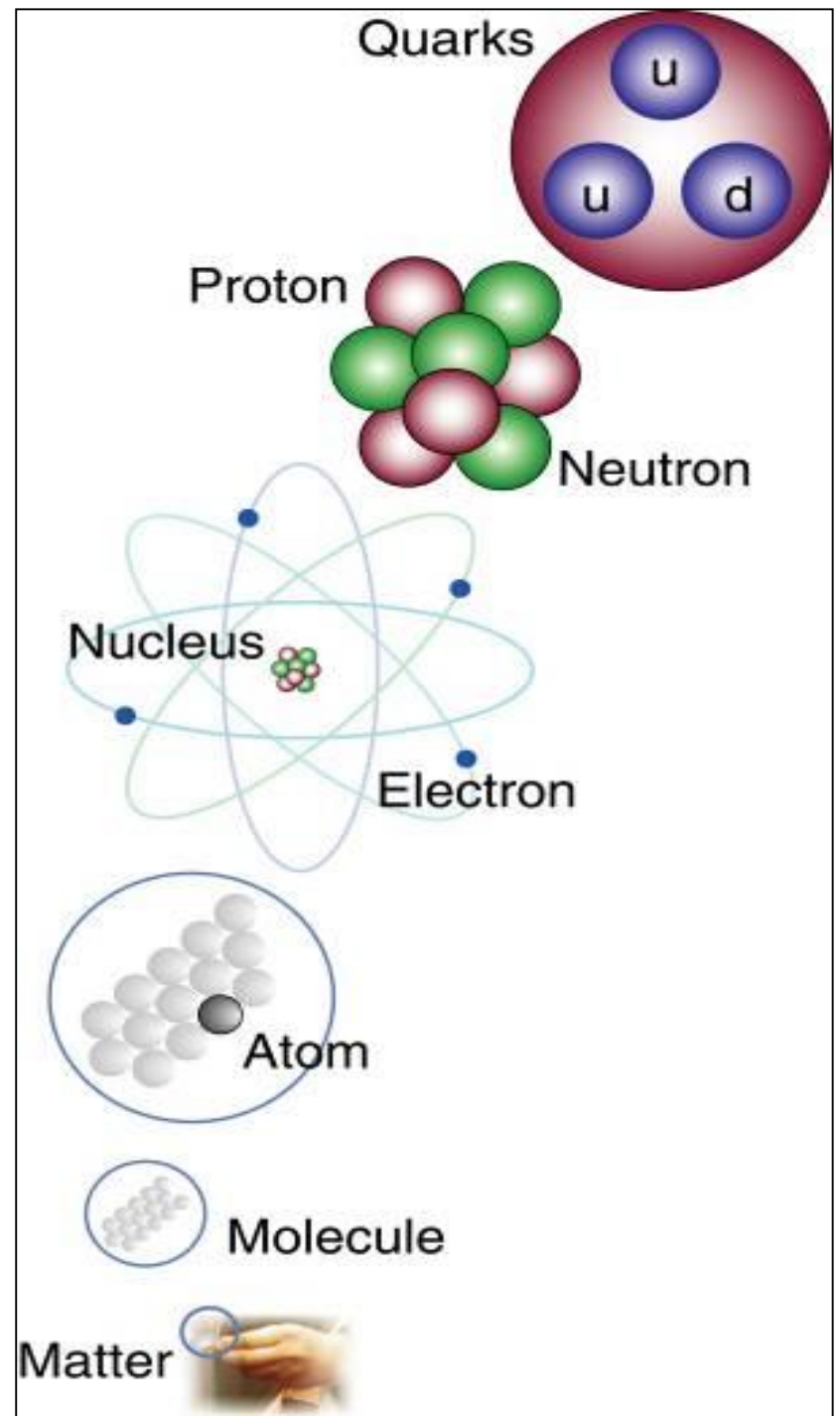
Looking for strange particles in ALICE

17-00 – 18.00 **Голубой зал Кофе, чай, обсуждение результатов**

18-00 – 19-00 **Компьютерный класс** Телемост ЦЕРН – Nantes (France) – Vienna SMI (Austria) – San Luis Obispo (USA) – Saint-Petersburg (Russia) – Обсуждение результатов. Ответы на вопросы из ЦЕРН. Тест.

19-00 – 19-15 Вручение сертификатов участников

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!»



Инвариантная масса



Масса
велосипеда ?

А если детали разлетаются
в разные стороны?

Инвариантная масса



Масса
велосипеда ?

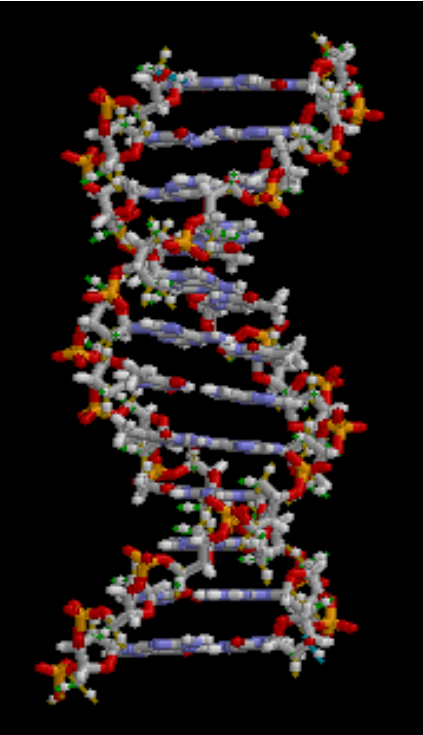
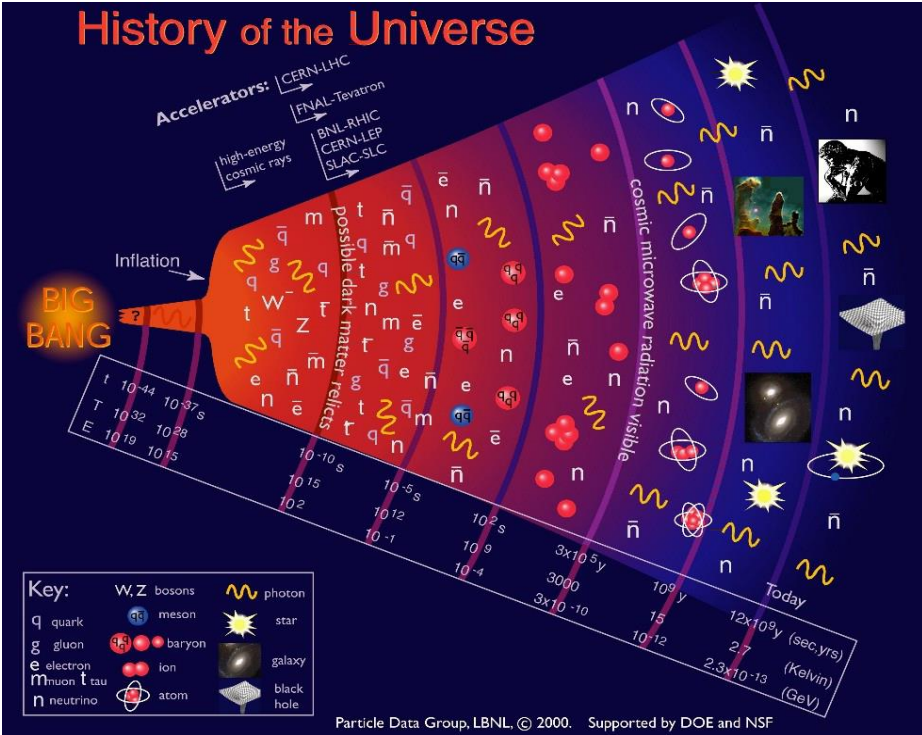
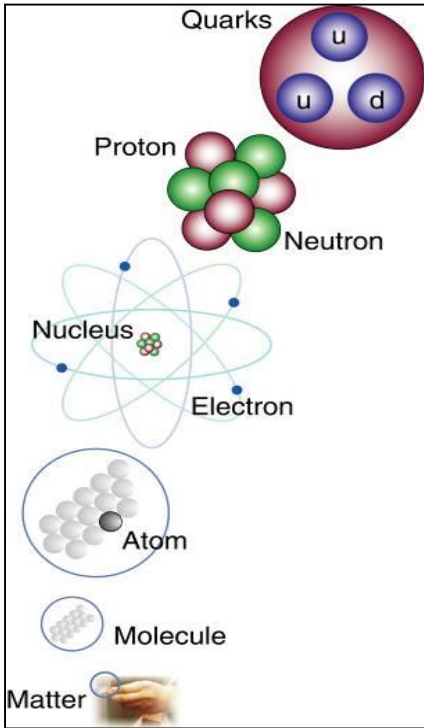
А если детали разлетаются
в разные стороны, то



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

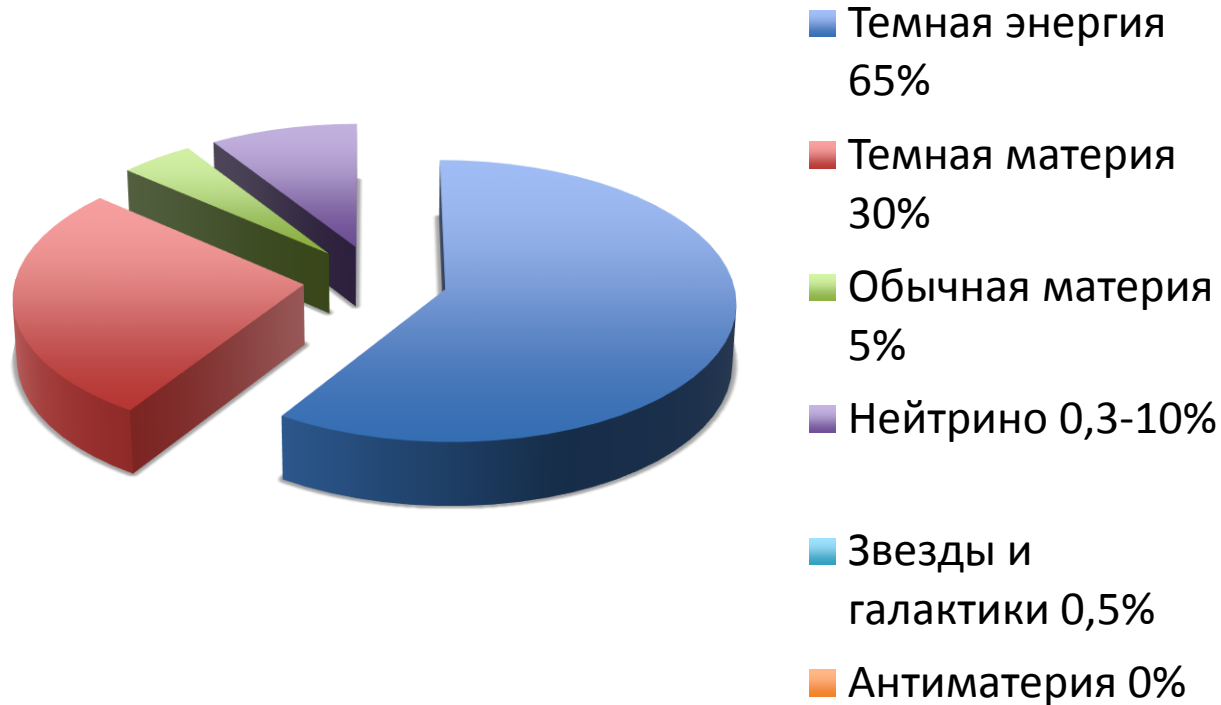
(здесь E – полная энергия детали, m – ее масса, p – импульс)

Физика частиц и наш мир



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

Материя Вселенной



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

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*?

Физика частиц – Стандартная модель

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



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

Калибровочные бозоны --
переносчики
взаимодействия

Фундаментальные силы в природе

1) Гравитация:

переносчик взаимодействия – **безмассовый гравитон**

2) **Слабые взаимодействия**. Отличаются короткодействием 10^{-18} м.
Ответственны за некоторые распады ядер.

Переносчики -- **W и Z бозоны с большой массой**.

3) **Электромагнитные взаимодействия** –

Переносчик – **безмассовый фотон**

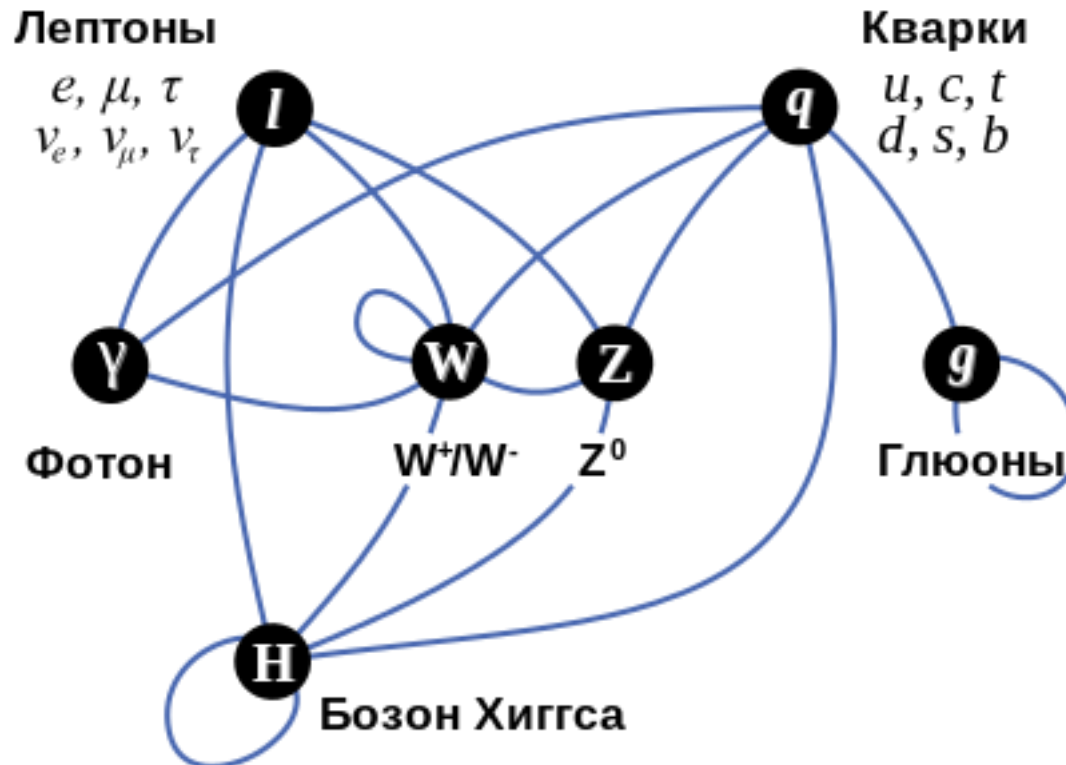
4) **Сильные (или «цветные») взаимодействия**.

Радиус действия 10^{-15} м. Ответственны за удерживание кварков в протонах и нейтронах, а последних – в ядра.

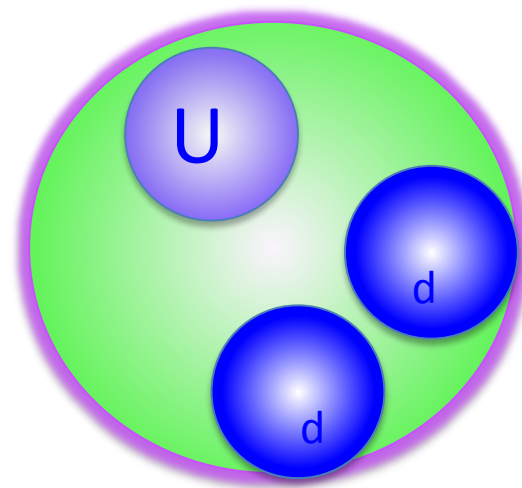
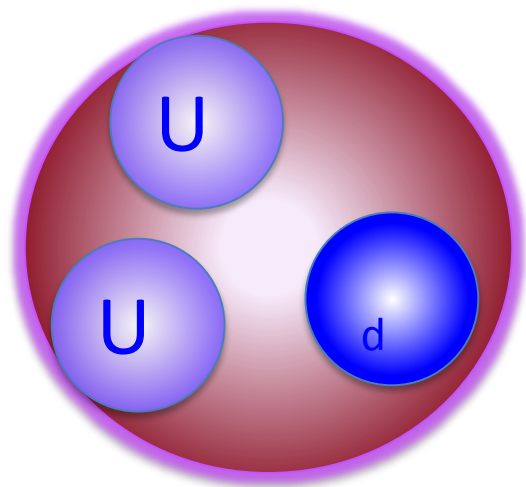
Переносчик – **8 безмассовых глюонов**

5) **Хиггсовский бозон и хиггсовское поле - объясняют происхождение массы у частиц.**

Взаимодействия между частицами в СМ



Протон и нейтрон

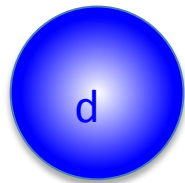


Протон
(заряд = **+1**)

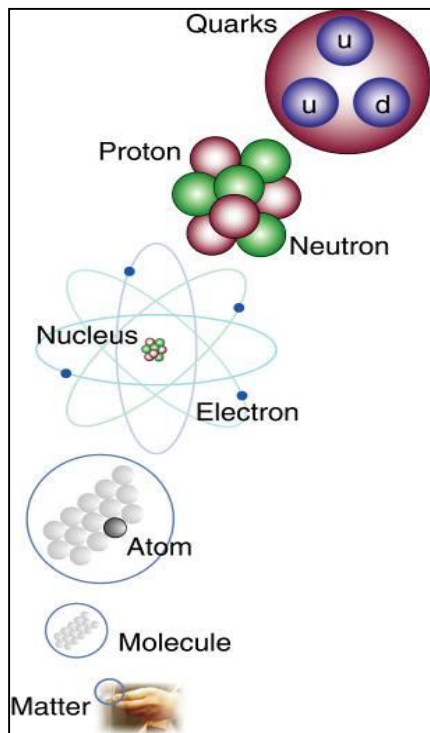
Нейтрон
(заряд = 0)



up –кварк (заряд = **+2/3**)



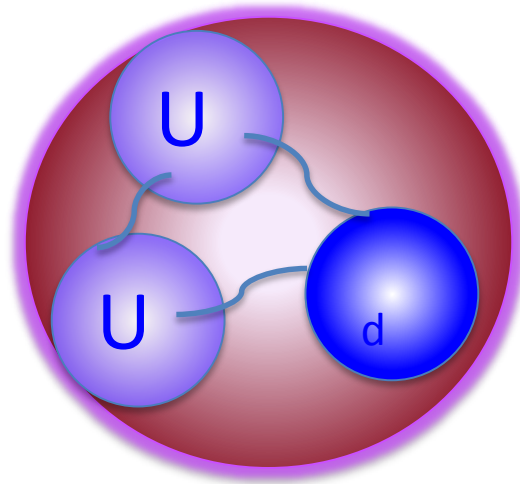
down –кварк (заряд = **-1/3**)



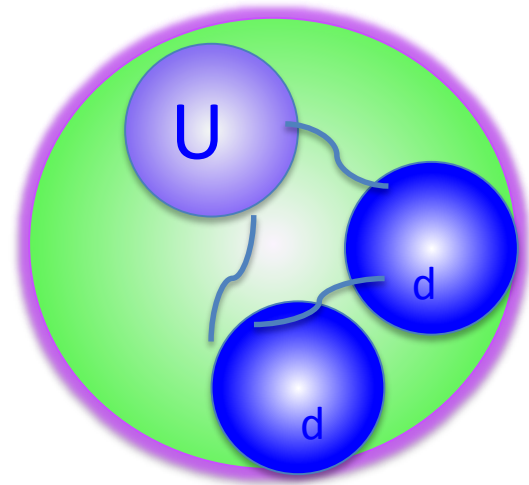
Протон и нейтрон: кварки и глюоны


Glue (англ.)
- клей

Глюоны
(масса=0)
отвечают за
сильное
взаимодействие



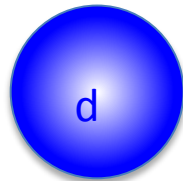
Протон
(заряд = +1)



Нейтрон
(заряд = 0)



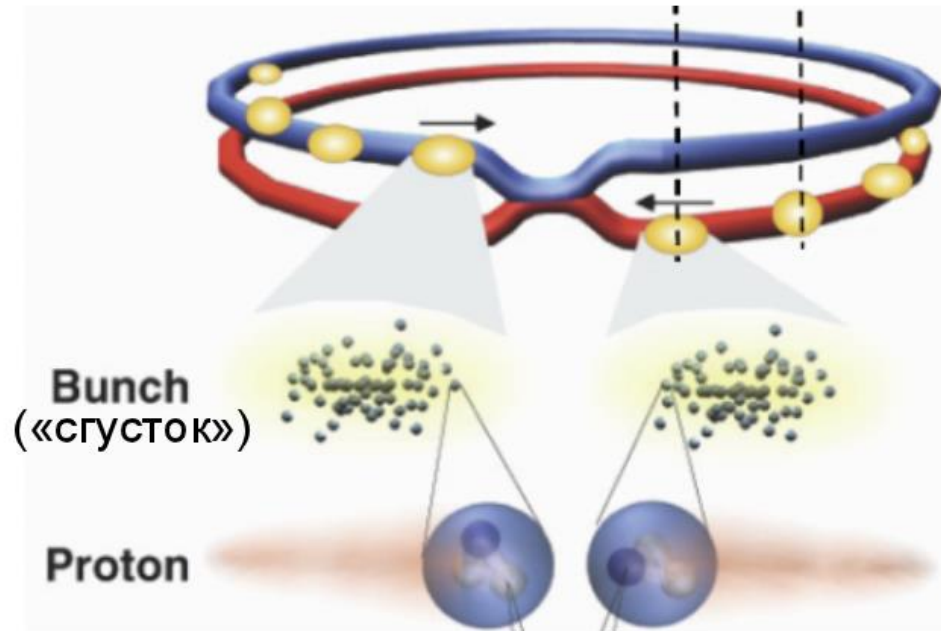
up-кварк (заряд = +2/3)



down-кварк (заряд = -1/3)

Физика частиц и ускорители

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



Ускоритель частиц как микроскоп

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

Пример – дифракция электронов на диске

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

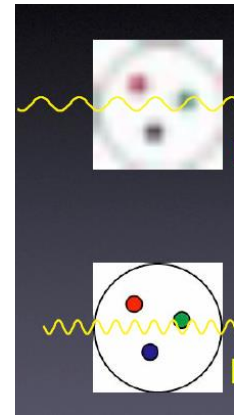
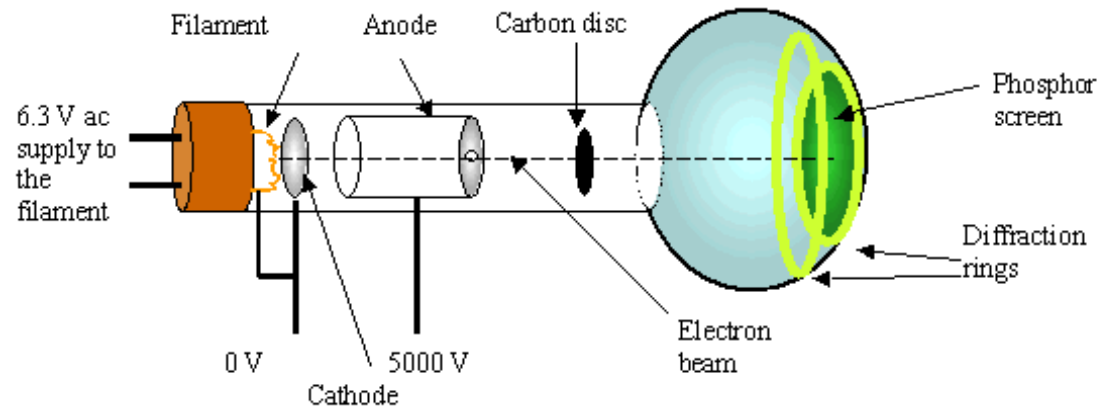
λ = wavelength

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

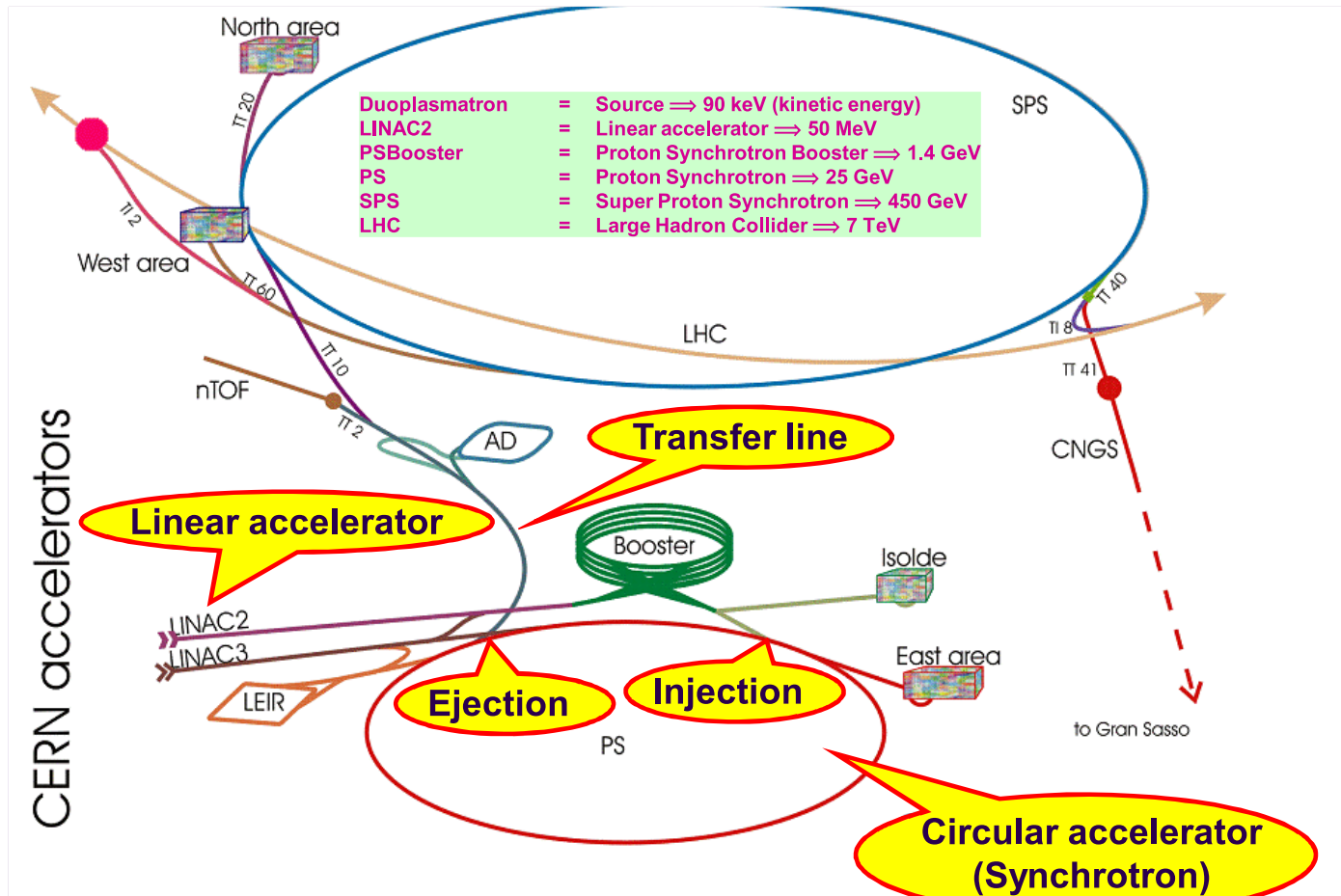
p = momentum

m = mass

v = speed

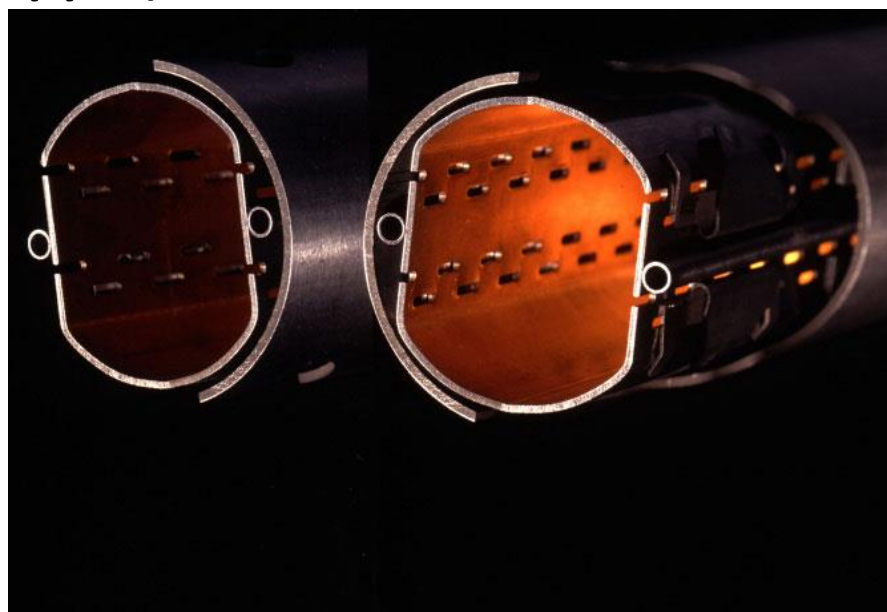
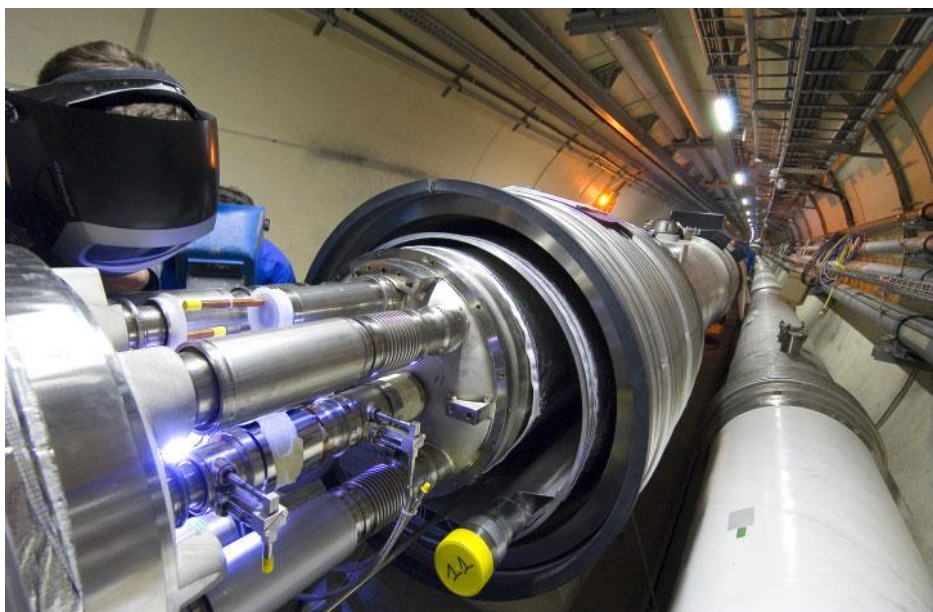


Большой адронный коллайдер



Большой адронный коллайдер

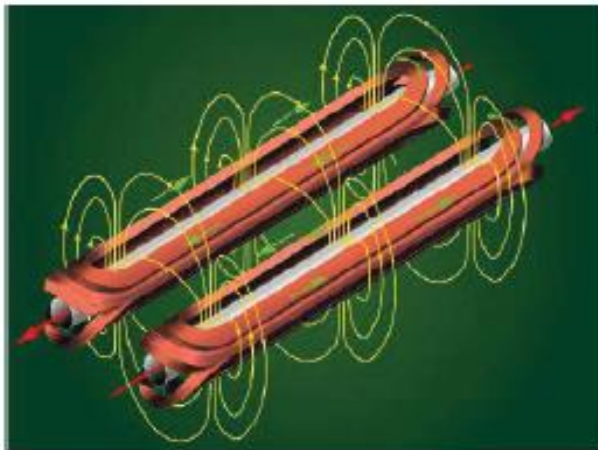
Самое *пустое* место во Вселенной (ультравысокий вакуум)



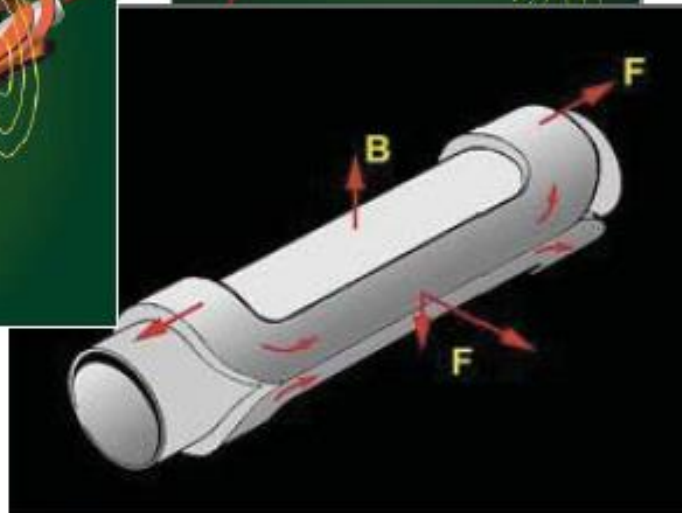
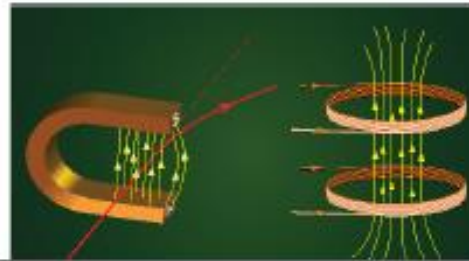
Большой адронный коллайдер

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

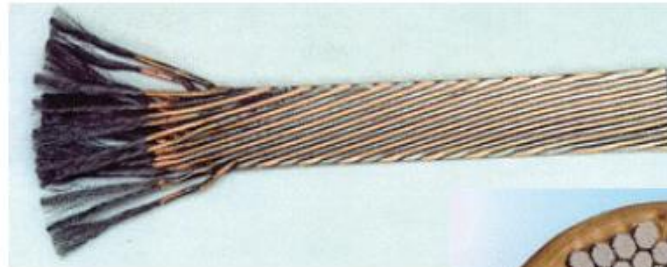
Большой адронный коллайдер

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



Большой адронный коллайдер

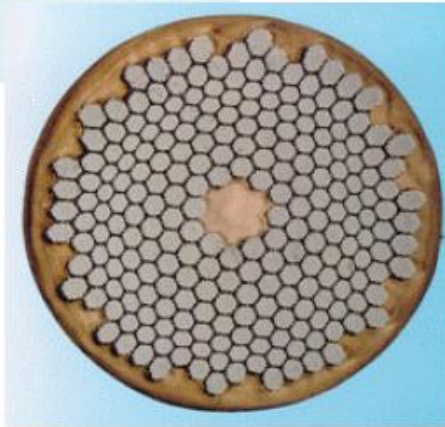
Сверхпроводящий кабель



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.

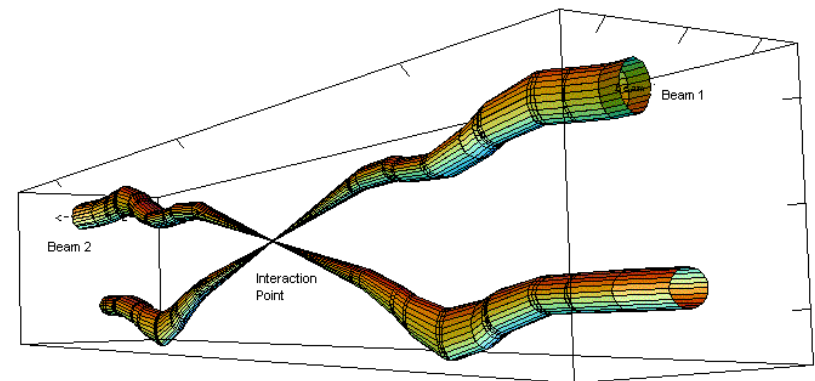


Для справки – потребление электроэнергии на БАК сопоставимо с расходами на все 500 000 домов Женева!

Циркуляция пучка протонов в LHC:

Скорость протонов в Большом адронном коллайдере = **99.9999999%** c

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

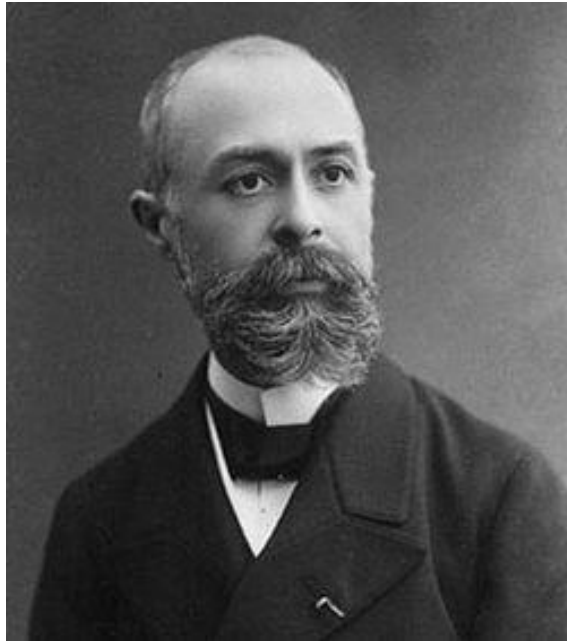


Relative beam sizes around IP1 (Atlas) in collision

Физика частиц

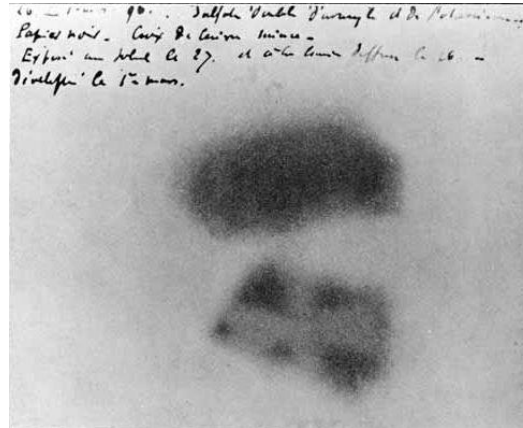
Что мы регистрируем?

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 $K_2(UO_2)(SO_4)_2$ _

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*".

Частицы сегодня:

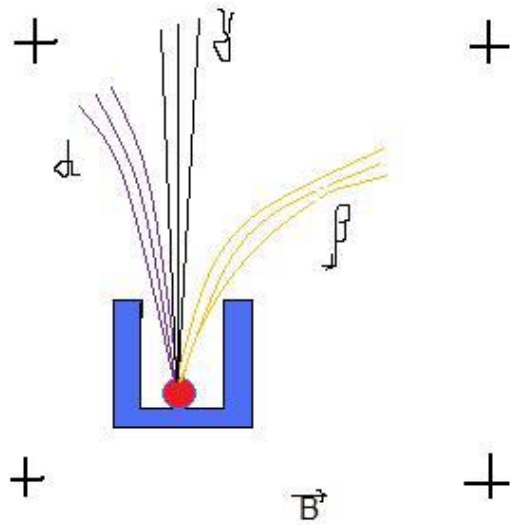
«Сегодня»:

Наименование частиц		Символ		Масса в электронных массах	Электрический заряд	Время жизни, с	
		частица	анти-частица				
Фотон		γ	γ	0	0	Стабилен	
Лептоны	Нейтрино электронное	ν_e	$\bar{\nu}_e$	0	0	Стабильно	
	Нейтрино мюонное	ν_μ	$\bar{\nu}_\mu$	0	0	Стабильно	
	Тау-нейтрино	ν_τ	$\bar{\nu}_\tau$	0	0	Стабильно	
	Электрон	e^-	e^+	1	-1	Стабилен	
	Мюон Тау-лептон	μ^- τ^-	μ^+ τ^+	207 3492	-1 -1	$2,2 \cdot 10^{-6}$ $1,46 \cdot 10^{-12}$	
Мезоны	Пи-мезоны (пионы)		π^0 π^+	π^0 π^-	264,1 273,1	0 1	$1,83 \cdot 10^{-16}$ $2,6 \cdot 10^{-8}$
	Ка-мезоны (каоны)		K^+ K^0	K^- K^0	966,4 974,1	1 0	$1,2 \cdot 10^{-8}$ $K_S^0 - 8,9 \cdot 10^{-11}$ $K_L^0 - 5,2 \cdot 10^{-8}$
	Эта-нуль-мезон		η^0	η^0	1074	0	$2,4 \cdot 10^{-19}$
	Адроны	Нуклоны	Протон	p	\bar{p}	1836,1	1
Нейтрон			n	\bar{n}	1838,6	0	10^3
Барions	Гипероны	Гиперонлямбда	Λ^0	$\bar{\Lambda}^0$	2183,1	0	$2,63 \cdot 10^{-10}$
		Гиперонсигма	Σ^+	$\bar{\Sigma}^+$	2327,6	1	$8 \cdot 10^{-11}$
			Σ^0	$\bar{\Sigma}^0$	2333,6	0	$5,8 \cdot 10^{-30}$
			Σ^-	$\bar{\Sigma}^-$	2343,1	-1	$1,48 \cdot 10^{-10}$
			Гиперонкси	Ξ^0	$\bar{\Xi}^0$	2572,8	0
			Ξ^-	$\bar{\Xi}^-$	2586,6	-1	$1,64 \cdot 10^{-10}$
		Омегаминус-гиперон	Ω	$\bar{\Omega}$	3273	-1	$8,2 \cdot 10^{-11}$

Энрико Ферми:

«Если бы я мог упомянуть названия всех элементарных частиц, я бы стал ботаником».

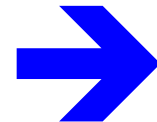
Физика частиц: Детекторы



Изображение на фотопластинке
Беккереля

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

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



Следы на снегу

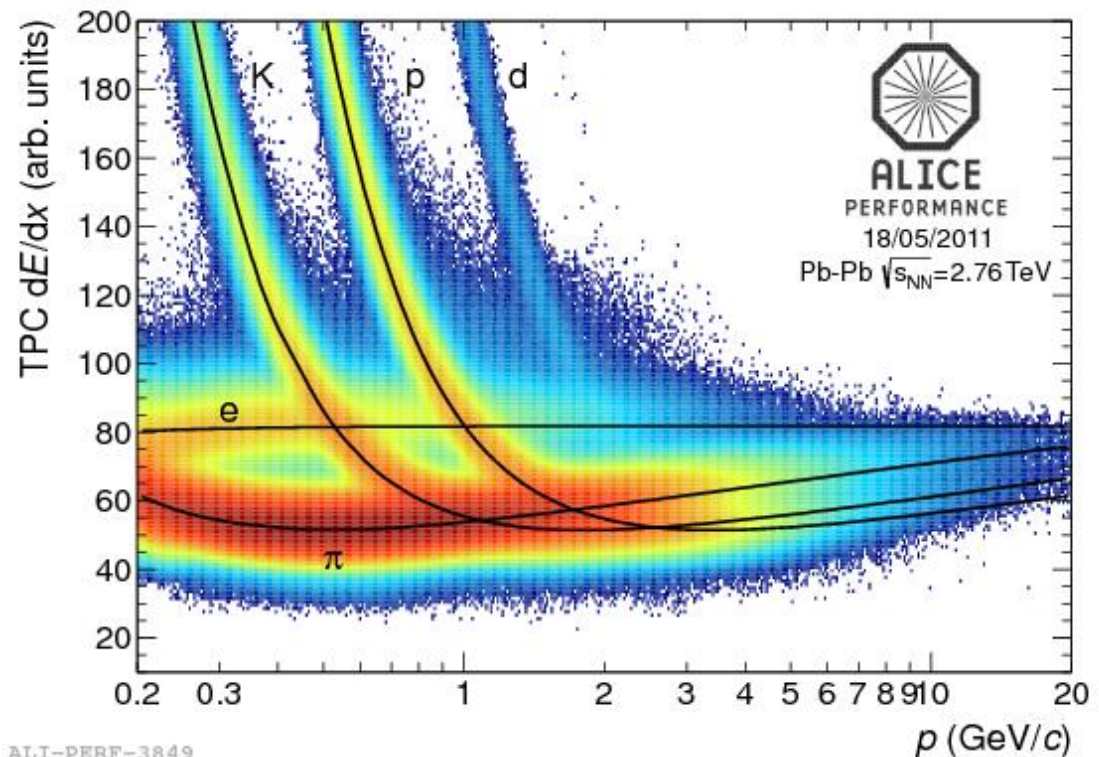


Следы частиц: потери на ионизацию

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

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:

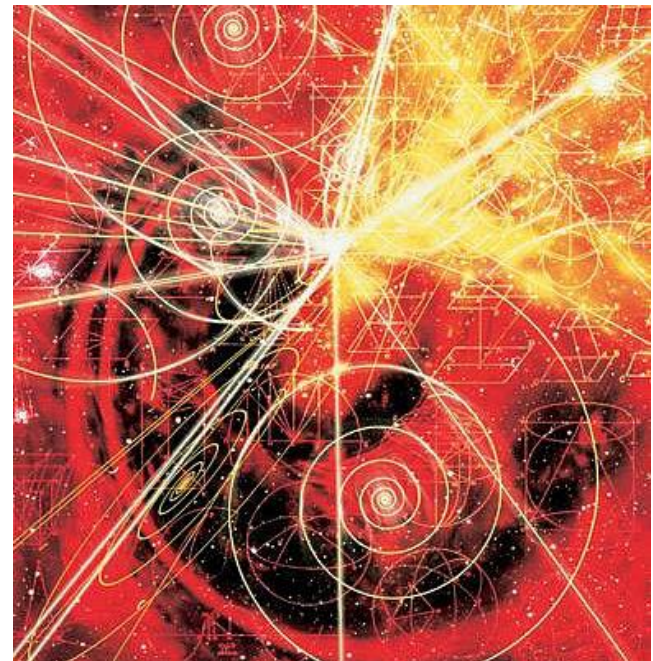
$$F_L = qVB.$$

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

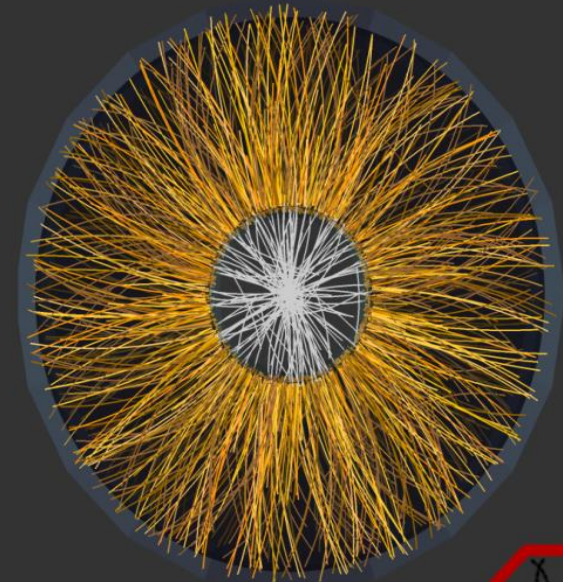
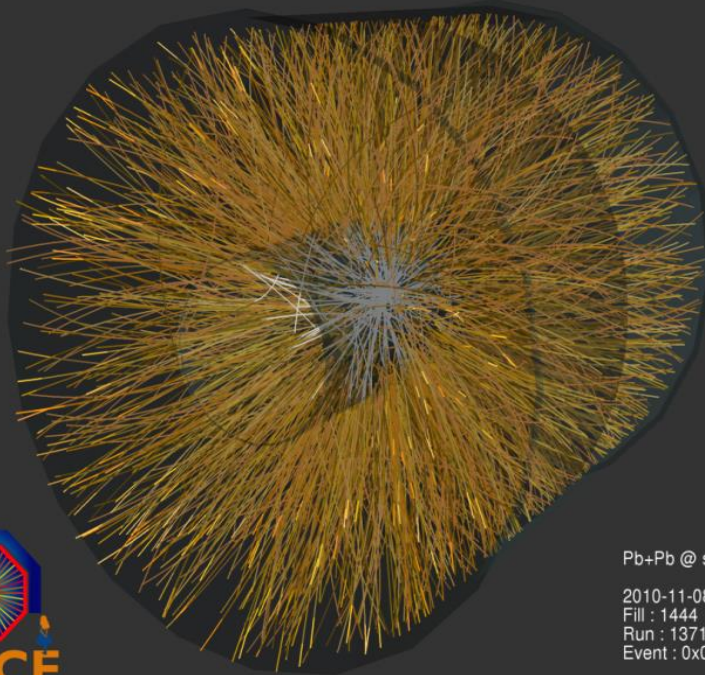
m - масса частицы

R – радиус окружности

Измерив R – найдем
импульс mV



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

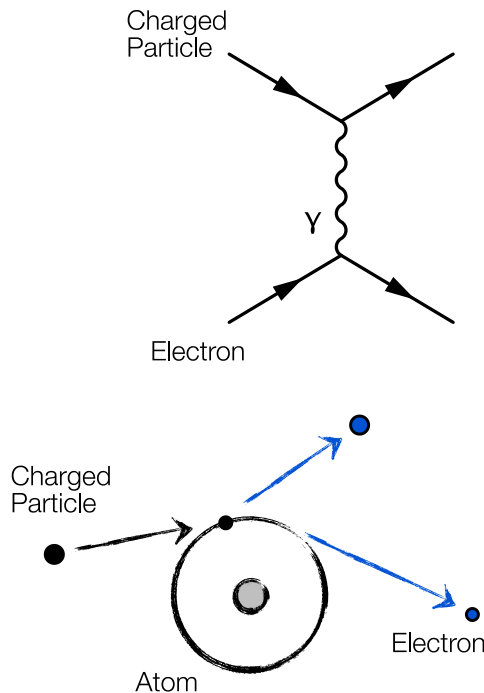


Физика частиц: взаимодействия

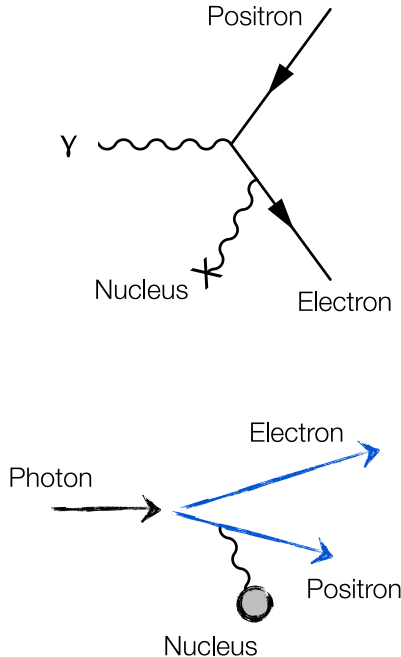
Взаимодействие	Зависимость от расстояния	Радиус взаимодействия (м)	Относительная сила
Гравитация	$1/r^2$	Бесконечен	1
Слабое	$1/r$	$\sim 10^{-18}$	10^{25}
Электромагнитное	$1/r^2$	Беск.	10^{36}
Сильное	1	$\sim 10^{-15}$	10^{38}

Примеры электромагнитного взаимодействия частиц с

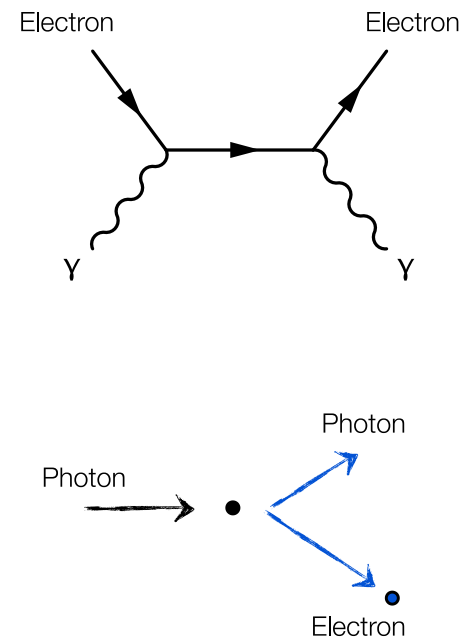
Ionization:



Pair production:



Compton scattering:



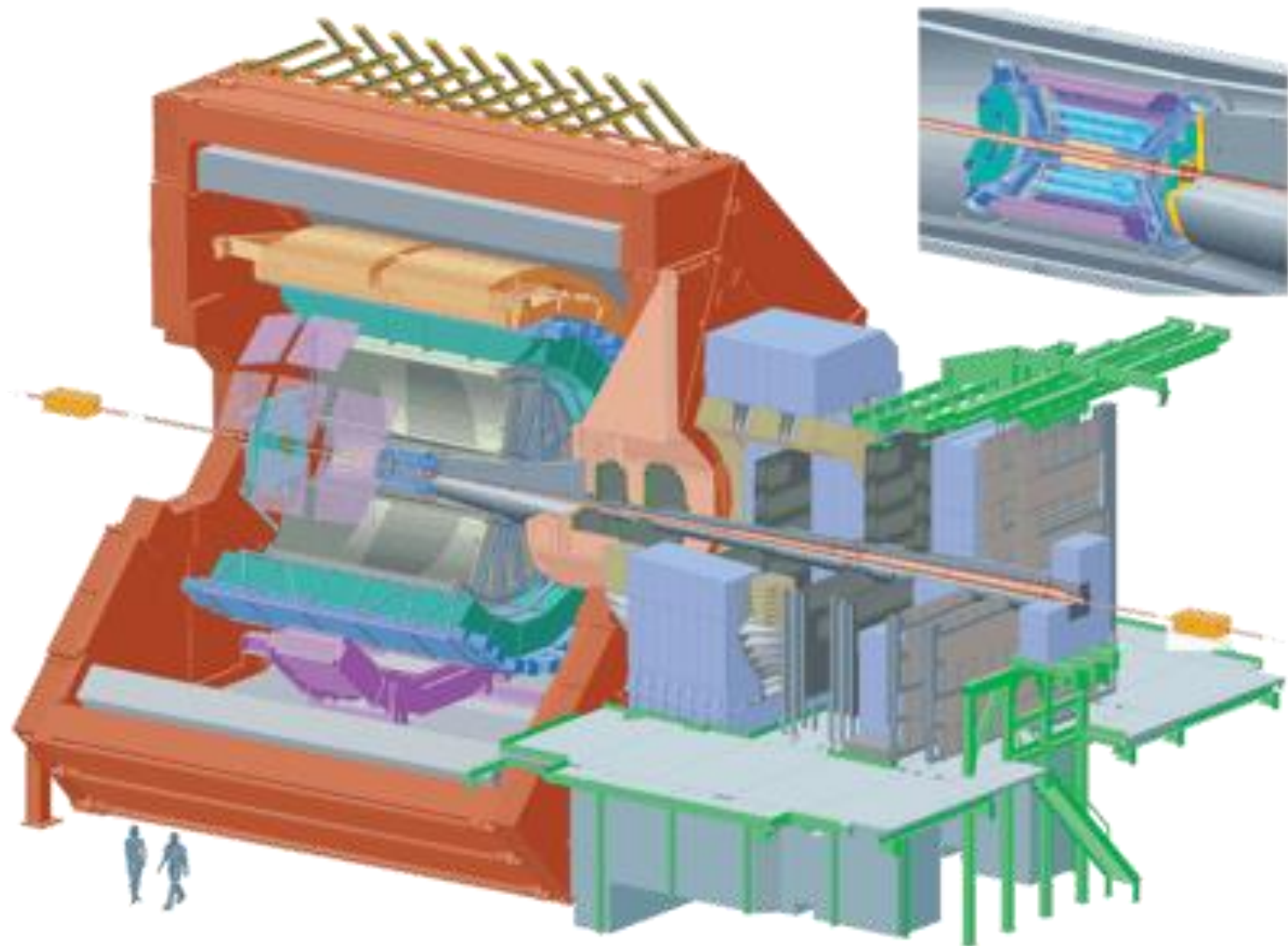
ДЕТЕКТОРЫ

для регистрации и идентификации частиц

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

- *...это очень обширная тема!*

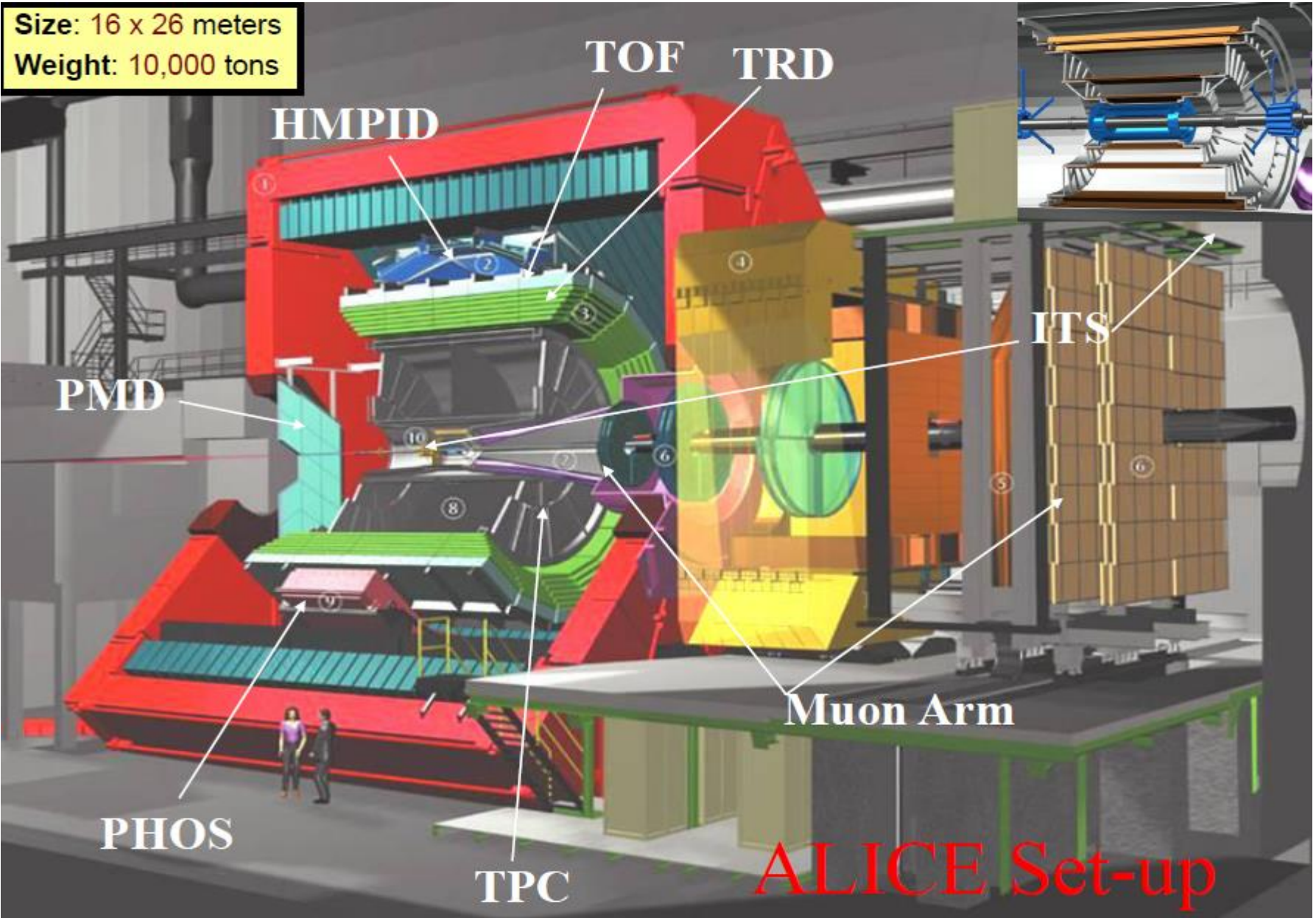
ALICE – поиск кварк-глюонной плазмы



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

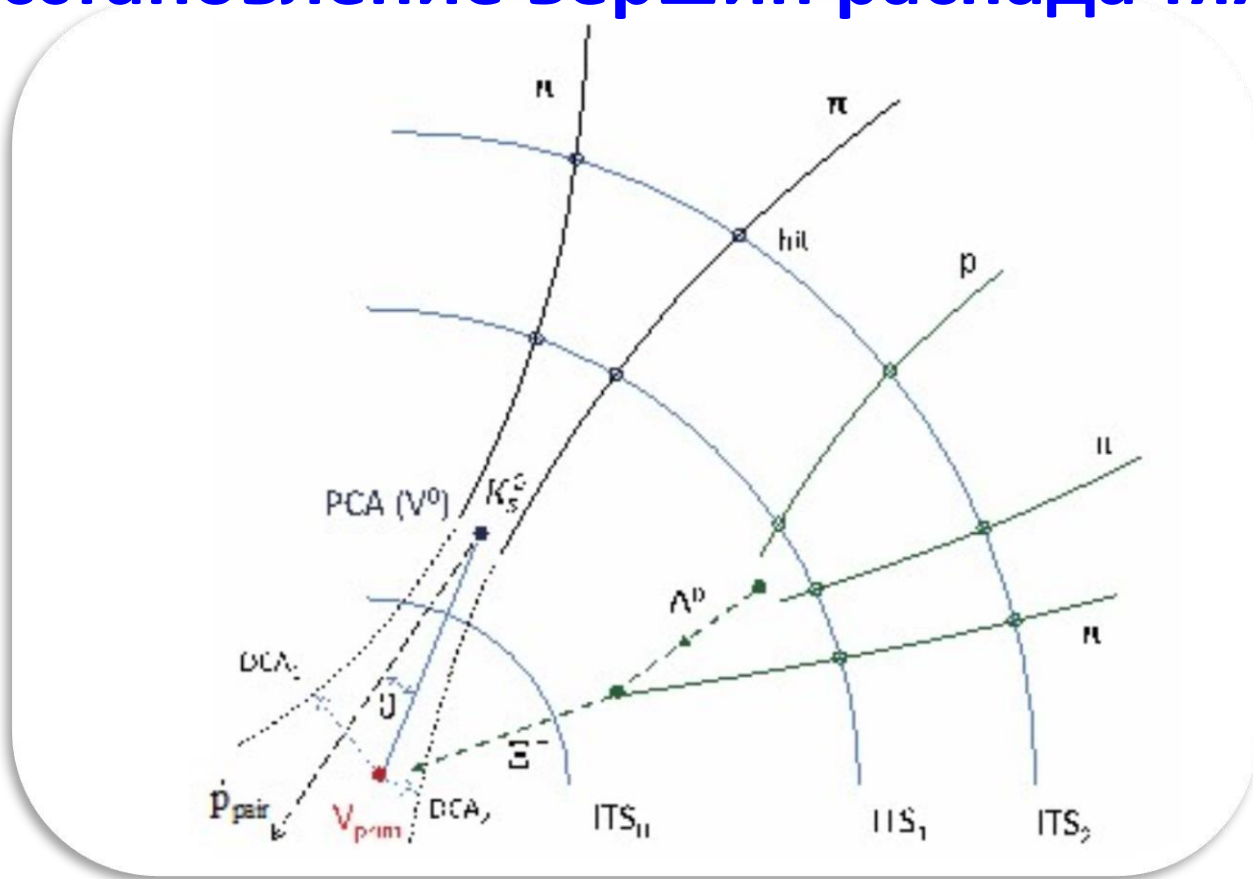


Международное сотрудничество
коллаборация ALICE -- 35 стран 118 университетов
более 1300 участников



Трековые детекторы ALICE

Восстановление вершин распада тяжелых частиц:



Трековые детекторы ALICE

Требования:

- неискаженная траектория частиц
- определение сорта частиц (идентификация)
- минимум вещества на пути частиц

Основная особенность ALICE – рекордная радиационная прозрачность

Inner Tracking System (ITS)

Silicon Pixel Detector (SPD):

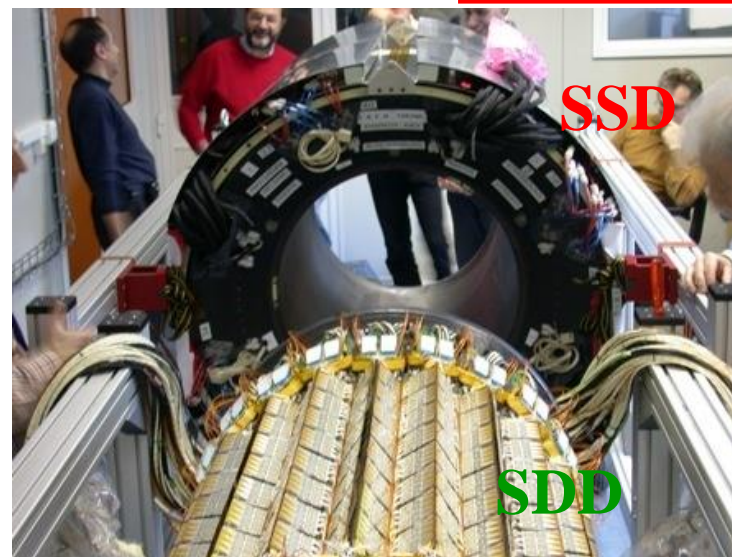
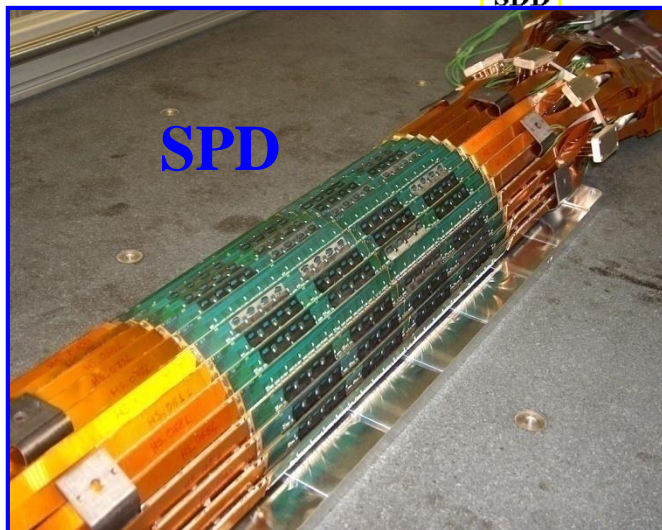
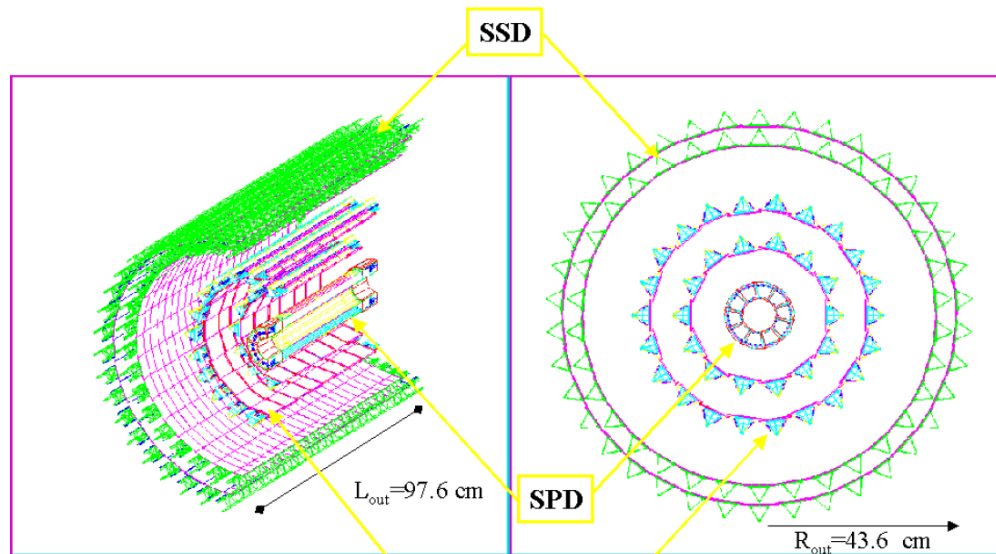
- ~10M channels
- 240 alignable vol. (60 ladders)

Silicon Drift Detector (SDD):

- ~133k channels
- 260 alignable vol. (36 ladders)

Silicon Strip Detector (SSD):

- ~2.6M channels
- 1698 alignable vol. (72 ladders)



ITS total:
2198 alignable
sensitive volumes
→ 13188 d.o.f.

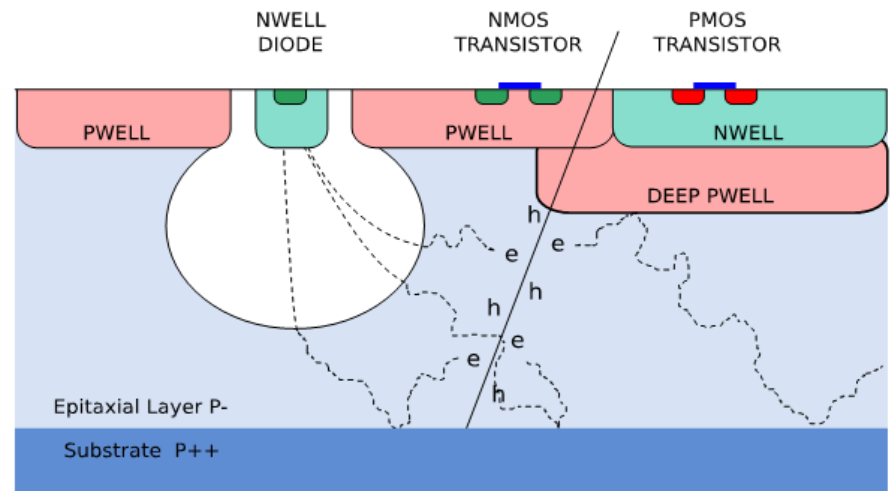
Трековые детекторы ALICE:



ITS – Inner Tracking System
СЕГОДНЯ: Вершинный кремниевый трекер

ЗАВТРА:

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



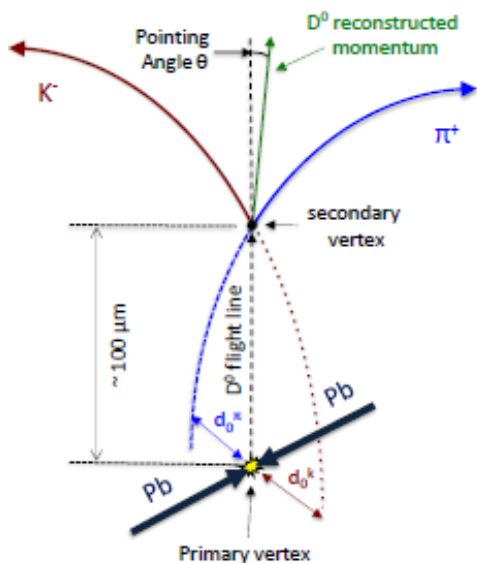
Модификация ALICE

(к 2019 году) – регистрация открытого очарования

ITS performance - Tracking and vertex determination



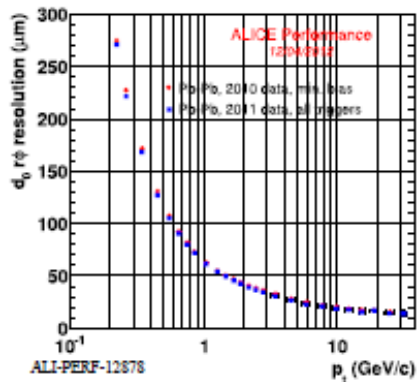
Example: D^0 meson



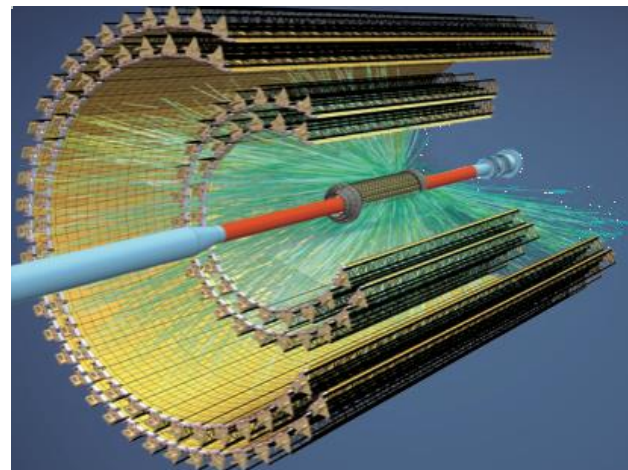
Analysis based on decay topology and invariant mass technique

Open charm

Particle	Decay Channel	ст (μm)
D^0	$K^- \pi^+$ (3.8%)	123
D^+	$K^- \pi^+ \pi^+$ (9.5%)	312
D_s^+	$K^+ K^- \pi^+$ (5.2%)	150
Λ_c^+	$p K^- \pi^+$ (5.0%)	60



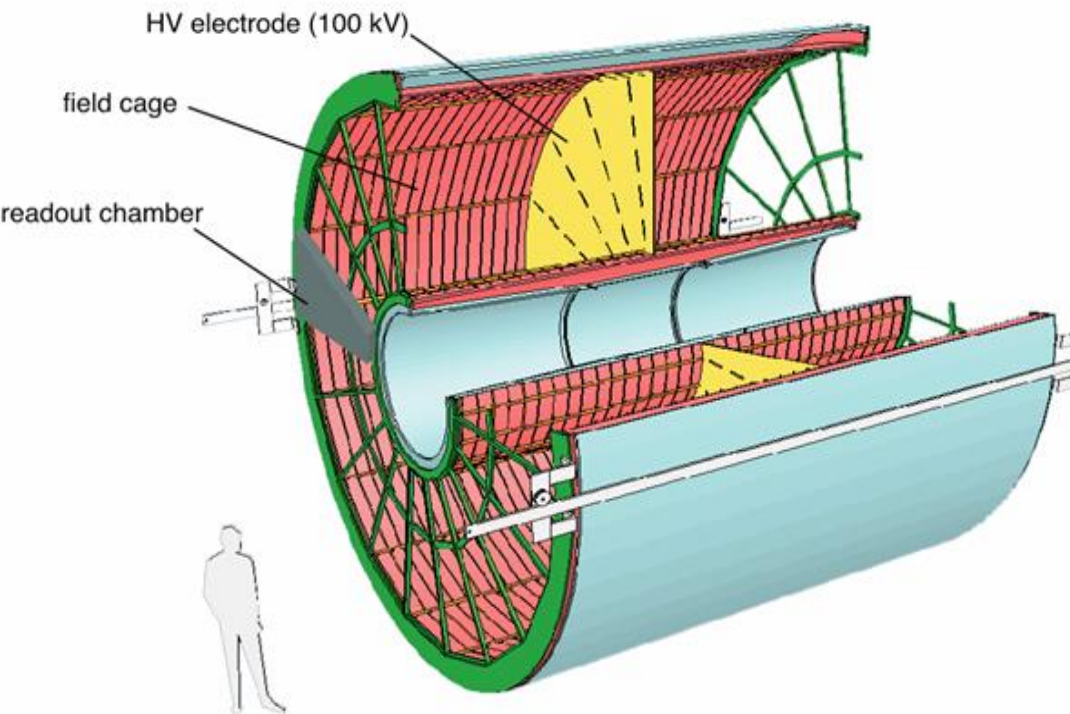
Новая ITS:
25 Gpixel
camera !



Трековые детекторы ALICE:

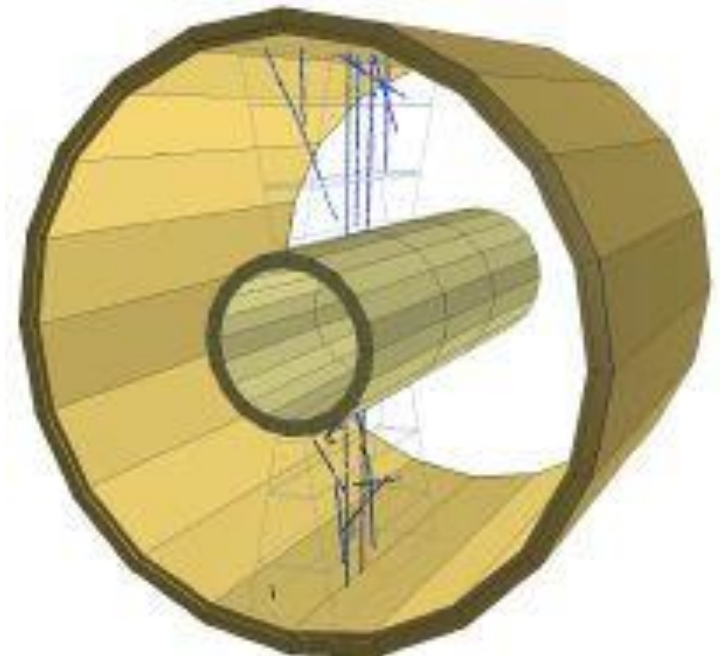
Самая большая в мире:
88 m³, l = 5 m, d = 5.6m
570 k channels

СЕГОДНЯ: TPC
Time Projection Chamber

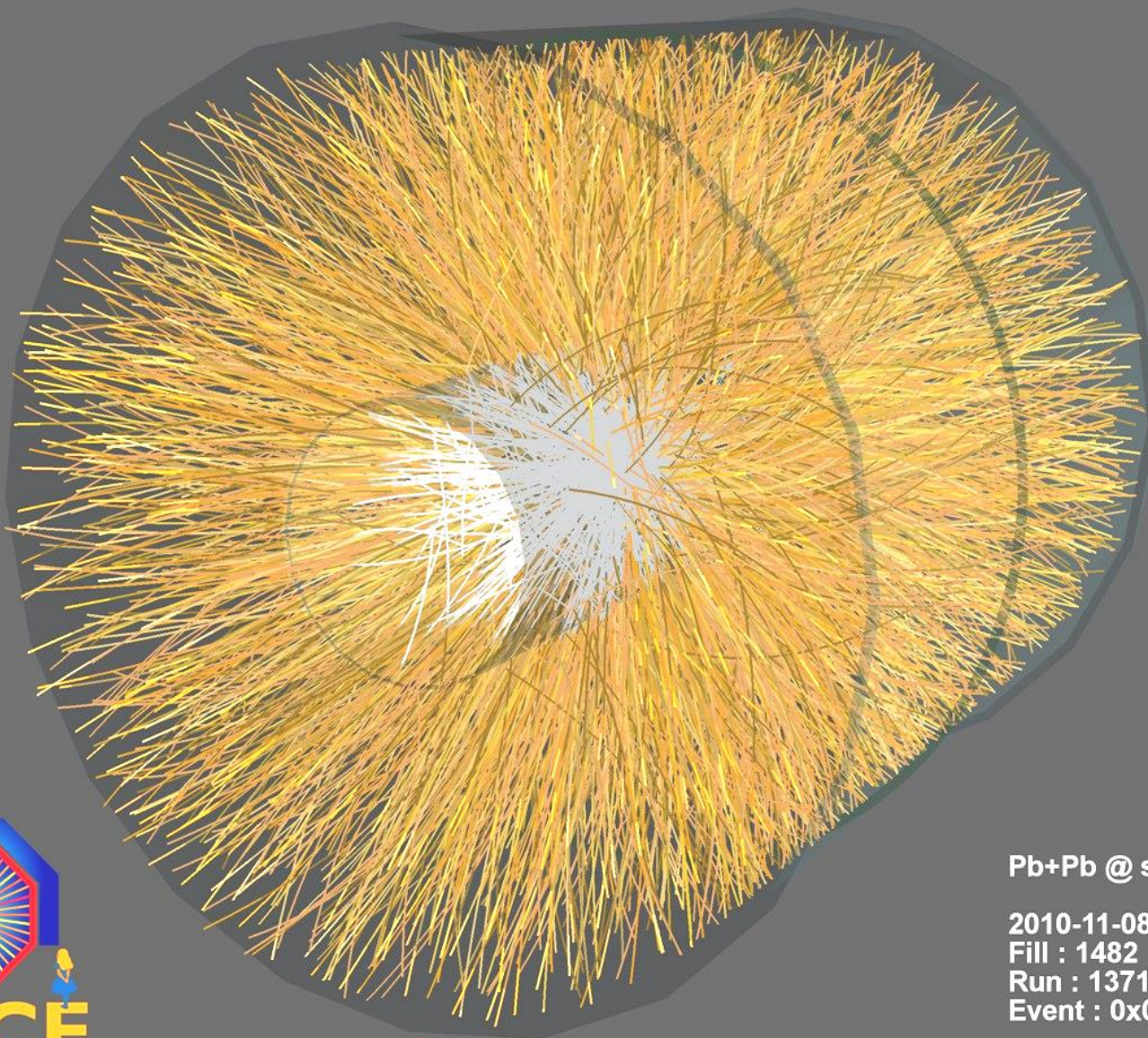


16 May 2006

First cosmic and laser tracks !







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

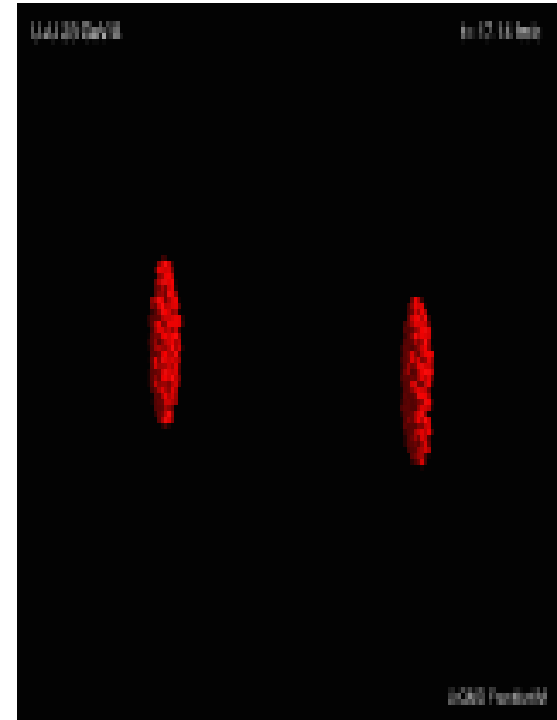
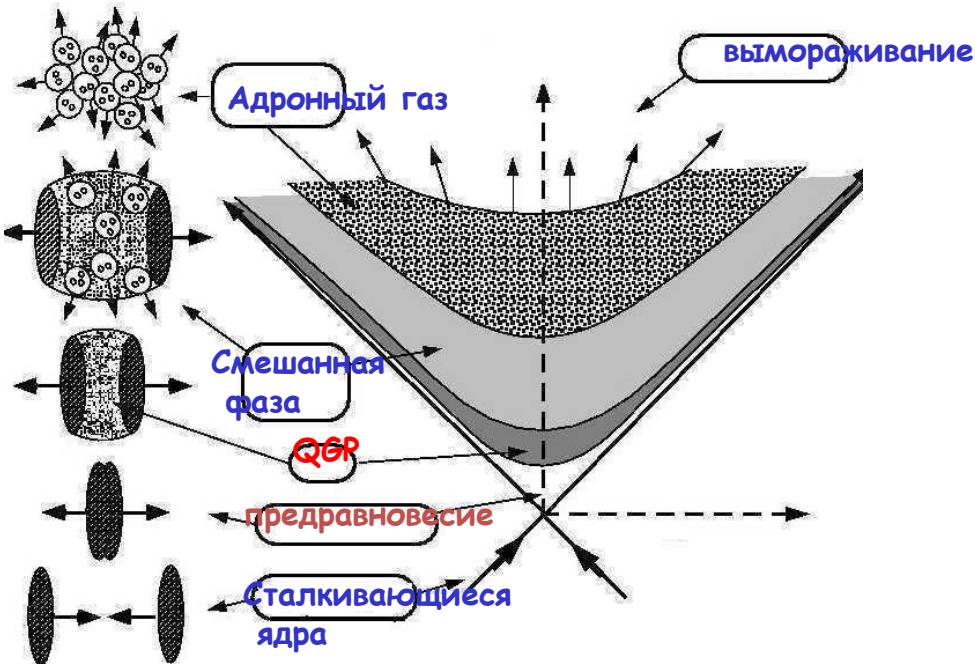
2010-11-08 11:30:46

Fill : 1482

Run : 137124

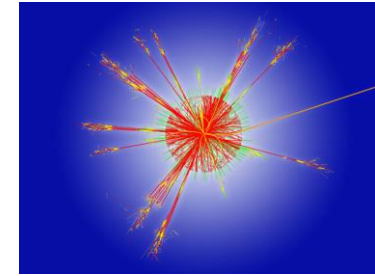
Event : 0x00000000D3BBE693

Фазы столкновений ядер



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

Центральность СТОЛКНОВЕНИЙ:

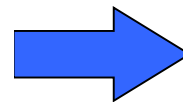
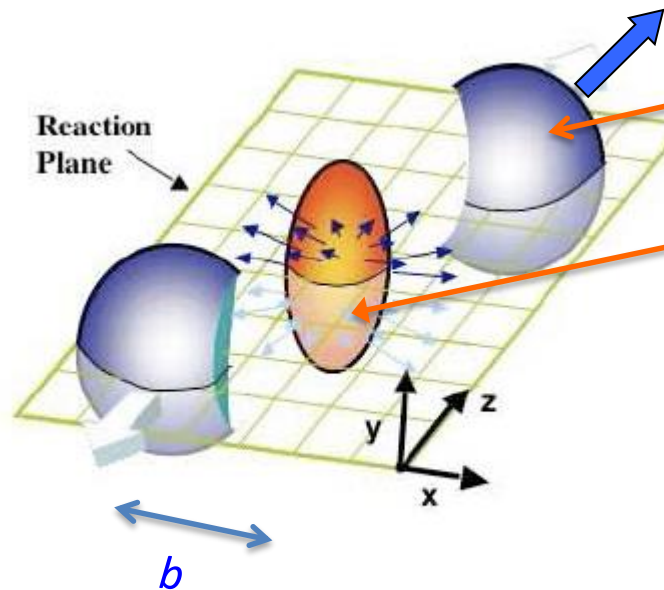


ZDC

Измерение
числа нуклонов-спектаторов

N_{spect} - число нуклонов-спектаторов

N_{part} - число нуклонов-участников

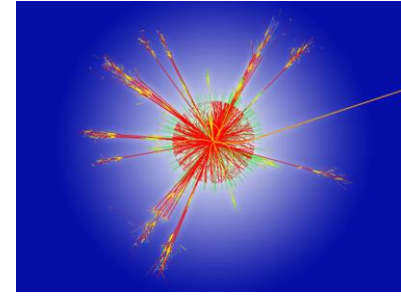


$$E_{\text{ZDC}}(\text{TeV}) = 2.76 \times N_{\text{spectators}}$$

$$N_{\text{participants}} = A - N_{\text{spectators}}$$

b - Прицельный параметр

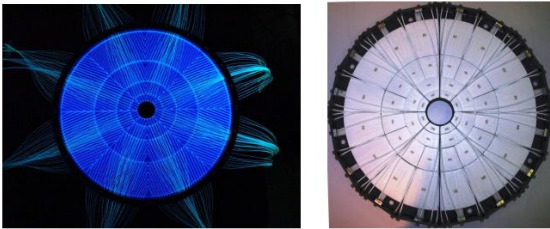
Центральность СТОЛКНОВЕНИЙ



Измерение
множественности частиц детектором VZERO.



Front view of ZDC
ZN and ZP calorimeters

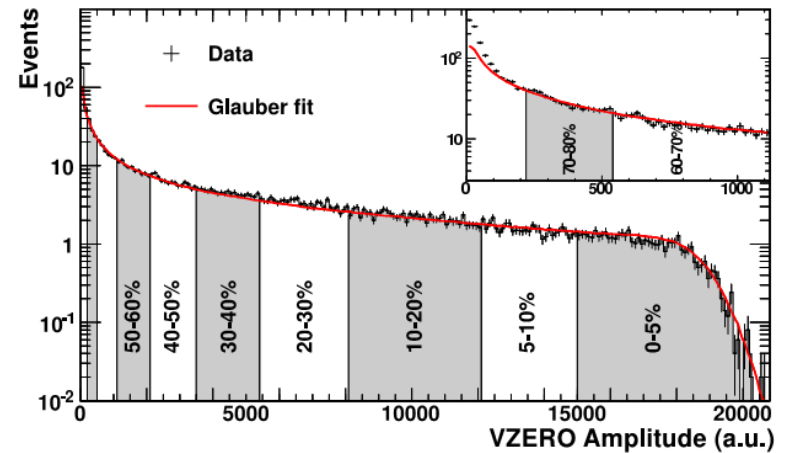


VZERO: Front view of V0A and V0C arrays

$2.8 < \eta < 5.1$ and $-3.7 < \eta < -1.7$

[arXiv:1011.3916 \[nucl-ex\]](https://arxiv.org/abs/1011.3916), [Phys. Rev. Lett. 105 \(2010\) 252301](https://doi.org/10.1103/PhysRevLett.105.252301)

K. Aamodt et al. (ALICE), JINST, 3, S08002 (2008)



**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!

ПРОГРАММА 06 МАРТА 2017



Голубой зал

11-00 – 11-45 Г.А.Феофилов, Введение в физику частиц: эксперимент

11-45 – 11-50 Перерыв

11-50 – 12-30 В.В.Коваленко, Введение в физику частиц: теория

12-30 – 13-20 Кофе, чай

13-20 – 14-00 И.Г.Алцыбеев, Поиск странных частиц в эксперименте ALICE

14-00 – 15-00 Обед

15-00 – 17-00 Компьютерный класс

15-00 --15-40 И.Г.Алцыбеев, Введение в мастер-класс

15-40 –17-00 Самостоятельная исследовательская работа

Looking for strange particles in ALICE

17-00 – 18.00 Голубой зал Кофе, чай, обсуждение результатов

18-00 – 19-00 Компьютерный класс Телемост ЦЕРН – Nantes (France) – Vienna SMI (Austria) – San Luis Obispo (USA) – Saint-Petersburg (Russia) – Обсуждение результатов. Ответы на вопросы из ЦЕРН. Тест.

19-00 –19-15 Вручение сертификатов участников



***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

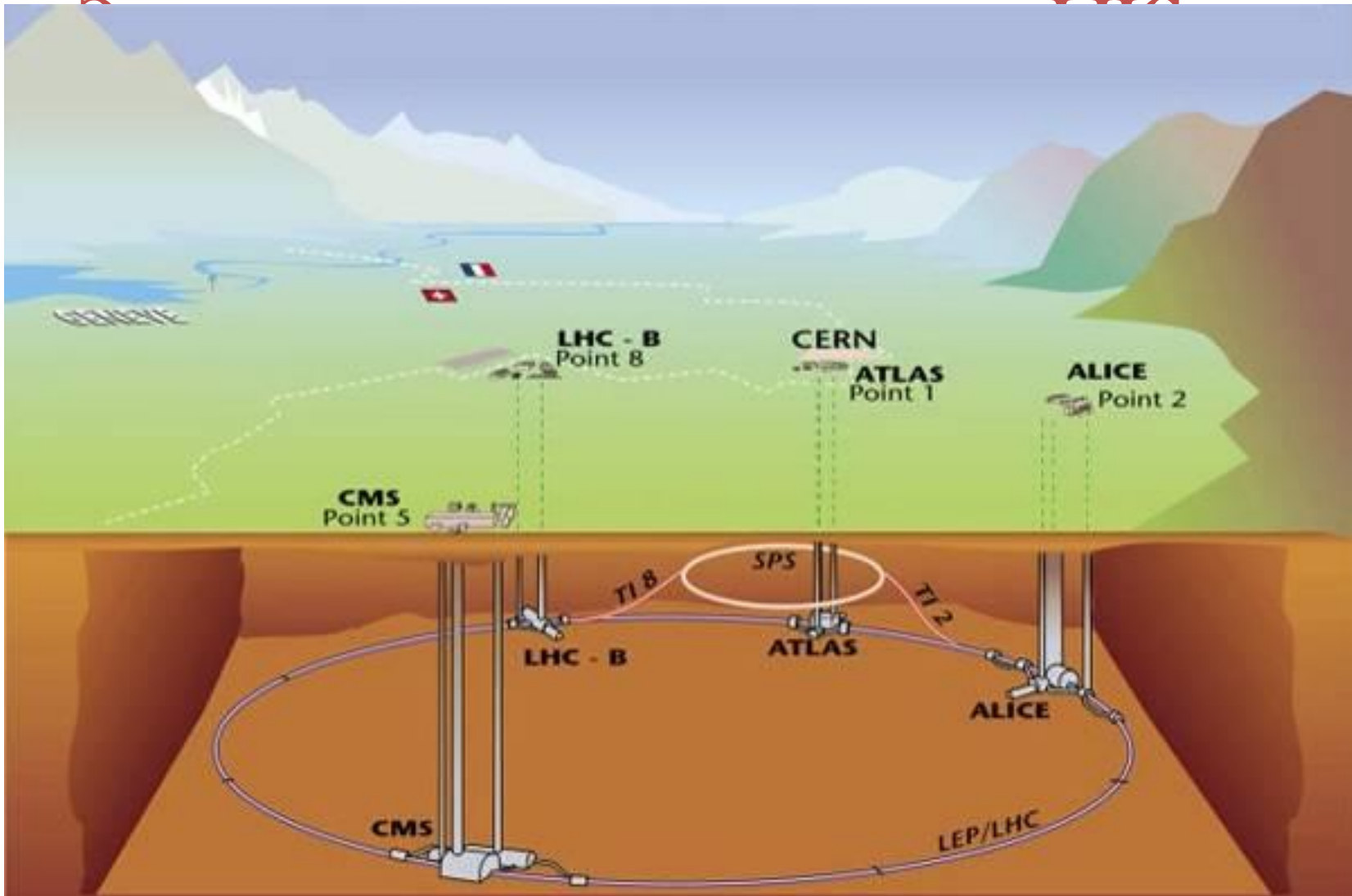
Лабораторные исследования материи в экстремальных состояниях на Большом адронном коллайдере



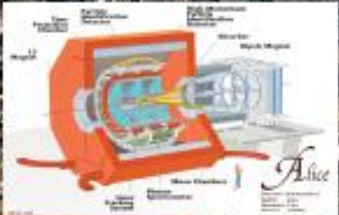


Большой адронный коллайдер





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

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



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



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



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

down



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

strange



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

bottom



INTERNATIONAL MASTERCLASSES HANDS ON PARTICLE PHYSICS

Международный мастеркласс 10.03.2017
Looking for strange particles in ALICE

Проводит Лаборатория физики
сверхвысоких энергий СПбГУ

для учащихся 10 и 11 классов в школах:

- 1) Санкт-Петербургский губернаторский физико-математический лицей №20 (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 И.А.Феофилов, Введение в физику астиц: эксперимент

11-40-11-50 Терерыв

11-50-12-30 В.В.Коваленко, Введение в физику астиц: теория

12-30-13-20 Кофе, чай

13-20 Компьютерный класс Вычислительного центра. Мастеркласс

13-20-14-00 И.Г.Алцыбеев, Поиск странных астиц: 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 Элементы EPH (Nantes (France)) - Vienna (Austria) - San Luis Obispo (USA) - Saint-Petersburg (Russia)

Обсуждение результатов. Ответы на вопросы из EPH, etc.

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, Вильновская, д. 2

НИИ физики им. В.А. Фока

