

**Физика высоких  
энергий  
и  
Большой  
Адронный Коллайдер**

Scale in m:

$10^{-10}$  m

atom

$10^{-14}$  m

nucleus

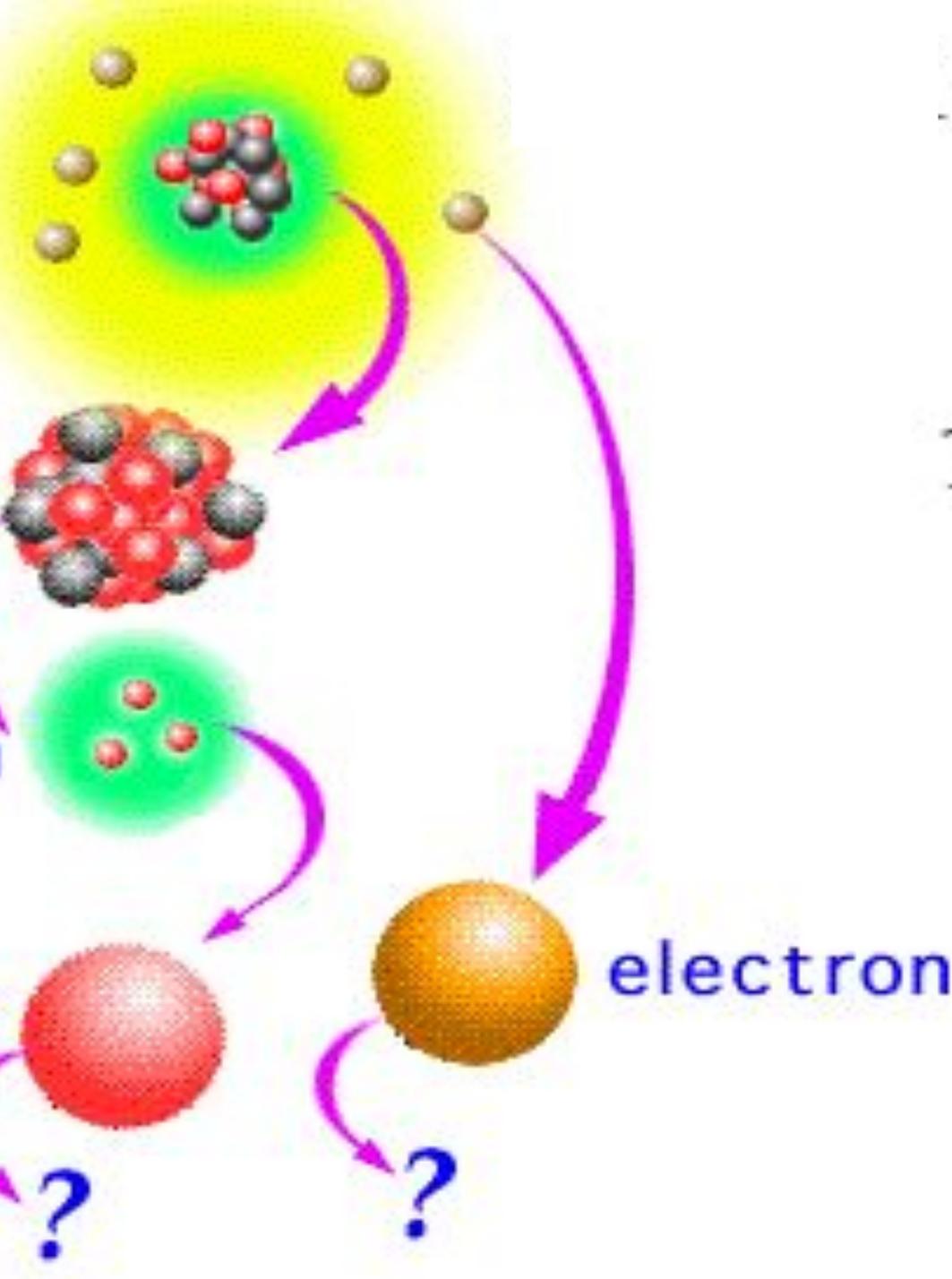
$10^{-15}$  m

proton

$\leq 10^{-18}$  m

quark

electron



# Четыре типа фундаментальных взаимодействий



Гравитационное	(все частицы)
Электромагнитное	(все заряженные частицы)
Слабое	(лептоны, мезоны, барионы)
Сильное	(барионы, мезоны = адроны)

К началу 70-х годов прошлого века было открыто несколько сотен (!!!) элементарных (???) частиц

## Стандартная теория (модель)

Фундаментальные  
частицы

кварк

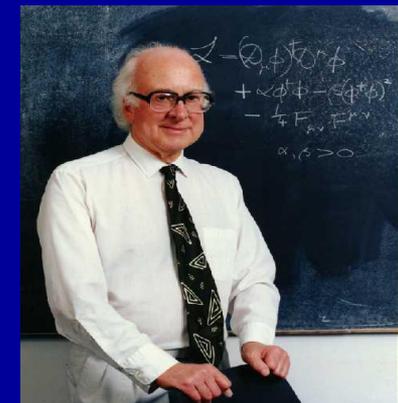
ЛЕПТОН



Предсказывает существование новой частицы,  
которая еще не наблюдалась –

**бозон Хиггса**, и который тяжелее протона  
примерно в 120 раз

П.В. Хиггс

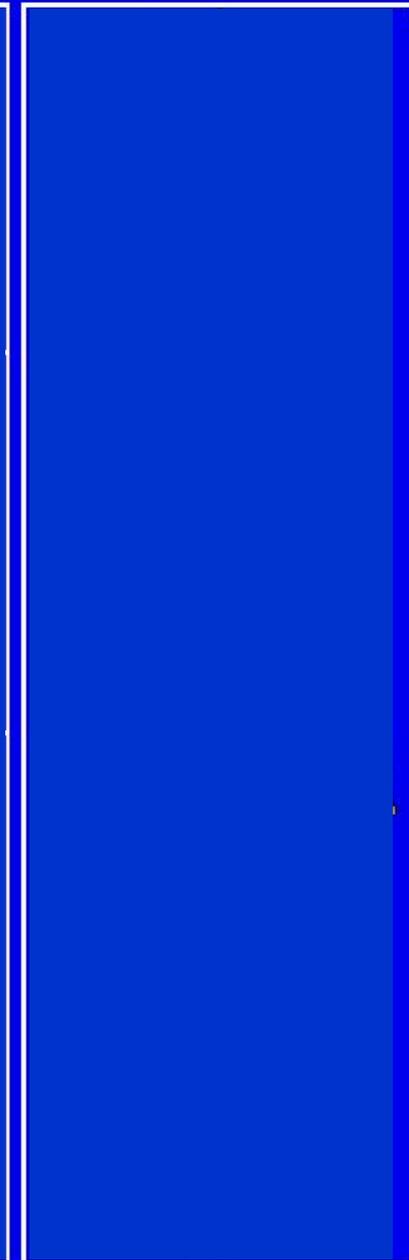
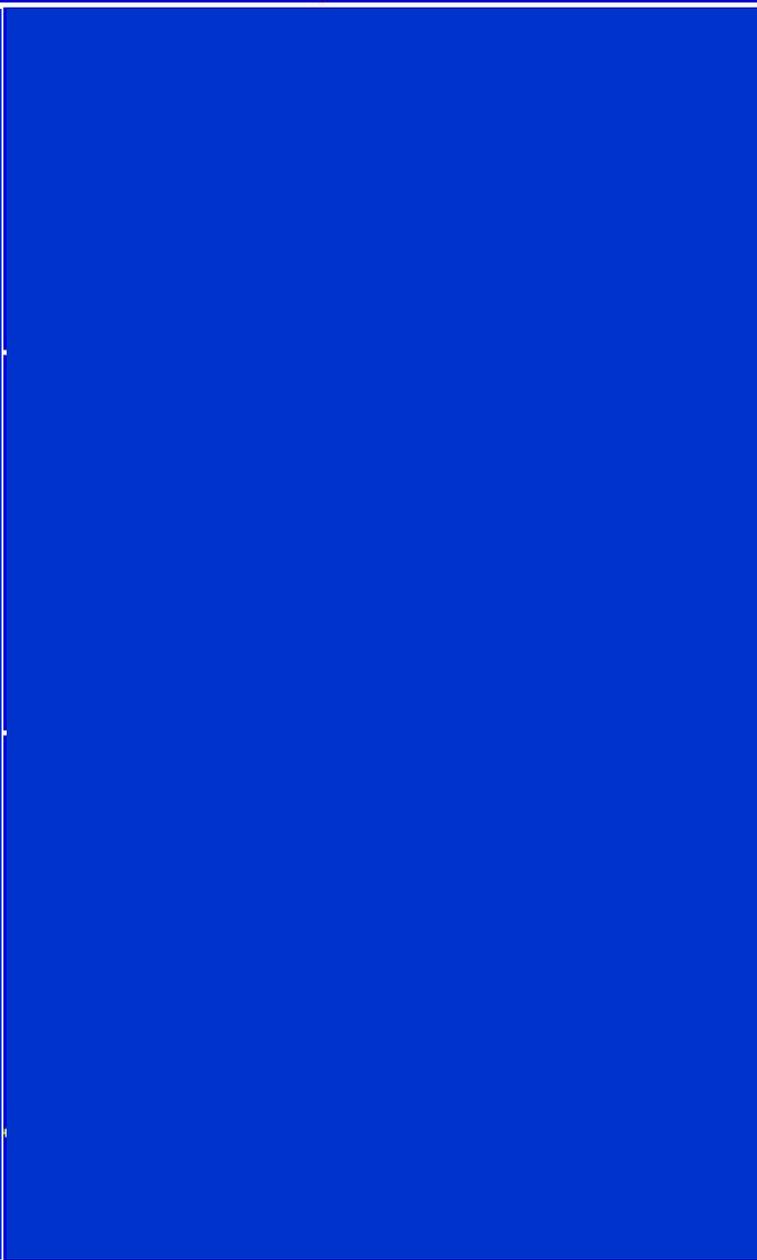
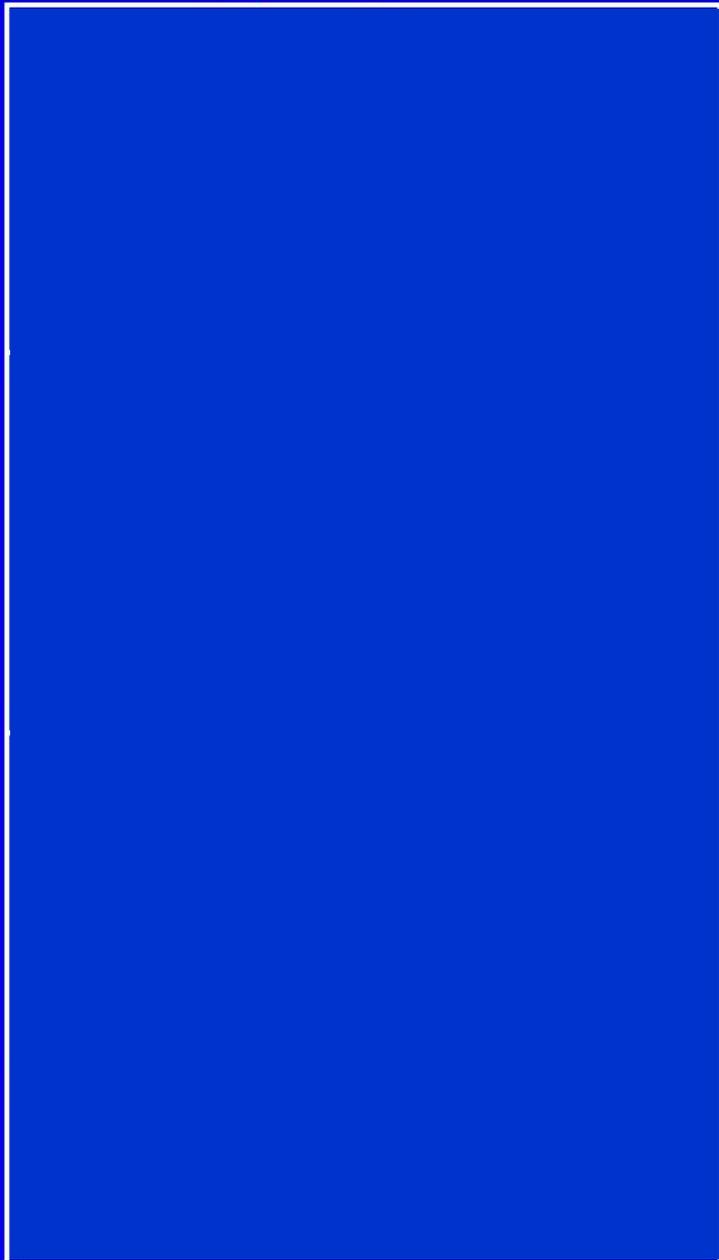


Существуют теории и модели, которые предсказывают  
много новых частиц, они будут проверяться в  
экспериментах

Quarks

Leptons

Bosons

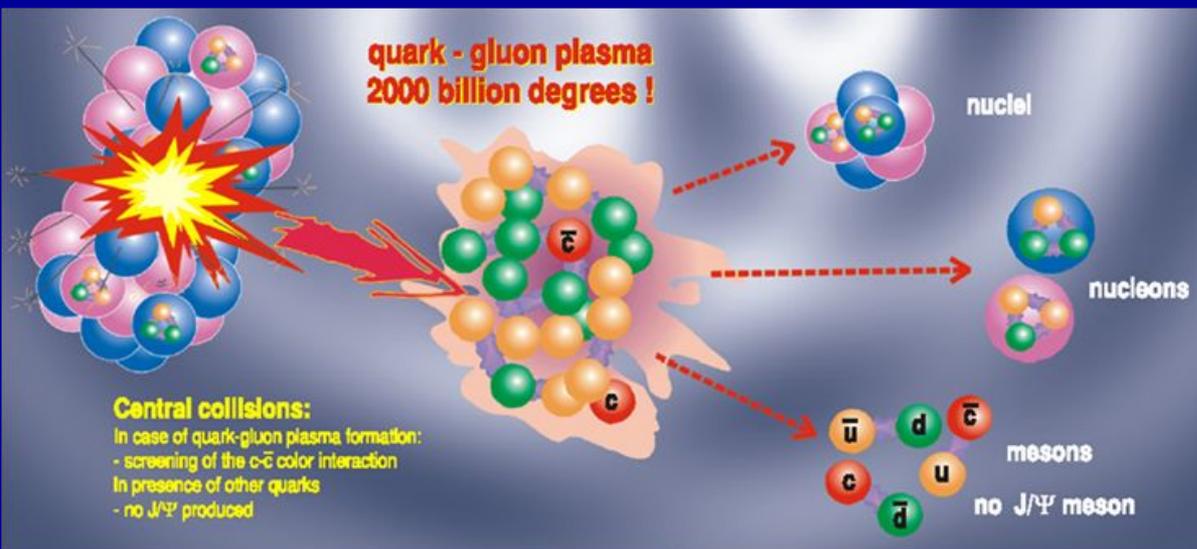
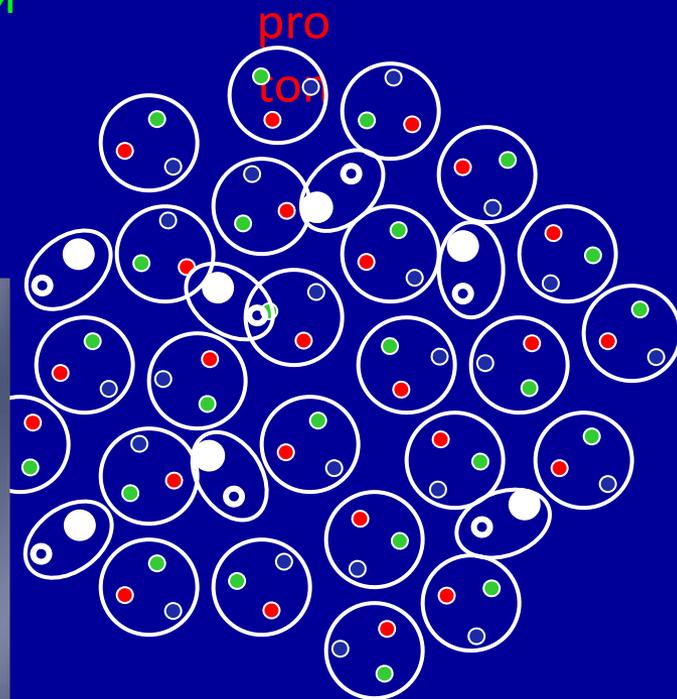
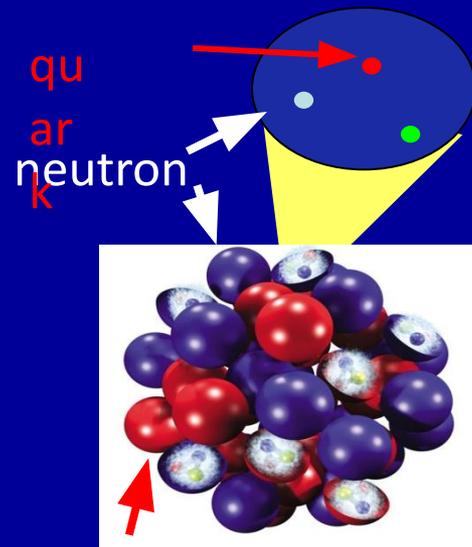


Протоны и нейтроны составлены из трех кварков, пи-мезоны из кварка и антикварка

Из стандартной теории следует, что может существовать новое состояние вещества

## **кварк-глюонная плазма**

При достижении очень высокой плотности ядерного вещества (столкновение тяжелых ядер) исчезают «границы» между нуклонами (протонами и нейтронами), образуется новое состояние материи, в котором нет адронов, а есть только кварки и глюоны



CERN



ЦЕРН - CERN, Conseil Européen de la Recherche Nucléaire,

European Organization for Nuclear Research

[www.cern.ch](http://www.cern.ch)

Официальный день рождения ЦЕРНа - 29 сентября 1954 г.  
12 стран-участниц ратифицировали договор о создании  
организации

Основная задача – исследование структуры  
материи,

ных её свойств

Сегодня ЦЕРН – это

20 стран-участниц,

6 ассоциированных членов,

2 наблюдателя





В ЦЕРНЕ с 1954 г. было сделано много важнейших научных открытий, но современное понимание Вселенной остаётся не полным

Столкновения частиц при высоких энергиях являются ключом к дальнейшим открытиям новых, более тяжёлых частиц, позволяют увидеть, что происходит на сверхмалых расстояниях

- Образуется ли при столкновении тяжёлых ядер кварк-глюонная плазма – новое состояние вещества?
- Существует ли в природе частица, предсказанная теоретиками: хиггсовский бозон (Higgs boson,  $m \geq 120 \text{ GeV}$  )?
- Существуют ли другие частицы, предсказанные теоретиками?

ЦЕРН это:

- ~ **2500** научных сотрудников (физики, инженеры, ...)
- Более **8000** (в год) приглашённых учёных (половина физиков всего мира, изучающих частицы)

Они приезжают из **500** университетов и институтов, представляя более **80** национальностей.

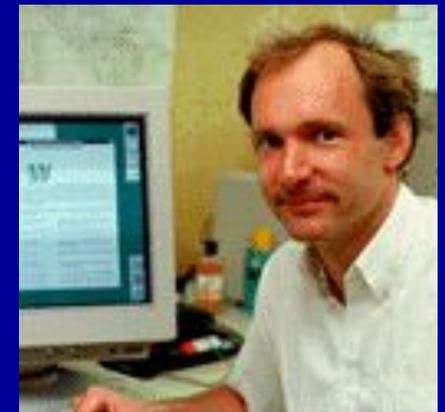




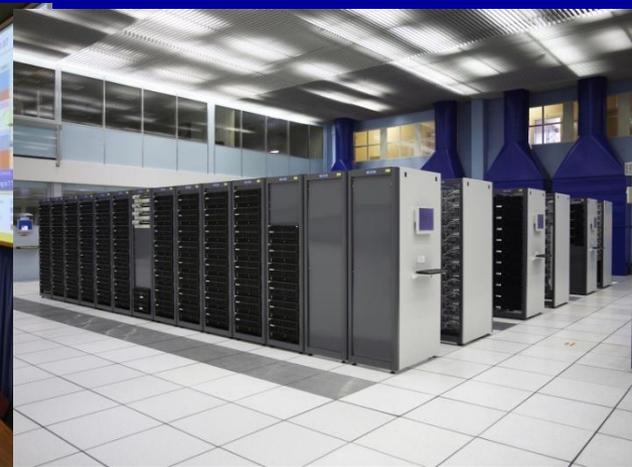
*В ЦЕРНе имеется мощный компьютерный центр, обеспечивающий информационно-вычислительную поддержку экспериментов и научного процесса.*



*Здесь, в 1989 г. был придуман и впервые реализован (в 1990 г.) **World Wide Web**, чтобы улучшить и ускорить обмен информацией, которой обмениваются физики, работающие в разных частях всего мира.*



Tim Berners-Lee





# LHC (Large Hadron Collider)

Длина кольца: 27 км

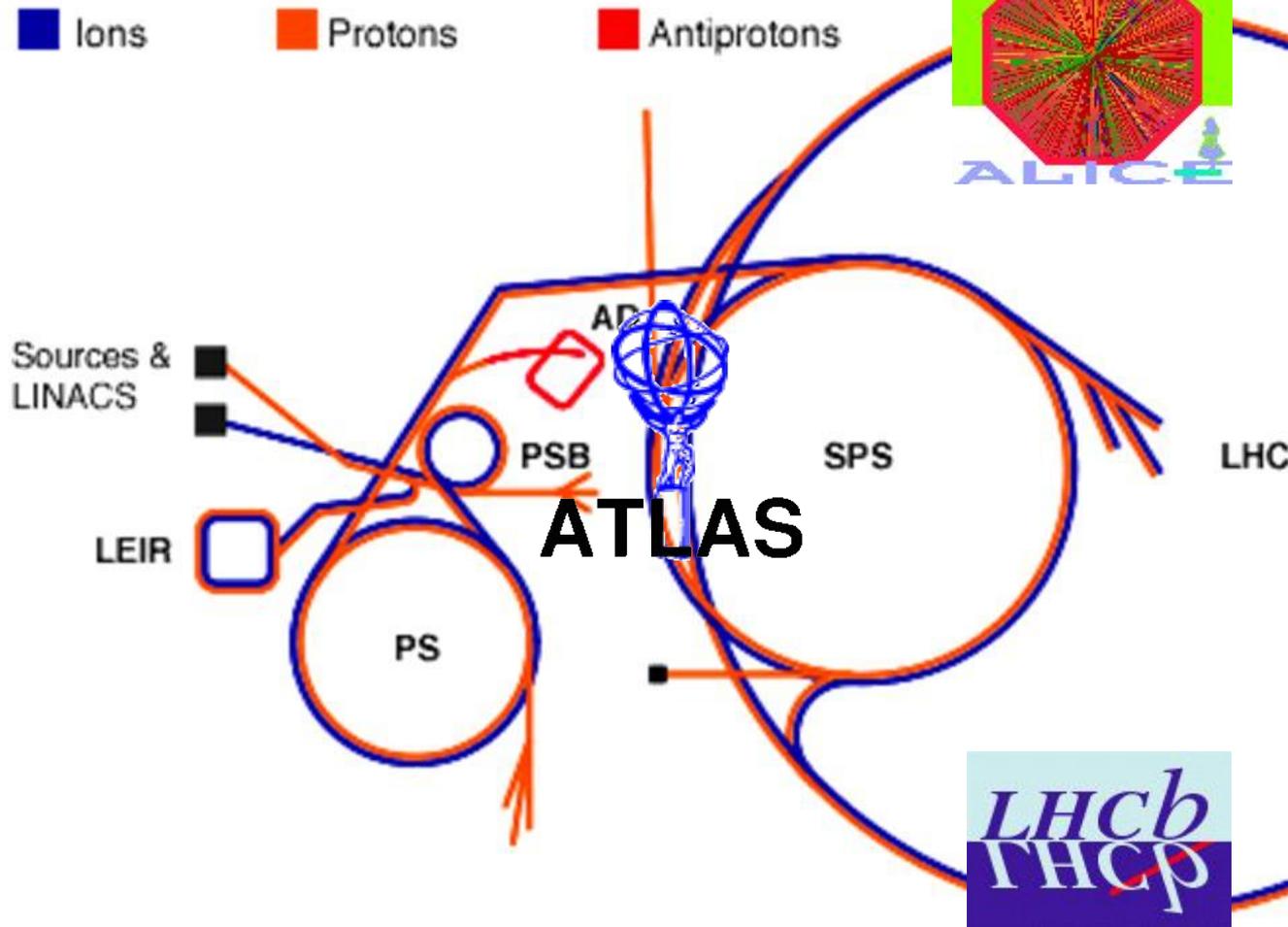
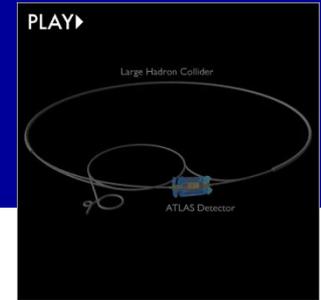
Глубина: 70 -100 м

Температура сверхпроводящих магнитов: 1.9K (= -271<sup>0</sup>C)





# ЛНС эксперименты



Size: 16 x 26 meters  
Weight: 10000 tons



ALICE

Первый пучок протонов в LHC -  
октябрь 2008 г

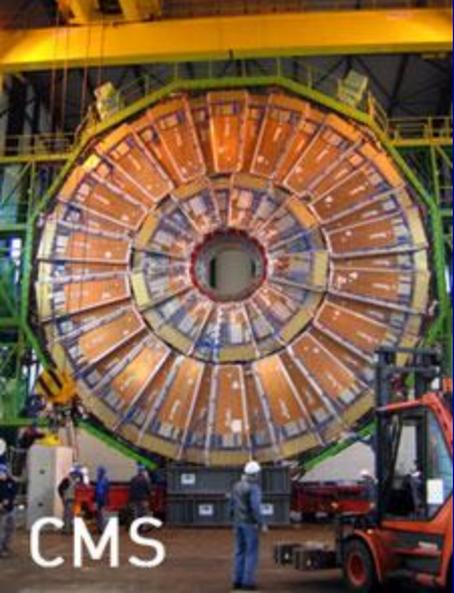


Size: 25 x 46 meters  
Weight: 7500 tons

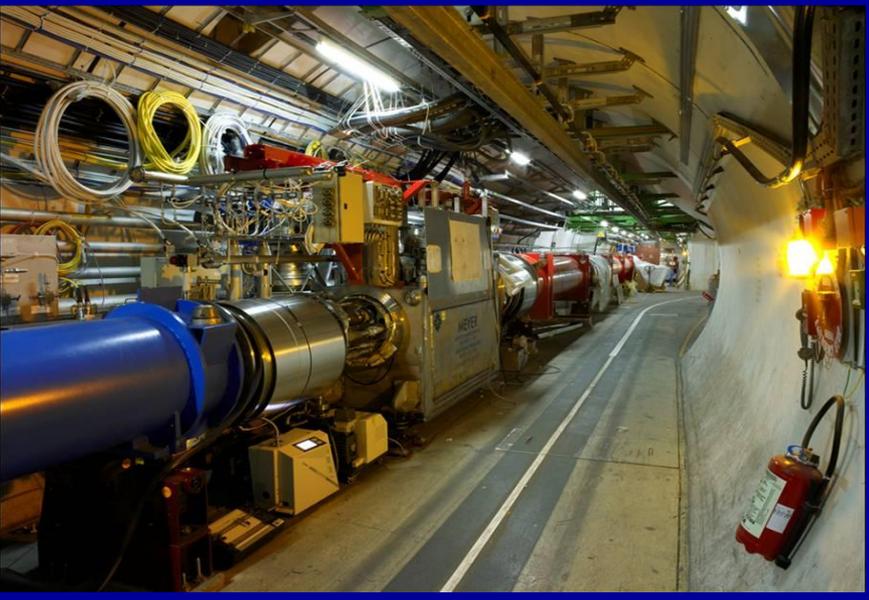


ATLAS

Size: 16 x 21 meters  
Weight: 12500 tons



CMS



Начало экспериментов -  
ноябрь 2009 г

Size: 15 x 20 meters  
Weight: 4500 tons



LHCb

В шести экспериментах будет производиться **15-20 петабайт (!!!)** (15-20 млн. гигабайт) данных в год. Их нужно сохранить и проанализировать.

**Компьютерный центр ЦЕРНа даже после существенной модернизации последних лет может обеспечить только 30% ресурсов, необходимых для хранения данных и около 20% требуемых вычислительных ресурсов**

Выбранное решение проблемы — **ГРИД**

Грид – система географически распределенных вычислительных ресурсов (компьютеры, кластеры, компьютерные центры), которые согласованно решают одну или многие задачи.



**Вычислительный интернет** появилась в 1997 году

(Аргоннская физическая лаборатория)

Украина не участвовала в строительстве LHC, но украинские ученые и инженеры внесли вклад в создание двух детекторов: **CMS** и **ALICE**

Для детектора **CMS** были созданы специальные сцинтилляционные материалы (ИСМА НАН Украины)

Для **ALICE** спроектированы и изготовлены несколько десятков тысяч микромодулей и микропроводников особого свойства для центральной части детектора - ITS (Internal Track System)

(ИТФ им. Н.Н. Боголюбова НАН Украины, Научно-исследовательский технологический институт приборостроения, Харьков)

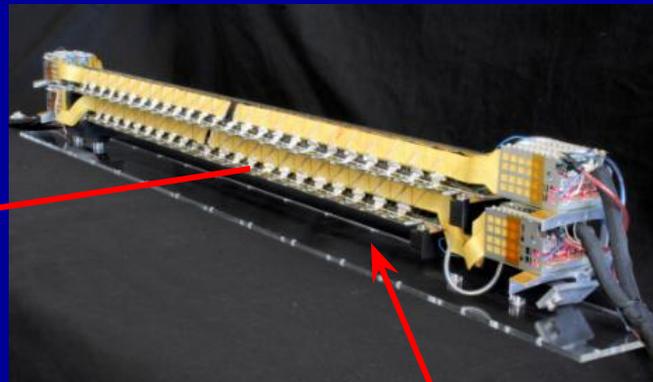
В обоих случаях – технологии высочайшего мирового уровня.

Физики и ИТ специалисты участвуют в работе **WLCG** (Worldwide LHC Computing Grid ) – объединяет в единую вычислительную сеть более 100 тыс. компьютеров (компьютерных кластеров) сотен физических центров и лабораторий всего мира).

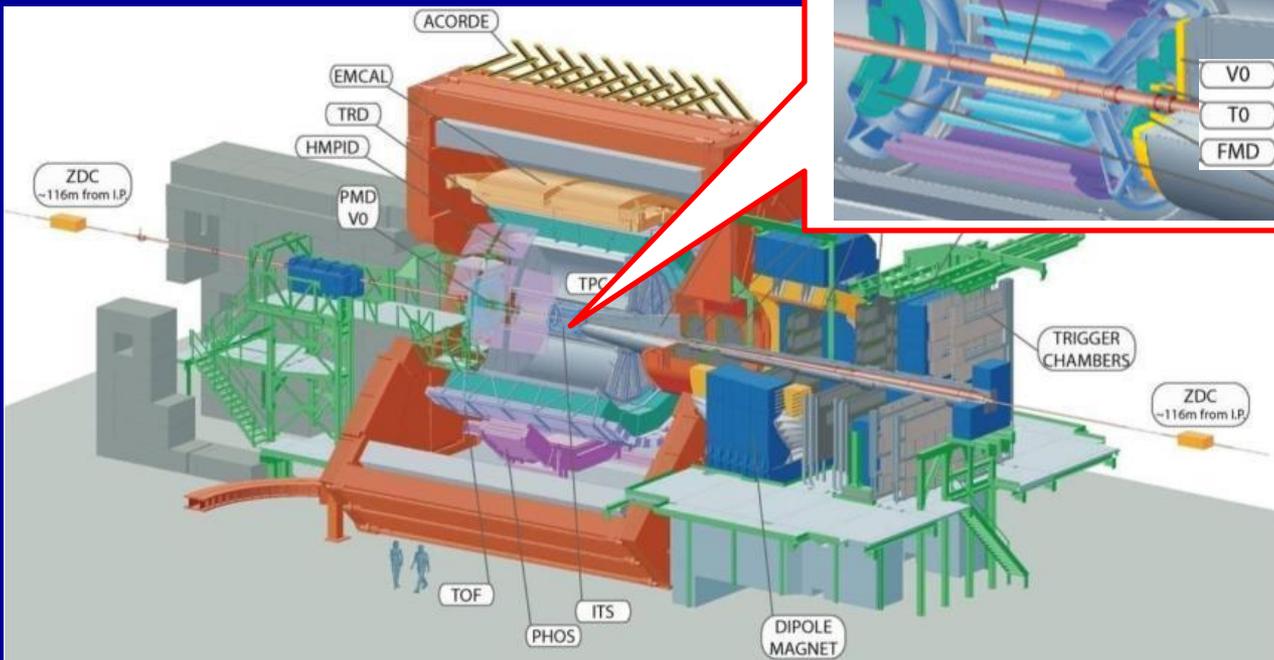
Грид для **CMS** - **ХФТИ**

Грид для **ALICE** – **ИТФ** (КНУ, ИСМА, КПИ)

# Внутренняя трековая система (Inner Tracking System) детектора ALICE



Детектор ALICE



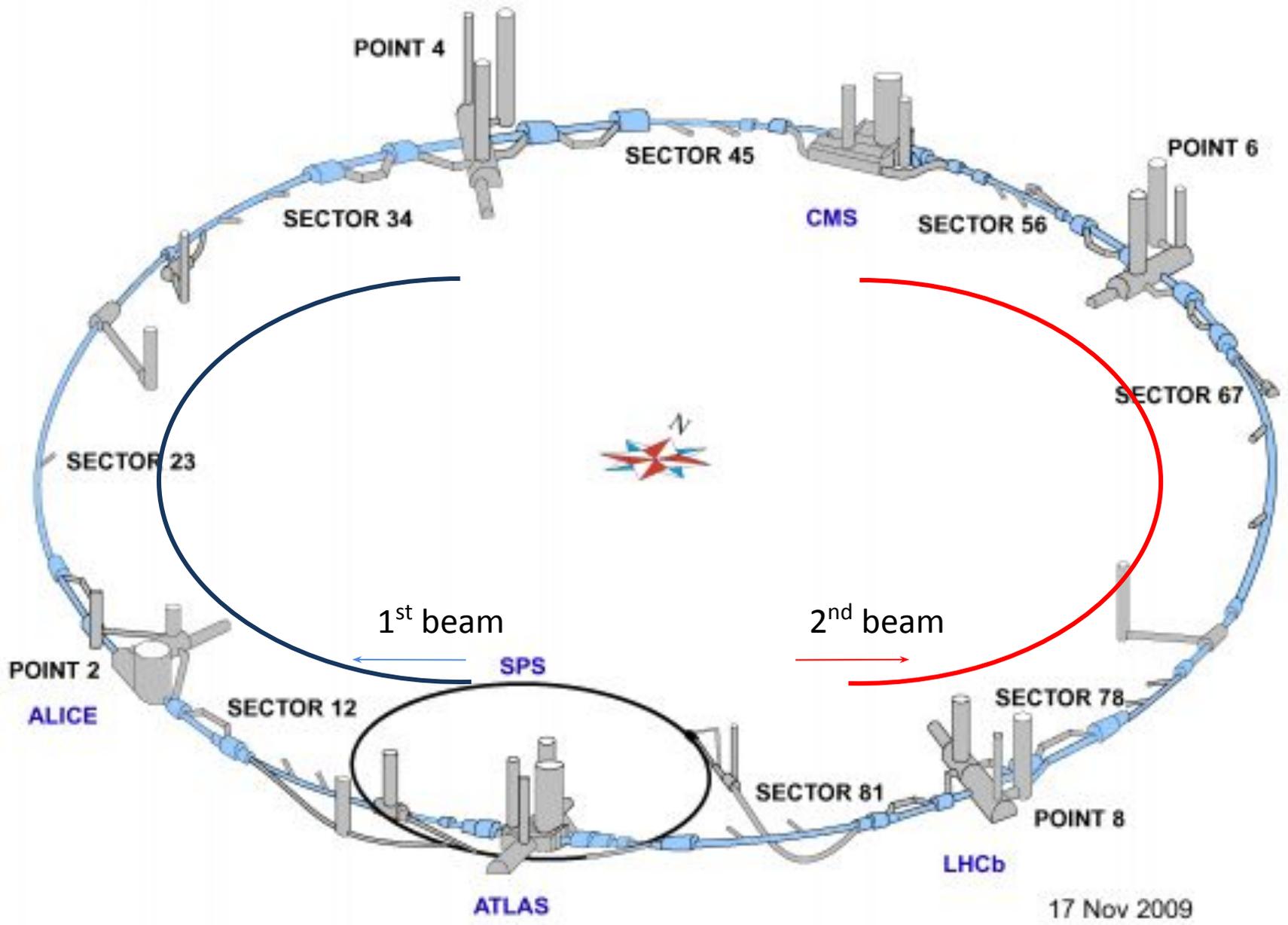
ITS





**ЦЕРН 2009 г.**  
**21 ноября – 24 ноября:**  
**Хроника событий**

**СТАРТ ЛНС**



17 Nov 2009





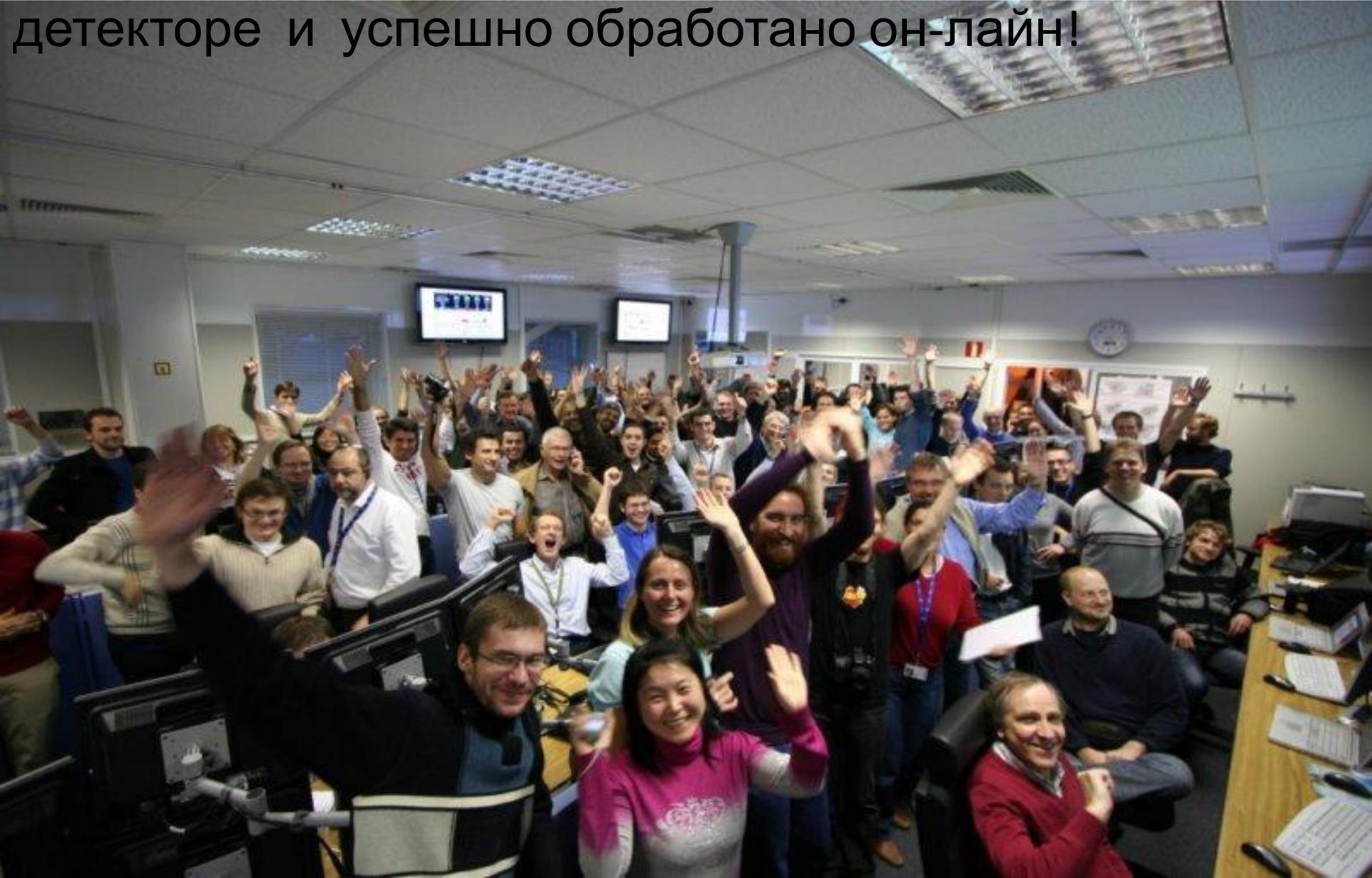
# ALICE control room





Первое столкновение протонов зафиксировано в ALICE

детекторе и успешно обработано он-лайн!

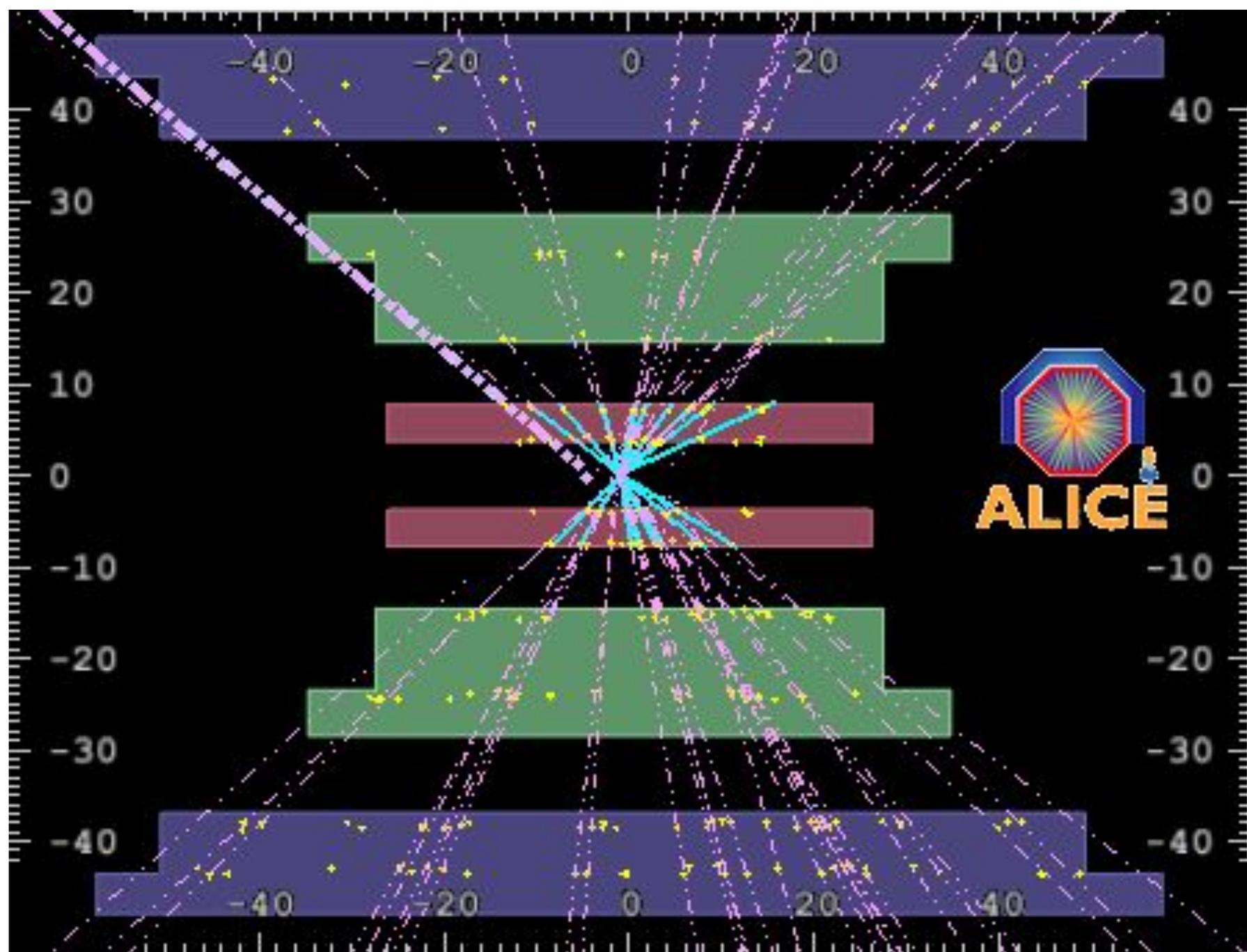


# 22 ноября. Циркуляция двух пучков



# 23 ноября. Первое СТОЛКНОВЕНИЕ







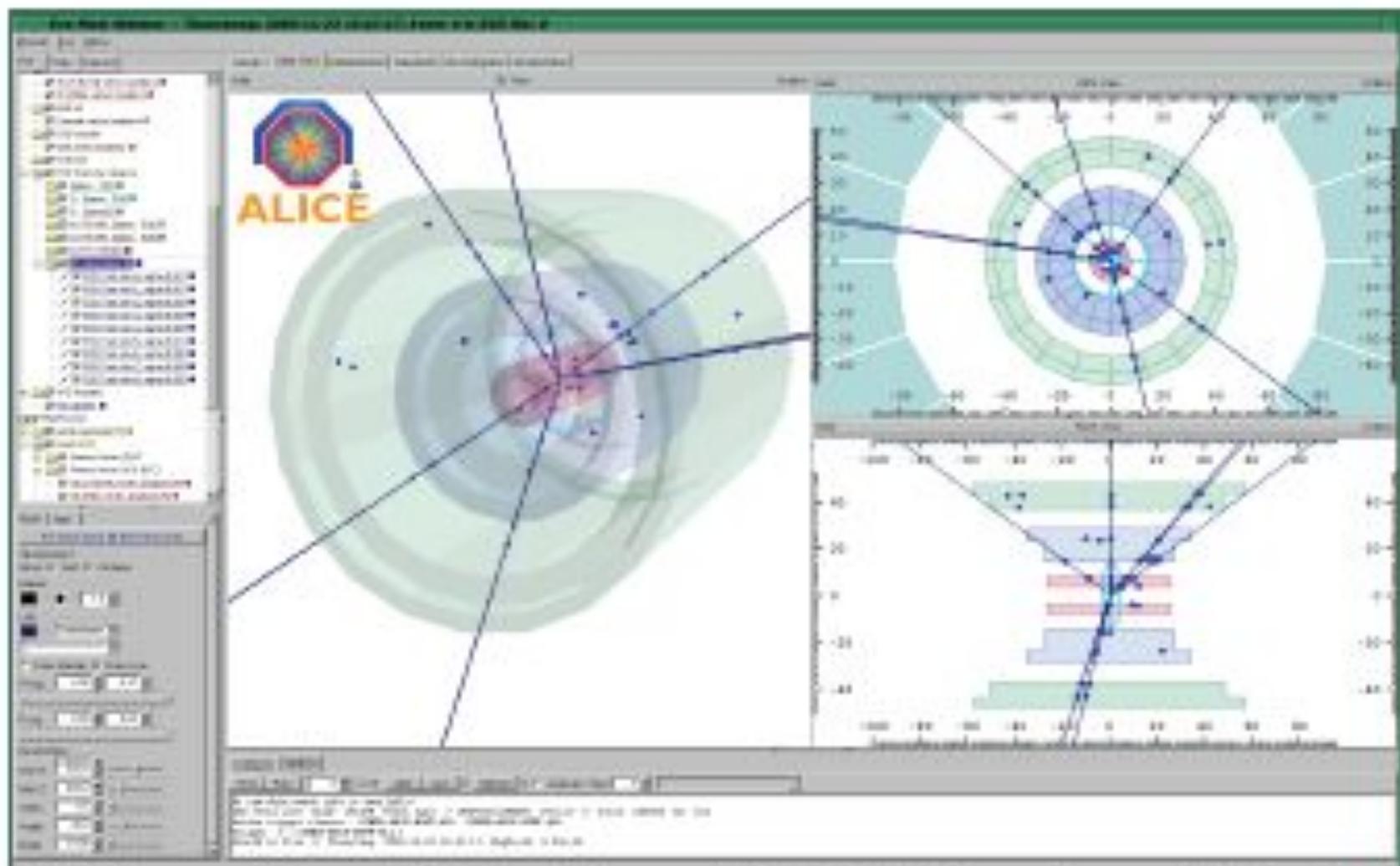


Fig. 1. The first pp collision candidate shown by the event display in the ALICE counting room (3D view,  $r-\phi$  and  $r-z$  projections), the dimensions are shown in cm. The dots correspond to hits in the silicon vertex detectors (SPD, SDD and SSD), the lines correspond to tracks reconstructed using loose quality cuts. The ellipse drawn in the middle of the detector surrounds the reconstructed event vertex.

<http://twitter.com/cern/>

<http://lhc.web.cern.ch/lhc/>

<http://lhc.web.cern.ch/lhc/News.htm>

<http://cdsweb.cern.ch/record/1223965> пресс-

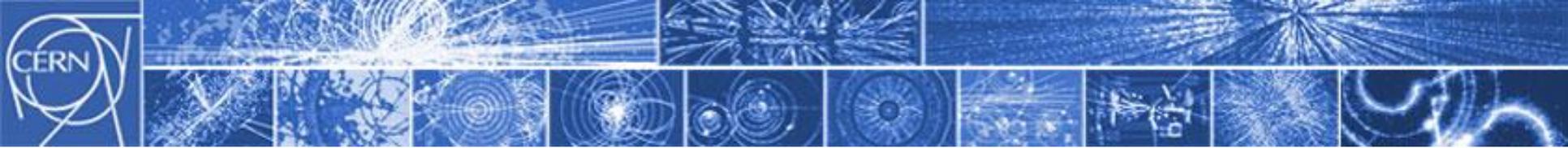
конференция

<http://ow.ly/EkbV> видео

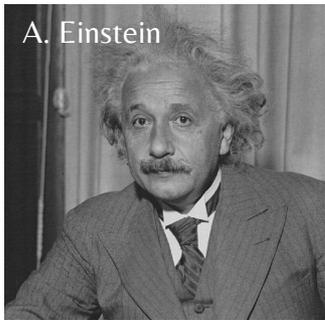
хроника

**Спасибо за  
внимание!**

# Физика высоких энергий и космология



# Fundamental research has always been a driving force for innovation

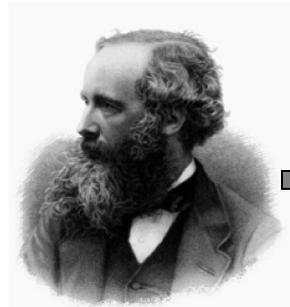


Relativity

100%  
SCIENCE



For GPS to work, we have to take into account the correction due to time dilation. Otherwise, there would be a position error of around 10m after just 5 minutes of travel-time!



J.C. Maxwell



Electromagnetism

100% SCIENCE



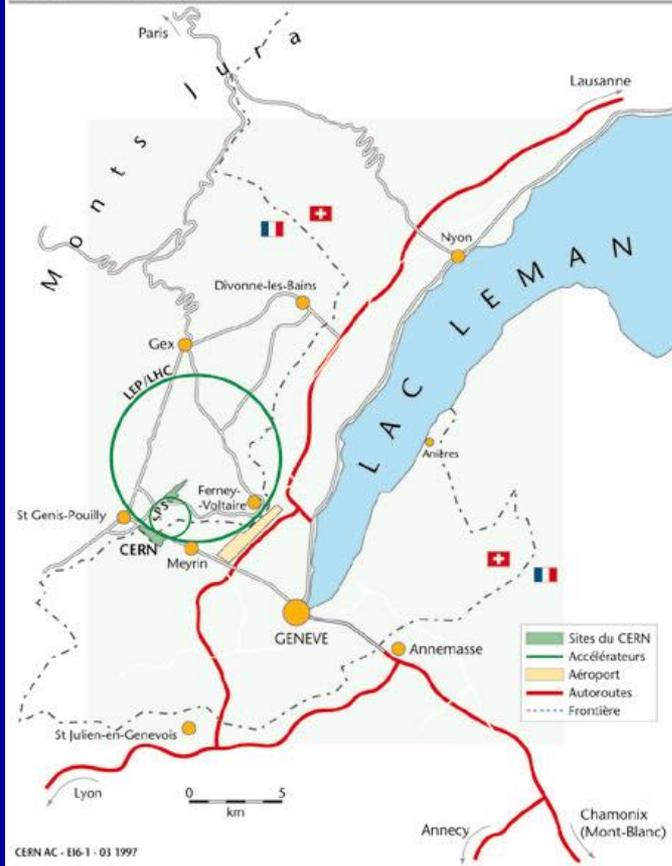
Telephones use electromagnetic waves to communicate



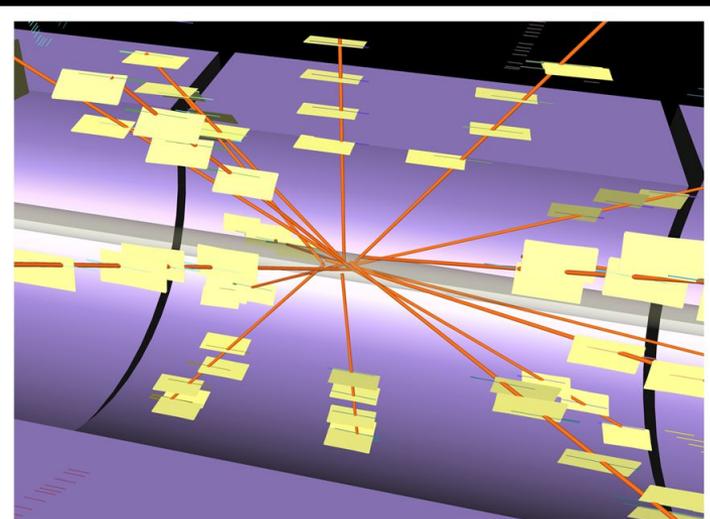
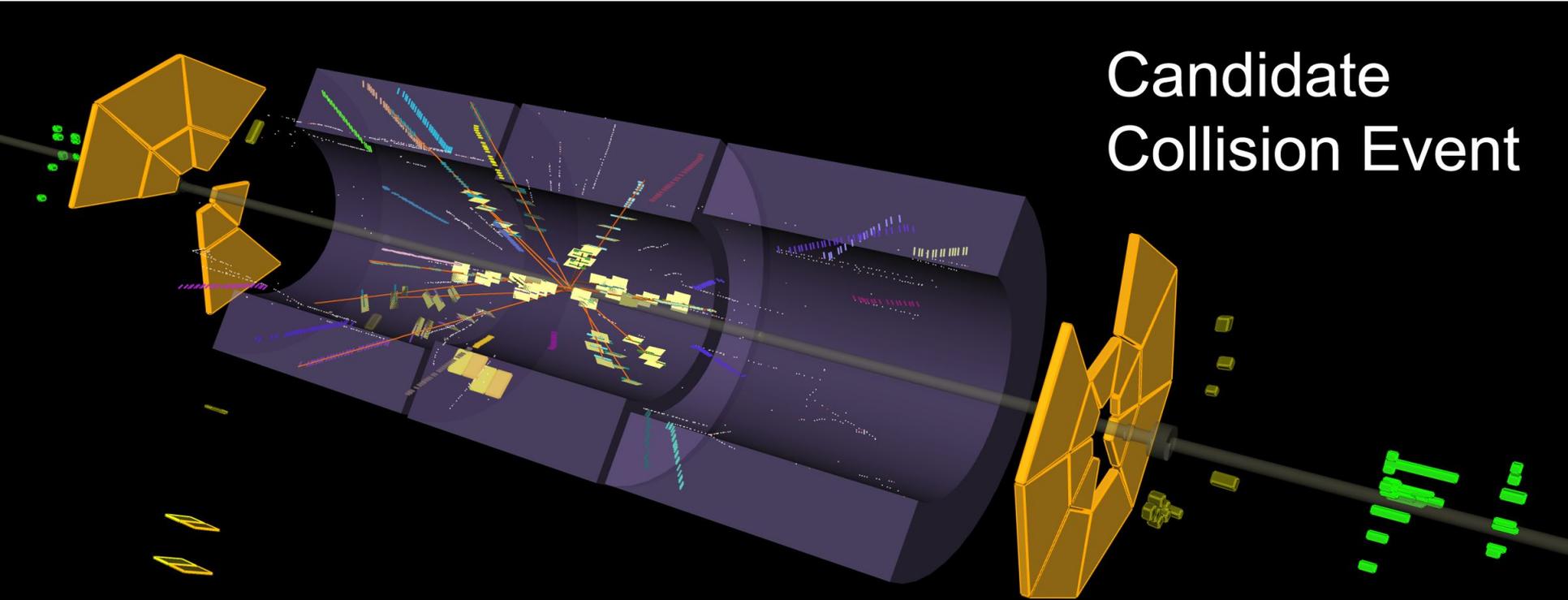


# CERN LHC

Carte de situation



# Candidate Collision Event



**ATLAS**  
EXPERIMENT

2009-11-23, 14:22 CET  
Run 140541, Event 171897

<http://atlas.web.cern.ch/Atlas/public/EVTDISPLAY/events.html>



- Welcome back beam 1! This is the clockwise direction:  
Point 2(ALICE experiment)->3->4->5(CMS)->6->7->8(LHCb)->Point1 (ATLAS).Its' circulating [6:51 AM Nov 21st](#) from [HootSuite](#)
- Nice animation of a beam splash in the LHCb experiment. Look at their page: <http://ow.ly/EjUB> [#CERN #LHC 6:59 AM Nov 21st](#) from [HootSuite](#)
- This has been a great 24 hours for the LHC. Now the systems commissioning begins, so we'll be tweeting less often for a while.  
[#CERN #LHC 7:19 AM Nov 21st](#) from [HootSuite](#)
- Thanks for following us, and for all the support. We'll keep you posted if anything interesting happens.  
<http://ow.ly/EkbB> [#CERN #LHC 7:23 AM Nov 21st](#) from [HootSuite](#)
- That was a good night for the LHC with periods of quiet beam. Next step - same again for the other beam. [12:59 AM Nov 22nd](#)
- RT @CMSexperiment: LHC Beam 2 restarting after a long pause. One shot seen in CMS! [#CMS #LHC #CERN 5:45 AM Nov 22nd](#)
- The anticlockwise beam is now in and circulating... working on improving the beam lifetime [#CERN #LHC 6:28 AM Nov 22nd](#)
- Good morning from CERN. Over three days, the LHC has had two beams circulating with good lifetimes. I t's a good solid start. [#CERN #LHC 12:23 AM Nov 23rd](#) from [HootSuite](#)
- TWO BEAMS ARE CURRENTLY CIRCULATING IN THE LHC! [#CERN #LHC 4:25 AM Nov 23rd](#) from [HootSuite](#)
- It's been an eventful day at CERN. It started with two circulating beams and ended with first collisions in four detectors.  
[#CERN #LHC 11:39 AM Nov 23rd](#)
- There was a press conference earlier in the day, taking stock of what happened over the weekend <http://bit.ly/7TXLWH>.  
[#CERN #LHC 12:04 PM Nov 23rd](#)
- CERN's press release has pictures of some of the first collisions <http://bit.ly/8U6DVX>. [#CERN #LHC 12:38 PM Nov 23rd](#)
- The [#LHC](#) accelerated a beam to 540 GeV overnight. Here are the pictures <http://bit.ly/4Njuxf>. [#CERN 12:46 AM Nov 24th](#)

**ЦЕРН 2009 Г.**

**21 НОЯБРЯ – 24**

**НОЯБРЯ:**

**ХРОНИКА СОБЫТИЙ**

**СТАРТ ІНС**