

# Зачем нужны ускорители элементарных частиц

Подготовила: ученица 11 «А» класса МОУ  
Аннинский лицей Гречишникова Надежда.  
Учитель: Шевцова Эвелина Николаевна

# Ускорители заряженных частиц.



# Зачем физикам ГИГАНТСКИЕ

## УСКОРИТЕЛИ?

- Современные физики-экспериментаторы, как и столетия назад, проводят опыты, однако «приборы» у них совсем других размеров.
- Объект исследований - микромир, хранящий пока тайны строения материи, пространства и времени. Эксперименты с элементарными частицами помогают развивать фундаментальную науку, а, значит, понять основы мироустройства.
- Микромир можно исследовать только с помощью «частиц-разведчиков», разогнанных до сверхвысоких энергий. Чтобы получить нужную энергию, требуются мощные электрические и магнитные поля, для чего и сооружают грандиозные по размерам и по сложности машины – **ускорители**.

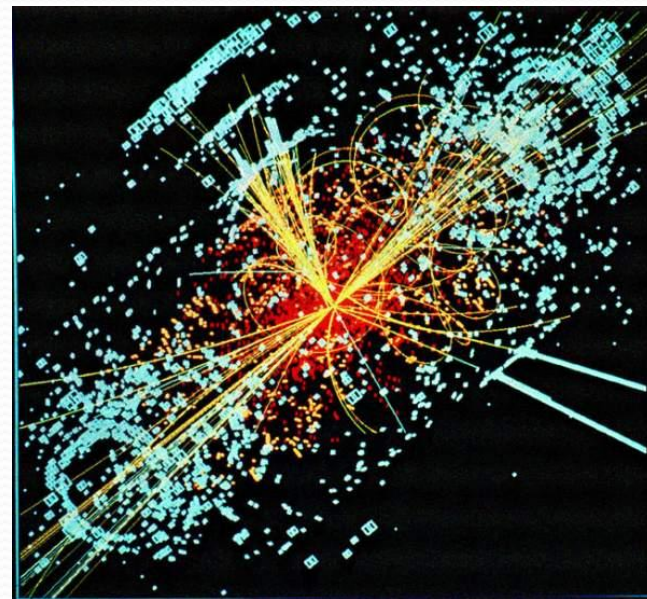


# Кому принадлежит?»



- Физика всегда была наукой интернациональной. Современная физика требует столь существенных затрат, что для увеличения научной эффективности экспериментов при тех же деньгах нужно объединение усилий как физиков, так и заинтересованных государств.
- В таких центрах науки, как Объединённый институт ядерных исследований (Россия), Брукгейвенская национальная лаборатория и Фермилаб (США) и других работают исследователи со всего мира.
- Создана и успешно функционирует Европейская организация по ядерным исследованиям - ЦЕРН (*CERN*), крупнейшая в мире лаборатория физики высоких энергий, участниками которой являются десятки государств (У России статус страны-наблюдателя). Основным проектом ЦЕРНа в данное время является Большой адронный коллайдер (LHC).

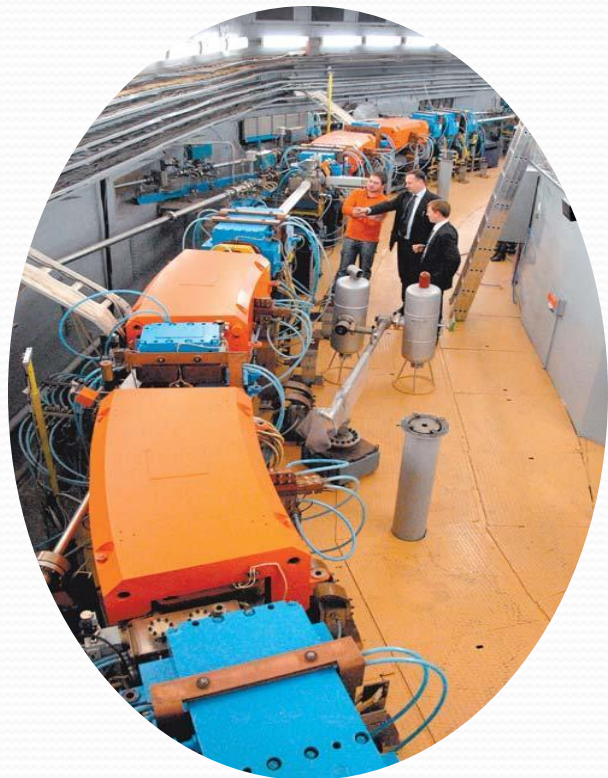
- В мире насчитывается примерно 17 тысяч ускорителей, но лишь несколько десятков из них относятся к высокоэнергетическим и используются в научных целях. Фундаментальная наука — это основа технологий в долгосрочной перспективе.
- Подавляющее большинство – это компактные низкоэнергетические ускорители, использующиеся в целях медицины, дефектоскопии, обеззараживающих облучений и т. д.
- «Большая» наука уже сегодня дала методики и приборы, которые с успехом служат людям, это: адронная терапия раковых опухолей, позитронно-эмиссионная томография, мюонная химия и др.



- Научные исследования.
- Стерилизация (продуктов питания, медицинского инструмента).
- Медицина (лечение онкологических заболеваний, радиодиагностика).
- Производство полупроводниковых устройств (инжекция примесей).
- Радиационная дефектоскопия.
- Радиационное сшивание полимеров.
- Радиационная очистка топочных газов и сточных вод.

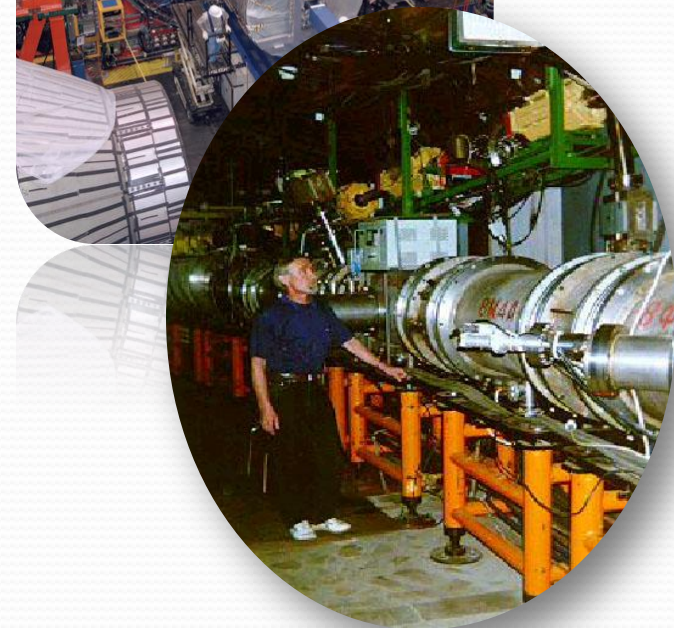
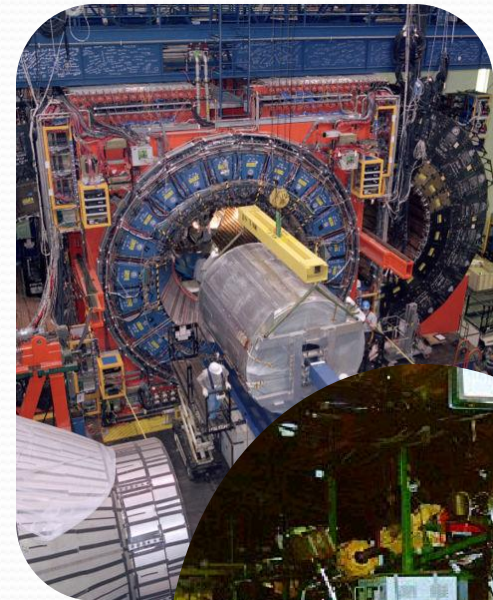


# Зачем нужно уметь видеть физику



- Даже в школьной физике можно найти немало примеров удивительной схожести математического описания природных явлений и процессов и проследить аналогии между объектами из разных её областей.
- В современной физике эта «математическая экономность» природы ещё больше убеждает в том, что всё в природе взаимосвязано. Физика элементарных частиц, как составная часть физического знания о мире, находится на этапе становления, поэтому остаётся только догадываться, какие тайны и возможности перед нами откроются по мере её развития.

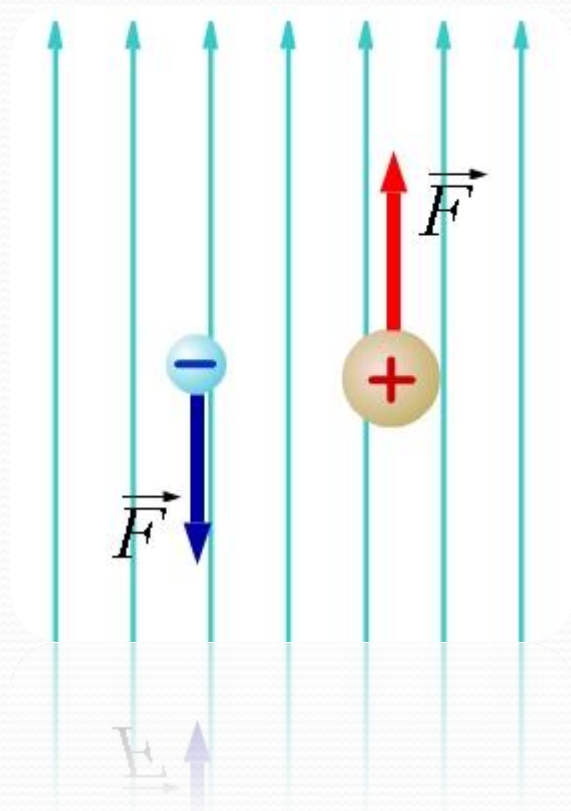
- В основе работы ускорителей заложено взаимодействие заряженных частиц с электрическим и магнитным полями: частицы разгоняются до больших скоростей, затем ускоренные частицы приводят в столкновение с мишенями.
- Соударение частиц высоких энергий совсем не похоже на столкновение шаров при игре в бильярд. Мир высоких энергий и невообразимо малых расстояний настолько специфичен, что для описания взаимодействий в нём используется квантовая физика.
- Задача исследователя — восстановить картину события по зафиксированным следам частиц. Результат взаимодействия изучается путём анализа поведения очень большого числа частиц и проводится с помощью ЭВМ





# Действие электрического

## поля на заряженные частицы



- Электрическое поле способно напрямую совершать работу над частицей, то есть увеличивать её энергию.
- В однородном электрическом поле движение заряженных частиц происходит с постоянным ускорением, в неоднородном – с переменным. Во всех случаях при отсутствии сил сопротивления энергия, приобретённая изначально покоящейся частицей, равна работе, совершённой силами поля:

$$\frac{mv^2}{2} = qU.$$

# ДВИЖЕНИЕ МАГНИТНОГО ПОЛЯ ПОСРЕДСТВОМ СИЛЫ ЛОРЕНЦА

- Магнитное поле, создавая силу Лоренца, лишь отклоняет частицу, не изменяя её энергии, и задаёт орбиту, по которой движутся частицы.
- Движение нерелятивистских частиц описывается классической физикой:  
при  $\alpha = 90^\circ$

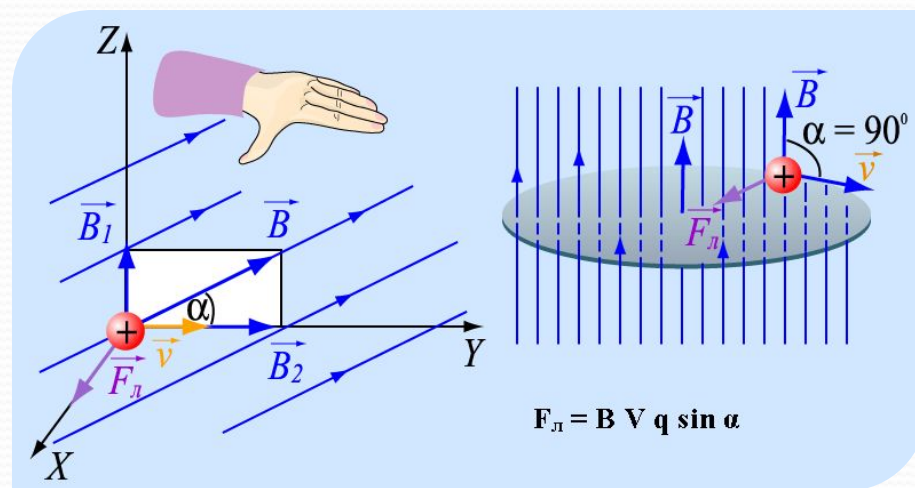
радиус окружности

$$R = \frac{mv}{qB},$$

период обращения

$$T = \frac{2\pi m}{qB}.$$

- Для описания движения релятивистских частиц в однородном магнитном поле используется математический аппарат релятивистской физики.



# Классификация ускорителей

Современные ускорители классифицируют по разным признакам:

- По типу ускоряемых частиц (различают электронные ускорители, протонные ускорители и ускорители ионов).
- По характеру траекторий частиц (линейные ускорители, в которых траектории частиц прямолинейны, и циклические ускорители, в которых траектории частиц близки к окружности или спирали).
- По характеру ускоряющего поля.
- По механизму, обеспечивающему устойчивость движения частиц в перпендикулярных к орбите направлениях.
- И др.



# Частица в ускорителе

Основное разделение всех существующих в мире ускорителей - по принципу сообщения энергии. Можно:

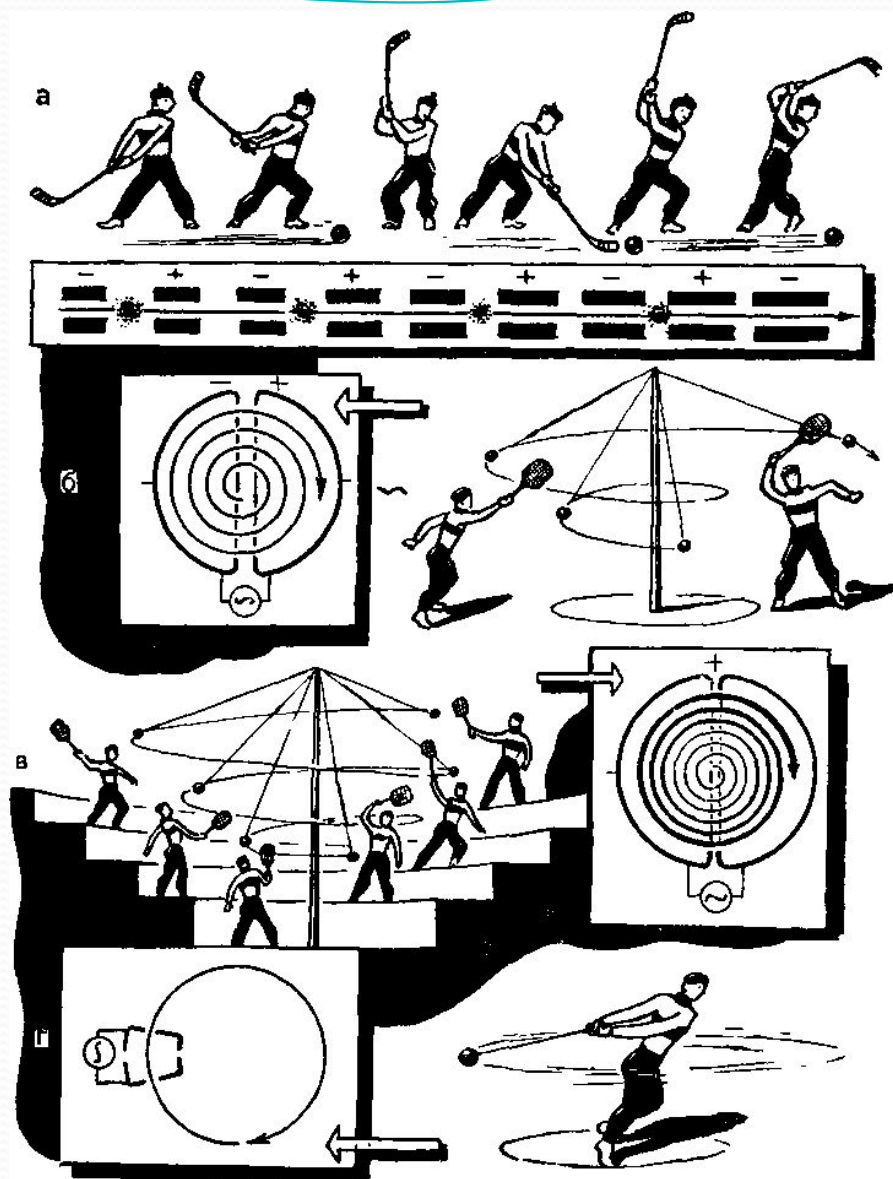
1. «нанизать» по прямой однотипные участки, собранные из стандартной, но достаточно сложной и дорогой аппаратуры, чтобы в каждом из них частицы последовательно приобретали новые порции энергии – построить линейный ускоритель;
2. заставить пучок частиц проходить один и тот же ускоряющий участок многократно – построить «кольцевой», или «циклический» ускоритель.

Для достижения высоких энергий используют кольцевые ускорители, там, где не нужны высокие энергии частиц – линейные ускорители.



На этих рисунках художник попытался изобразить особенности в способах ускорения частиц при помощи различных ускорителей заряженных частиц:

- а - линейный ускоритель;
- б - циклотрон;
- в - синхроциклотрон;
- г-синхрофазотрон.



# ЛИНЕЙНЫЙ УСКОРИТЕЛЬ

- В линейных ускорителях траектории ускоряемых частиц близки к прямым линиям. По всей длине таких ускорителей располагаются ускоряющие станции. Наибольший из работающих линейных ускоритель (электронный ускоритель в Стэнфорде) имеет длину 3,05 км. Линейные ускорители позволяют получить мощные потоки частиц, но при больших энергиях оказываются слишком дорогими.



Стэнфордский линейный ускоритель (SLAC)

# ЦИКЛИЧЕСКИЕ УСКОРИТЕЛИ

- В циклических ускорителях «ведущее» магнитное поле изгибает траектории ускоряемых частиц, свёртывая их в окружности (кольцевые ускорители или синхротроны) или спирали (**циклотроны**, фазотроны, бетатроны и микротроны).
- Такие ускорители содержат одно или несколько ускоряющих устройств, к которым частицы многократно возвращаются в течение ускорительного цикла.



- Деление осуществляется в зависимости от особенностей режимов ускорения :
- если частота ускоряющего поля и ведущее магнитное поле постоянны во времени - «циклотрон»,
- если магнитное поле нарастает во время цикла ускорения - «синхротрон»,
- если при этом изменяется и частота ускоряющего поля - «синхрофазотрон».
- В протонных ускорителях на очень высокие энергии к концу периода ускорения скорость частиц увеличивается настолько, что они обращаются по круговой орбите практически с постоянной частотой, поэтому синхрофазотроны для протонов высоких энергий называют «протонными синхротронами».





# ЦИКЛИЧЕСКИЙ УСКОРИТЕЛЬ

1. Полюс электромагнита
2. Мишень
3. Шток
4. Полюс электромагнита
5. Дуанты
6. Коробка
7. Изоляторы

ВНЕШНИЙ ВИД  
ЦИКЛИЧЕСКОГО  
УСКОИТЕЛЯ

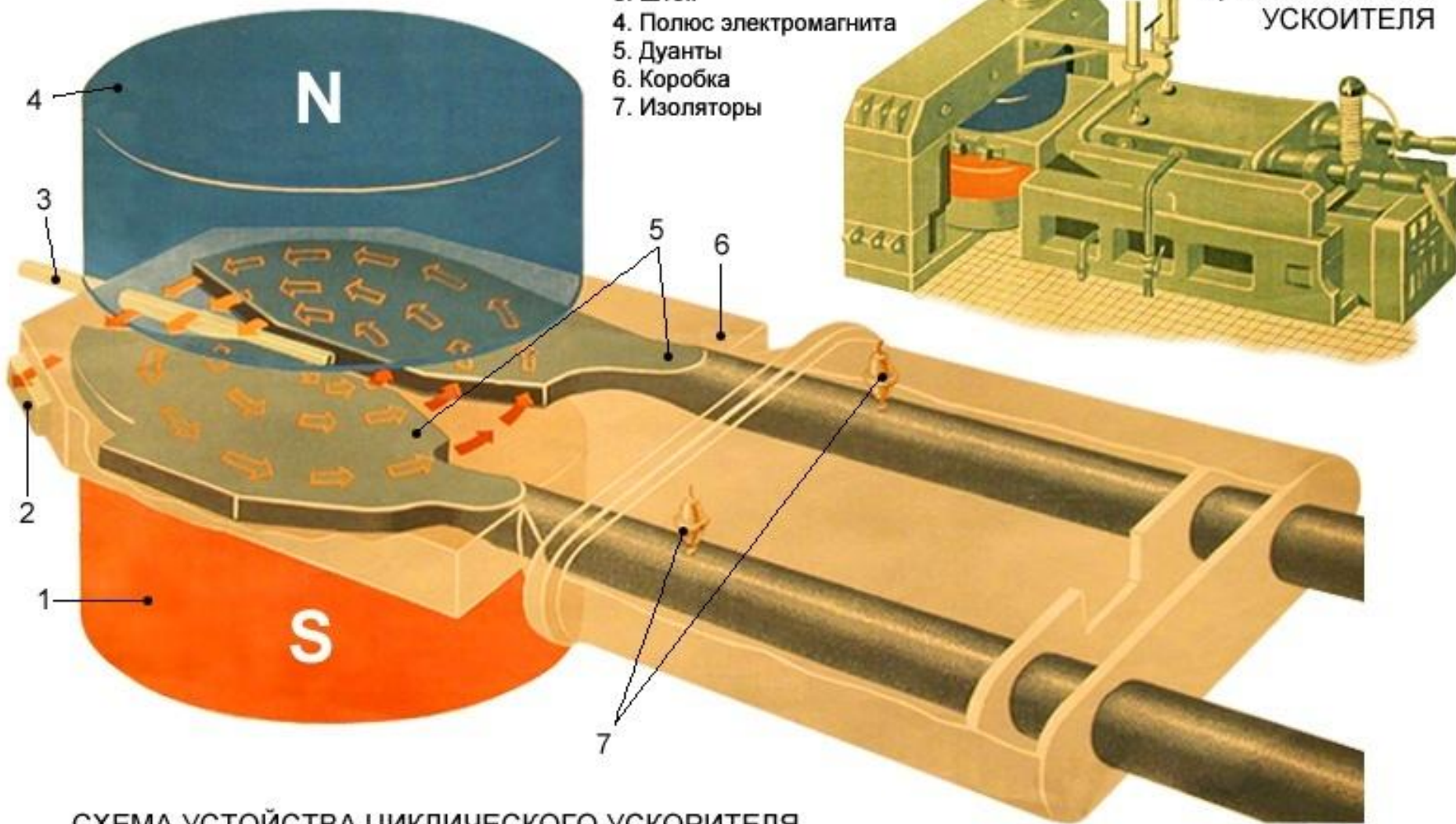
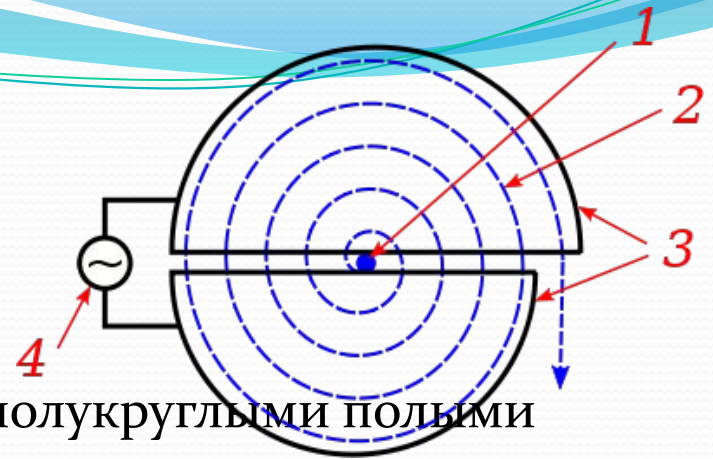


СХЕМА УСТОЙСТВА ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ



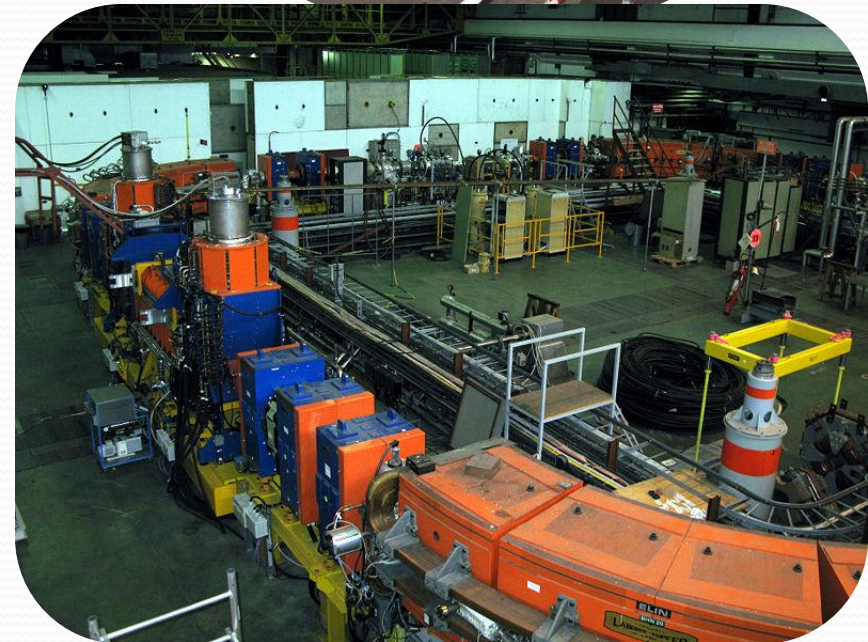
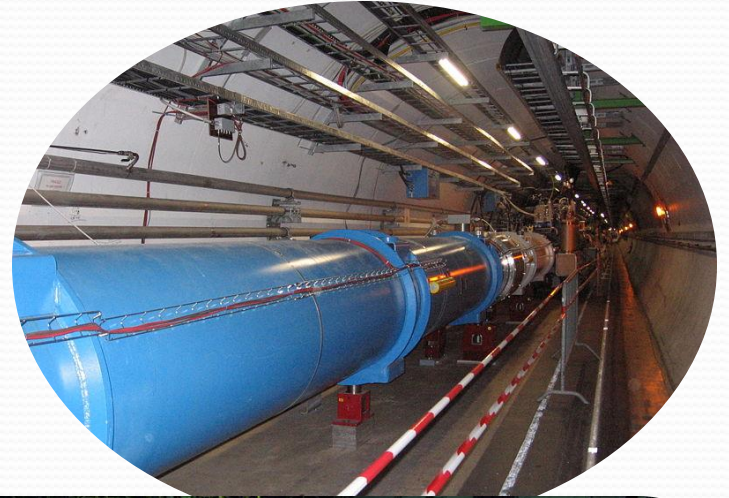
- Идея циклотрона проста: между двумя полукруглыми полыми электродами (3) - дуантами, приложено переменное электрическое напряжение (4). Дуанты помещены между полюсами электромагнита, создающего постоянное магнитное поле.
- Частица (1), вращаясь по окружности в магнитном поле, ускоряется на каждом обороте(2) электрическим полем в щели между дуантами, если частота изменения полярности напряжения на дуантах равна частоте обращения частицы (циклотрон является резонансным ускорителем).
- С увеличением энергии на каждом обороте радиус траектории частицы будет увеличиваться, пока она не выйдет за пределы дуантов.

# Первый из циклических ускорителей



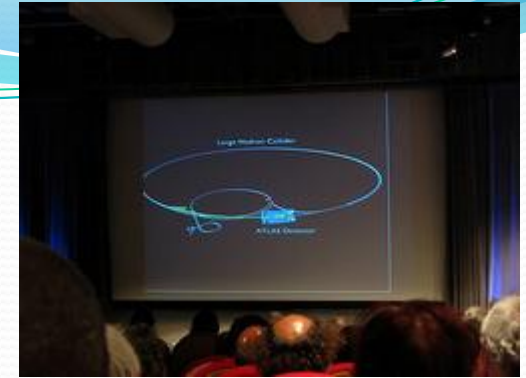
- Циклотрон — первый из циклических ускорителей; был разработан и построен в 1931 году американскими физиками Э. Лоуренсом и С. Ливингстоном, за что была присуждена Нобелевская премия в 1939 году.

- **Коллайдеры** — ускорители заряженных частиц на встречных пучках, предназначенные для изучения продуктов их соударений. В коллайдерах элементарным частицам вещества сообщается наиболее высокая энергия, так как при встречном движении растёт относительная скорость.
- Это чисто экспериментальные установки, цель которых — изучение процессов столкновения частиц высоких энергий.



# Действующие

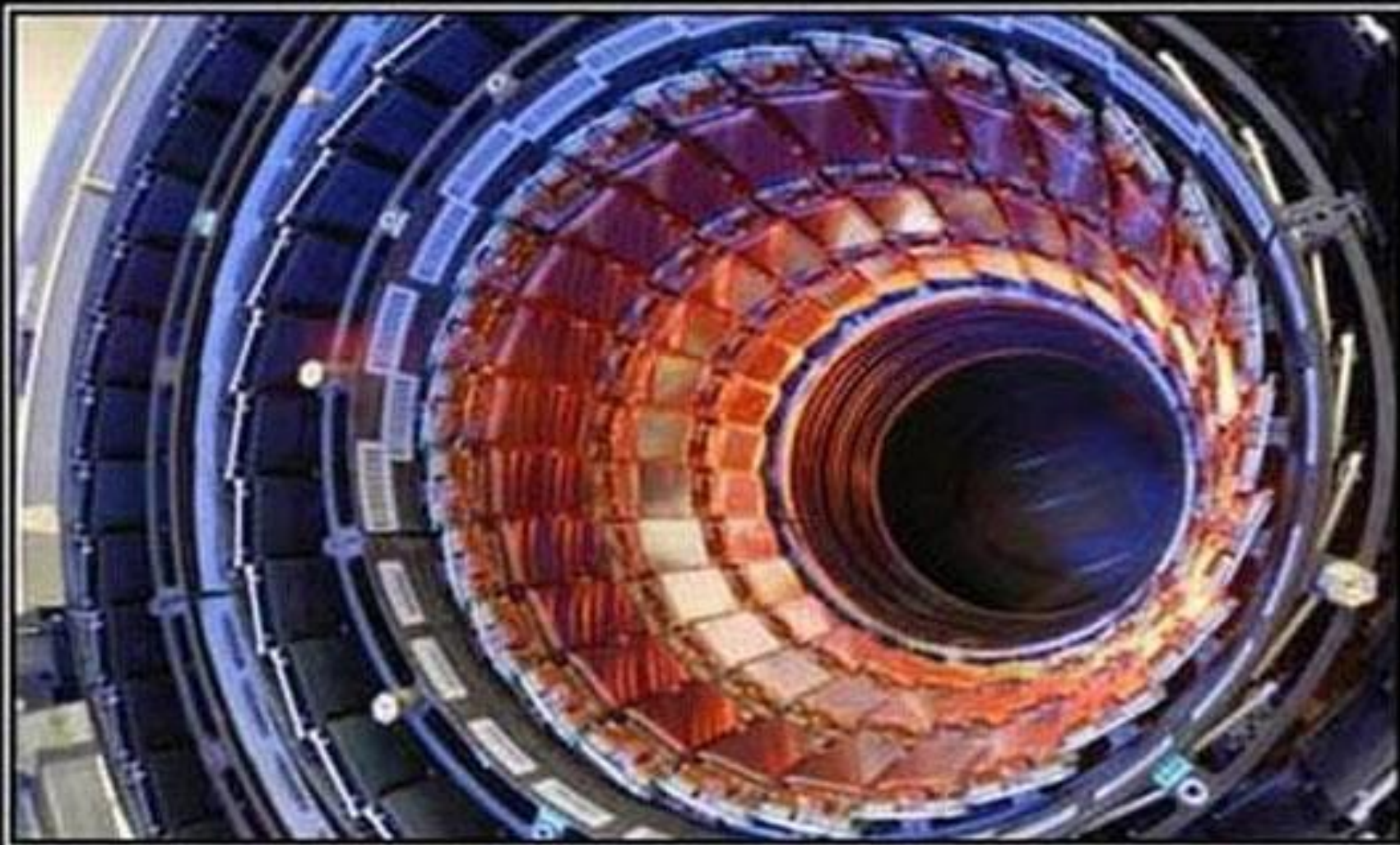
# коллайдеры



- Развитие физики высоких энергий в 21-м веке связывается именно с коллайдерами. Их сооружено пока считанные единицы, и находятся они в самых развитых странах мира - в США, Японии, ФРГ, а также в Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН), базирующейся в Швейцарии (в России (Протвино) к концу 20-го века был сооружен подземный кольцевой тоннель длиной 21 км для российского коллайдера, однако этот проект к началу 21 века был остановлен по ряду причин, прежде всего – финансовых).
- Самый мощный из действующих находится в США и называется "Тэватрон", поскольку в его кольце длиной более 6 км и с использованием сверхпроводящих магнитов протоны ускоряются до энергии около 1 тераэлектронвольт (1 ТэВ = 1000 ГэВ).

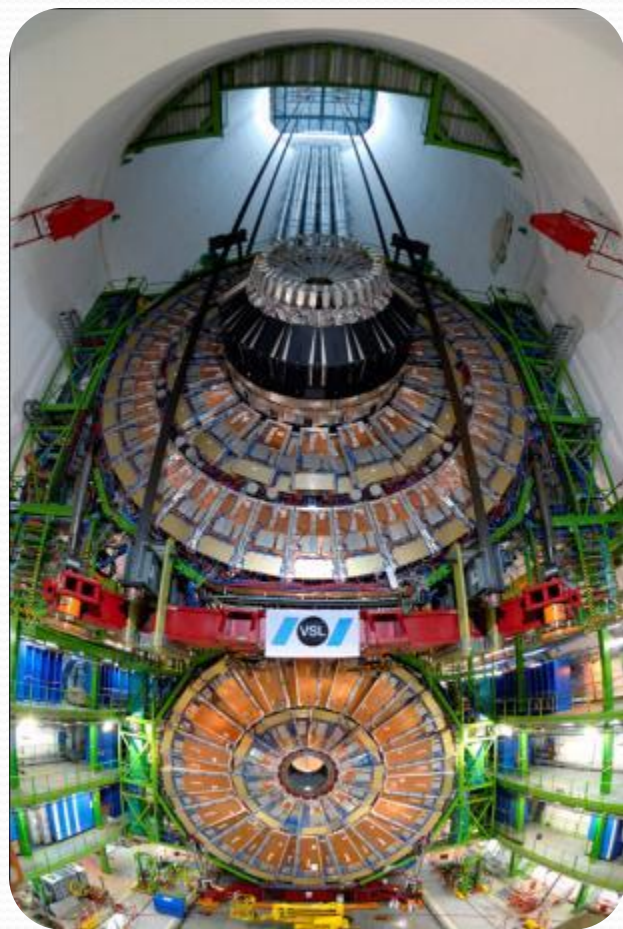
# Большой адронный коллайдер

---



22  
LARGE HADRON COLLIDER

# Что такое БАК



БАК

- **Большой адронный коллайдер** (англ. *Large Hadron Collider, LHC*; сокращённо БАК) — кольцевой ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений.
- **БАК** - это самая сложная экспериментальная установка, когда-либо созданная человеком. Его сложность — не только инженерная, но и научная, ведь его функционирование опирается на множество самых разных физических явлений.

# Что ожидают учёные от запуска БАК?

Задачи, стоящие перед ЛНС:

- Изучение хиггсовского механизма. [Подробнее про поиск и изучение бозона Хиггса на ЛНС](#)
- Поиск суперсимметрии мира.
- Изучение топ-кварков. [Подробнее про изучение топ-кварков на ЛНС](#)
- Изучение кварк-глюонной плазмы.
- Изучение фотон-адронных и фотон-фотонных столкновений.
- Проверка экзотических теорий.

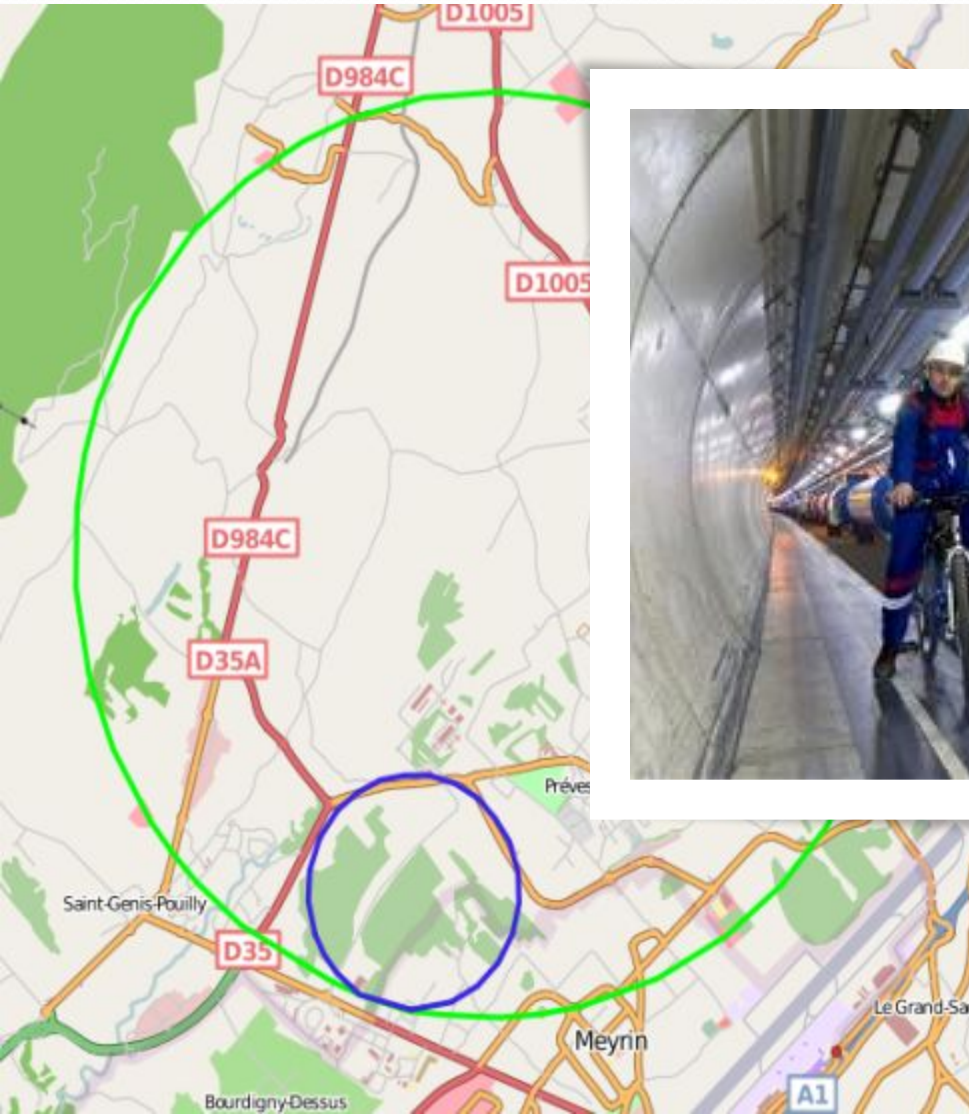


# Идея проекта



- Идея проекта Большого адронного коллайдера родилась в 1984 году и была официально одобрена десятью годами позже. Его строительство началось в 2001 году, после окончания работы предыдущего ускорителя — Большого электрон-позитронного коллайдера.

# НАУКА И ТЕХНИКА

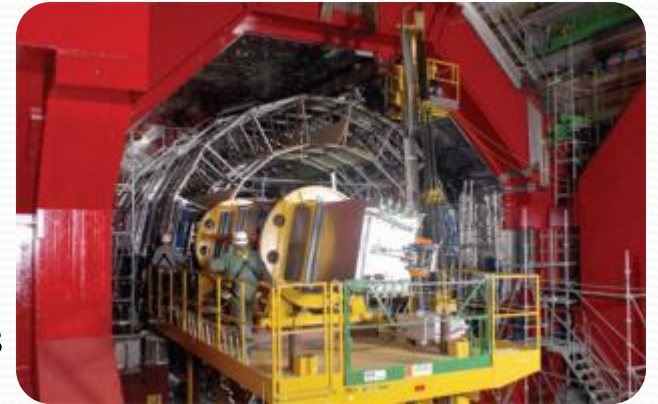


- Коллайдер построен в научно-техническом центре ядерных исследований имени Лорана Виаретти, недалеко от Женевы и под Парижем, во Франции и Швейцарии. В туннеле, протянутом на 26,7 км (диаметр туннеля — 3,8 м), заложены сверхпроводящие магниты.



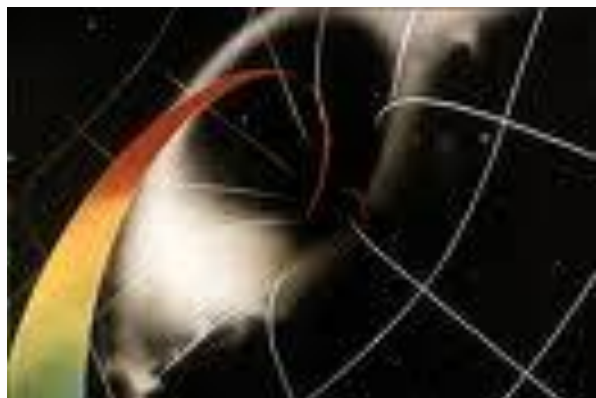
26,7 км, глубина залегания туннеля — от 50 до 175 метров).

- В 27-километровом кольцевом подземном тоннеле протоны будут разгоняться «на встречных курсах» до немыслимых прежде в земных условиях энергий, а картины происходящих соударений и взаимодействий будут изучаться в 4-х экспериментальных зонах тоннеля, где размещено оборудование 4-х многоуровневых детекторов вторичных частиц. Эти детекторы называют по их английской аббревиатуре: ATLAS, CMS, ALICE, LHCb, и каждый из них нацелен на свою (в зависимости от типа устанавливаемого научного оборудования) экспериментальную программу.





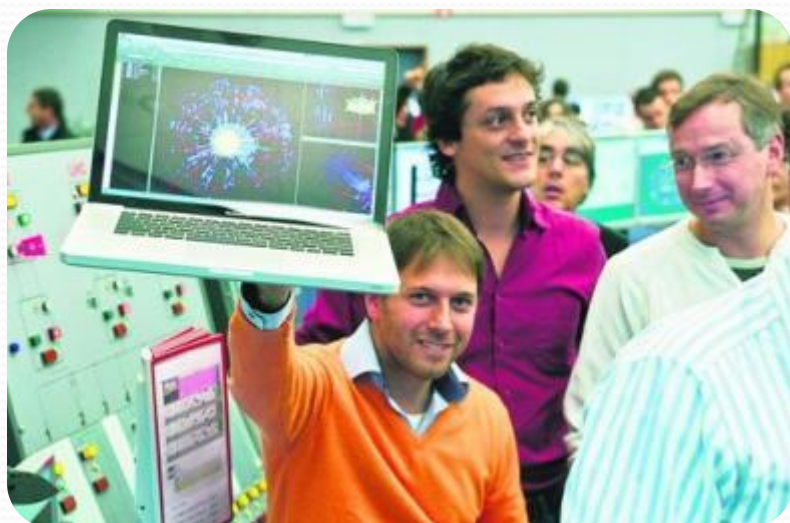
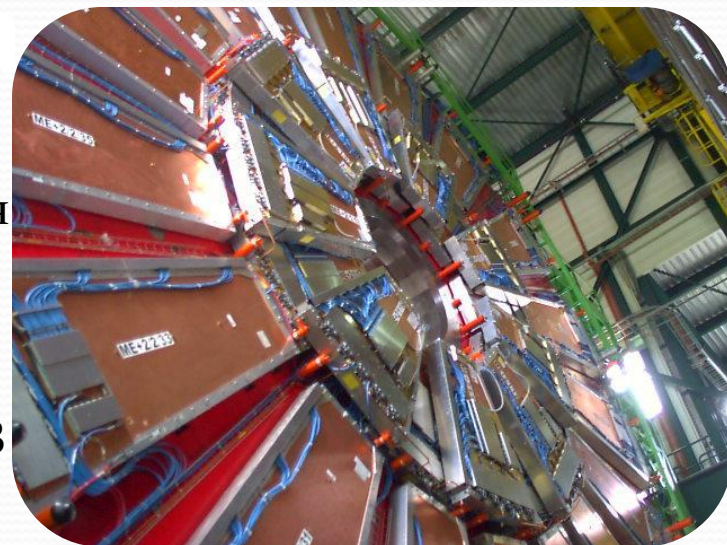
- На сегодняшний день наиболее полную физическую теорию, описывающую все явления в которых участвуют элементарные частицы, называют Стандартной Моделью физики элементарных частиц. За единственным исключением, бозона Хиггса, все частицы Стандартной Модели наблюдались экспериментально.
- Эксперимент ATLAS будет проводиться на детекторе с тем же названием и предназначен для поиска сверхтяжёлых элементарных частиц. Физики верят, что эксперименты на детекторах ATLAS и CMS могут пролить свет на физику за рамками Стандартной Модели.
- Размеры детектора ATLAS: длина - 46 метров, диаметр - 25 метров, общий вес - около 7000 тонн. В проекте участвуют около 2000 ученых и инженеров из 165 лабораторий и университетов из 35 стран.



**Одной строкой.**

- **Безопасны ли эксперименты на LHC?** Наиболее часто обсуждается опасность возникновения микроскопических чёрных дыр с последующей цепной реакцией захвата окружающей материи, а также угроза возникновения стрателек, гипотетически способных преобразовать в стрательки всю материю Вселенной.
- **Да, безопасны.** Эта уверенность основана на надёжно проверенных законах физики, на экспериментальных данных с предыдущих ускорителей, а также на астрофизических данных.

В августе 2008 года успешно завершились предварительные испытания БАК, а 10 сентября был произведён официальный запуск коллайдера. В 12:28 по московскому времени запущенный пучок протонов успешно прошёл весь периметр коллайдера по часовой стрелке. В 17:02 по московскому времени запущенный против часовой стрелки пучок протонов также успешно прошёл весь периметр коллайдера.



БАК

- К сожалению, после первого запуска коллайдера произошла авария. Больше года шли ремонтные работы. В ближайшее время коллайдер заработает снова!



# ВОКРУЖАЮЩИЙ МИР



- В CERN есть фолк-группа Les Horribles Cernettes (ЛНС, та же аббревиатура, что и у БАК). Первая песня этого коллектива «Collider» была посвящена парню, который забыл о своей девушке, будучи увлечённым созданием коллайдера.





● В научно-фантастическом телесериале Лексс (The Lexx, показ стартовал в апреле 1997 года) в четвёртом сезоне главные герои оказываются на Земле.

Обнаруживается, что Земля относится к планетам «типа 13», на последней стадии развития. Планеты типа 13 всегда уничтожают себя сами, в результате неудачного опыта по определению массы бозона Хиггса на сверхмощном ускорителе элементарных частиц, при этом сжимаясь до размеров горошины. В конечном итоге, Земля была уничтожена.



# ВОКРУЖКОМПАЙДЕР



**SOUTH PARK**

- В шестой серии тринадцатого сезона мультсериала «Южный Парк» с помощью магнита из Большого адронного коллайдера была достигнута сверхсветовая скорость на конкурсе Дерби соснового леса (Pinewood Derby).



# Вокруг коллайдера



- В фильме «Ангелы и демоны» антивещество из Большого адронного коллайдера было украдено, и похитители хотели взорвать с помощью него Ватикан.



# ВОКРУГ КОЛЛЕГИАС



- В фильме «Конец света» (англ. *End Day*) производства BBC последним из четырёх наиболее вероятных сценариев апокалипсиса являлась авария при запуске новейшего ускорителя элементарных частиц, повлекшая за собой образование чёрной дыры.



# Используемые источники

- <http://ru.wikipedia.org>
- <http://nuclphys.sinp.msu.ru>
- <http://pda.korrespondent.net>
- <http://elementy.ru/>
- <http://www.lenta.ru/>
- <http://newsbak.ru/>
- [http:// www.scorcher.ru](http://www.scorcher.ru) и другие сайты.