

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**.

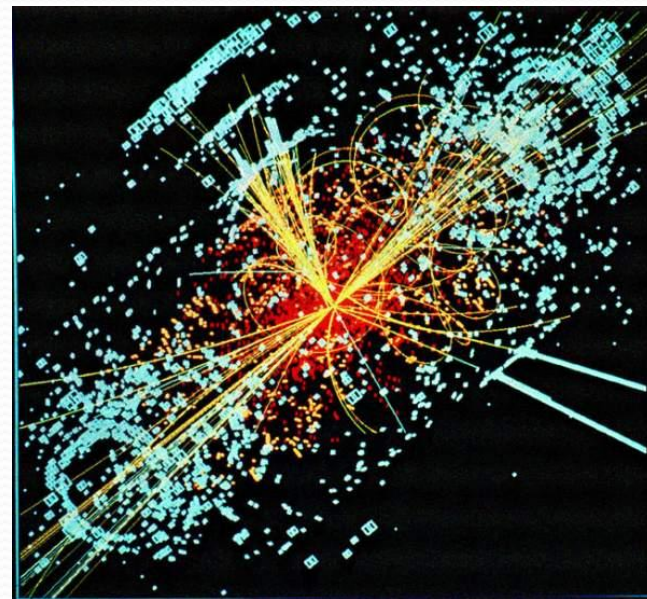


Кому принадлежит?»



- 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).

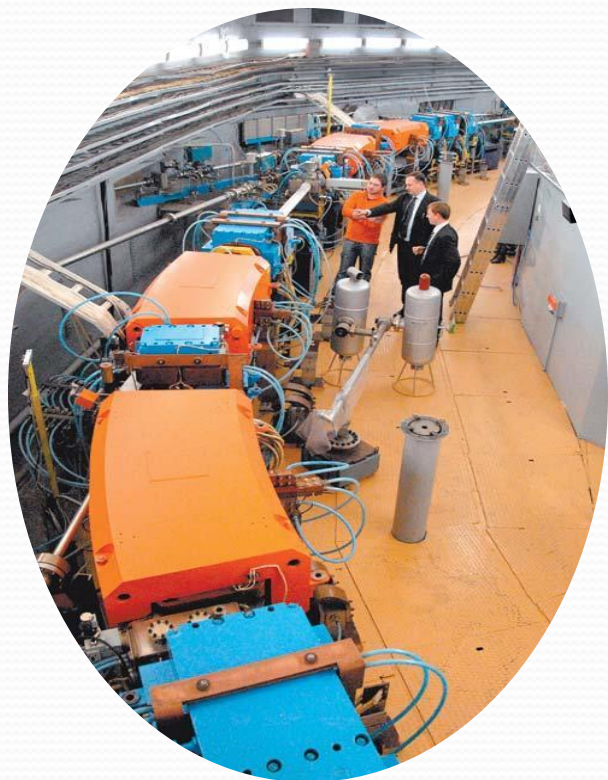
- В мире насчитывается примерно 17 тысяч ускорителей, но лишь несколько десятков из них относятся к высокоэнергетическим и используются в научных целях. Фундаментальная наука — это основа технологий в долгосрочной перспективе.
- Подавляющее большинство – это компактные низкоэнергетические ускорители, 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.

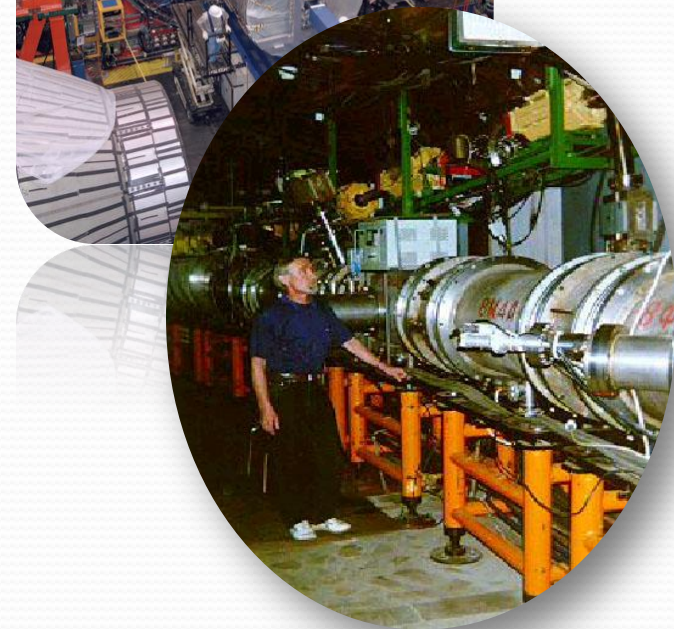
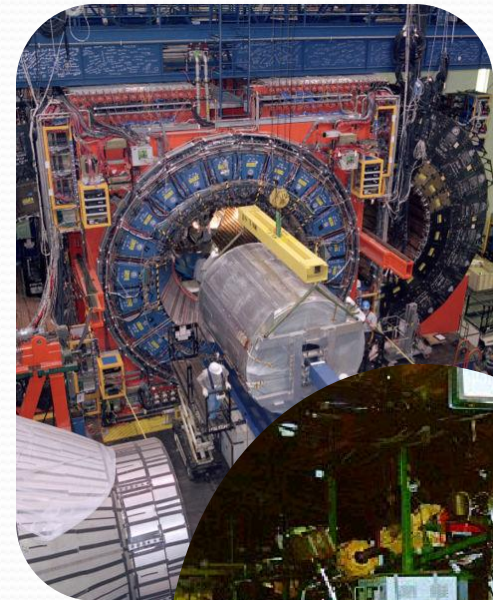


Зачем нужно уметь видеть физику



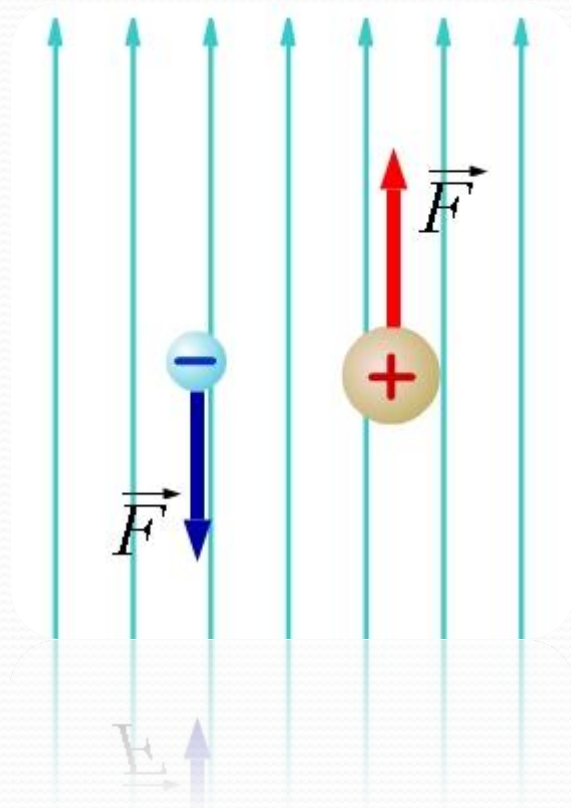
- Даже в школьной физике можно найти немало примеров удивительной схожести математического описания природных явлений и процессов и проследить аналогии между объектами из разных её областей.
- В современной физике эта «математическая экономность» природы ещё больше убеждает в том, что всё в природе взаимосвязано. 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 $\alpha = 90^\circ$

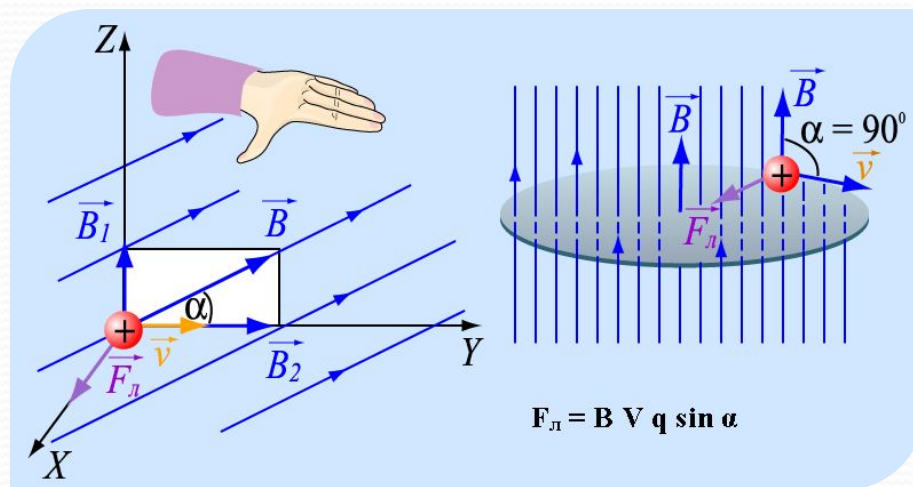
радиус окружности

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

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:

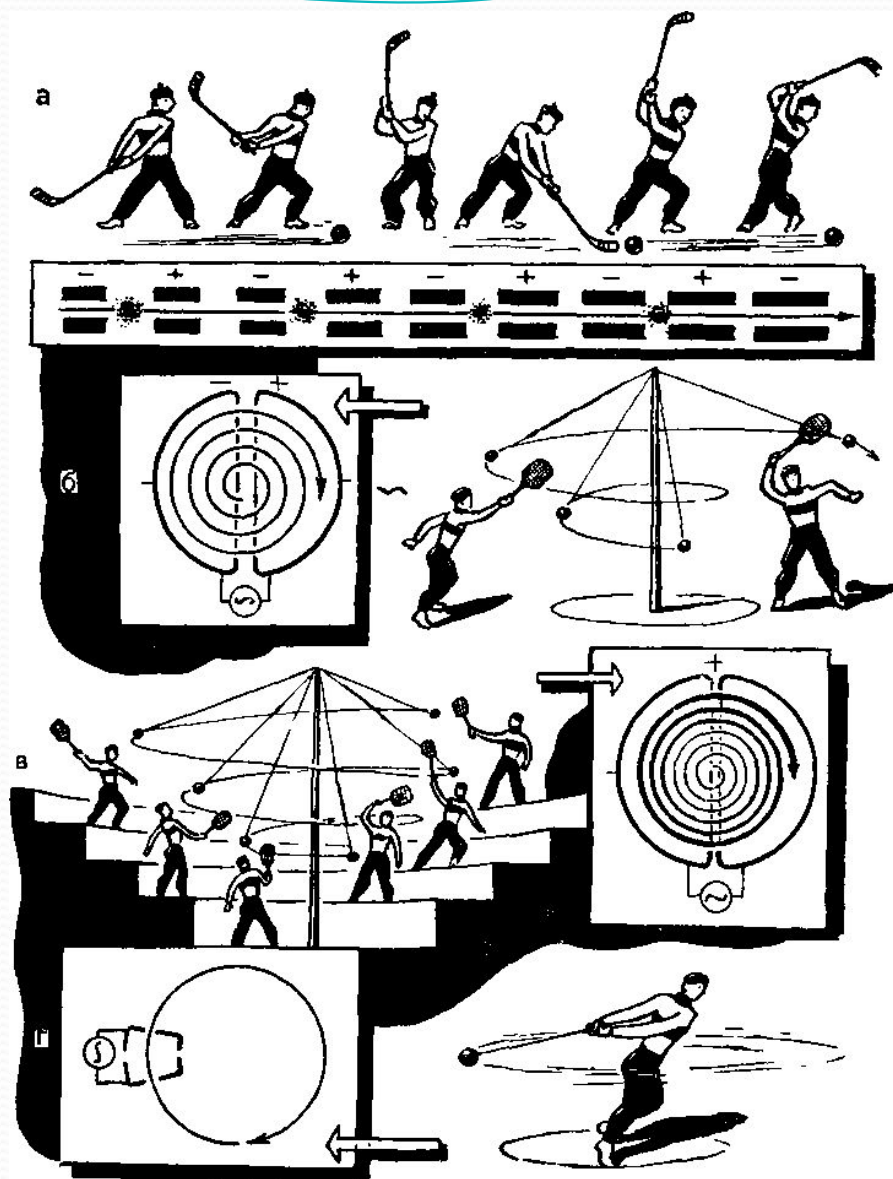
1. «нанизать» по прямой однотипные участки, собранные из стандартной, но достаточно сложной и дорогой аппаратуры, чтобы в каждом из них частицы последовательно приобретали новые порции энергии – построить линейный ускоритель;
2. заставить пучок частиц проходить один и тот же ускоряющий участок многократно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

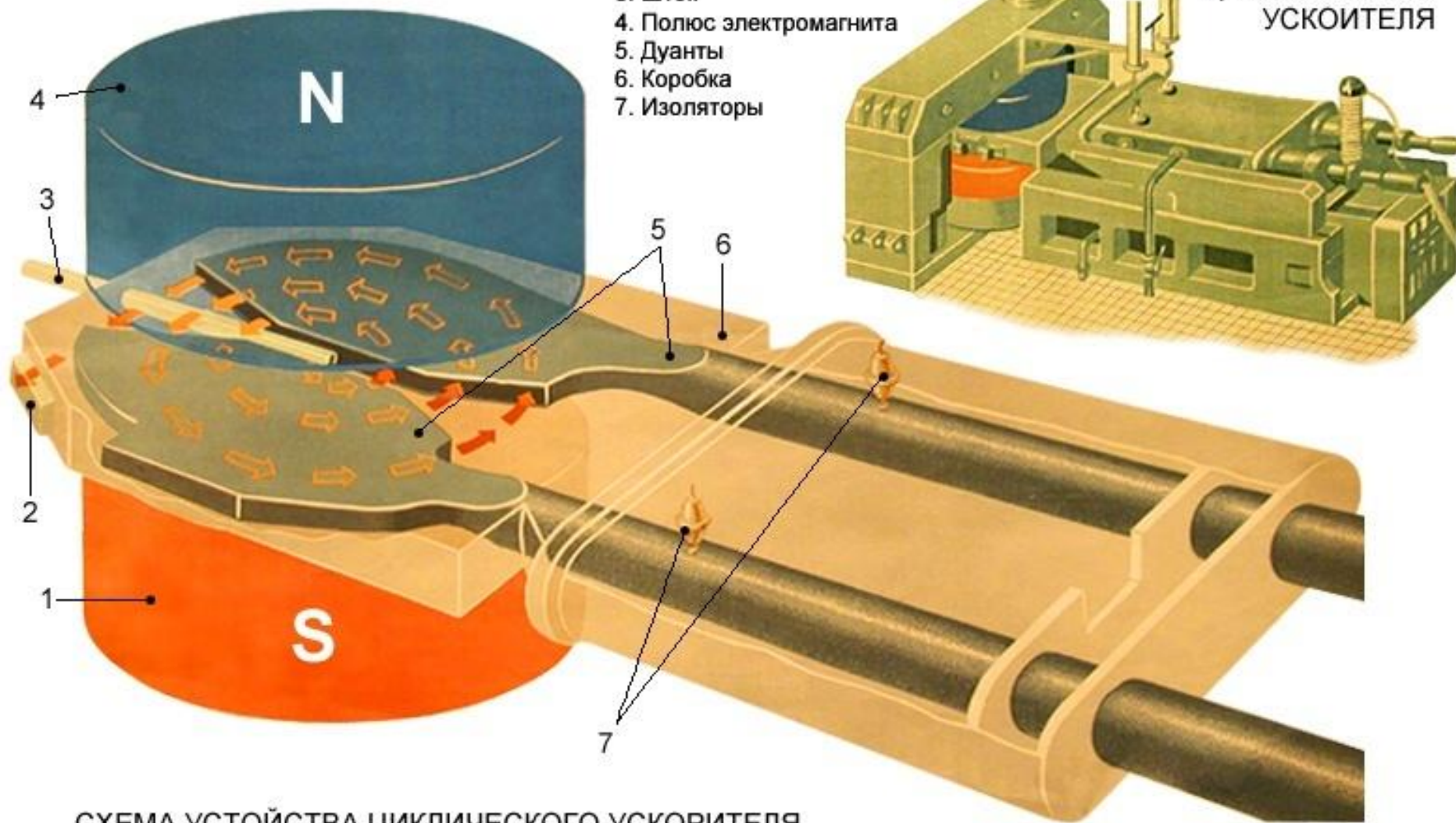
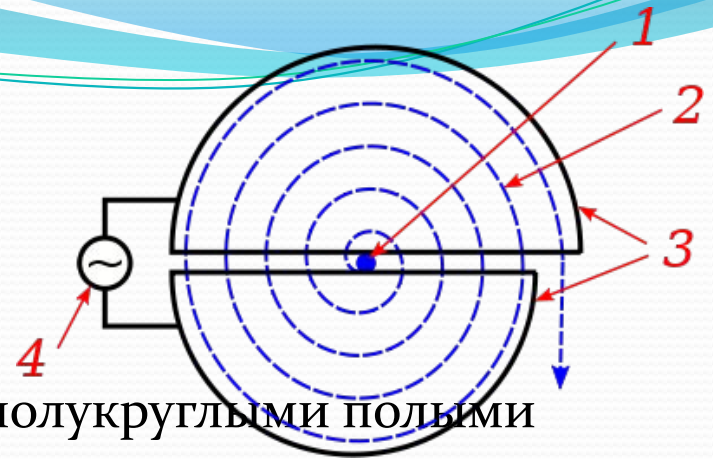


СХЕМА УСТОЙСТВА ЦИКЛИЧЕСКОГО УСКОРИТЕЛЯ



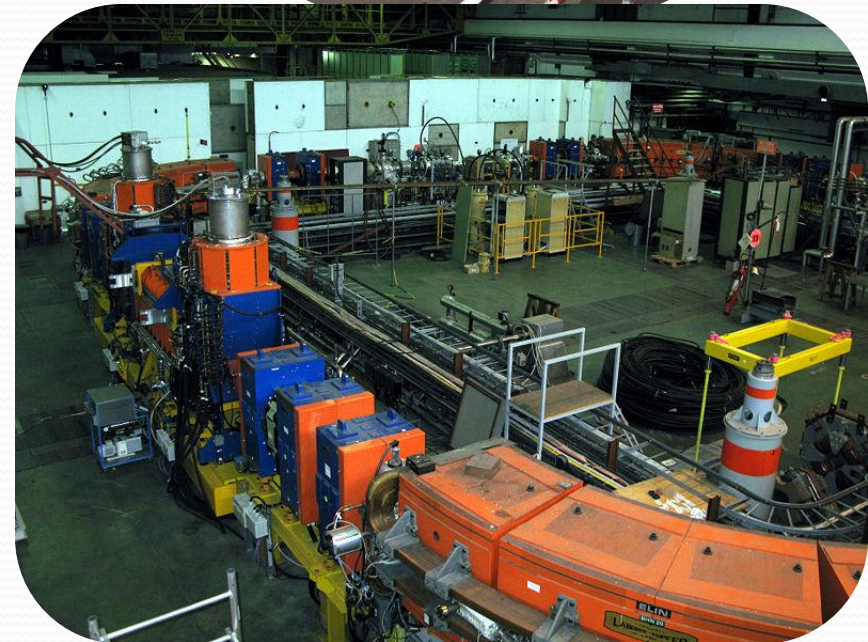
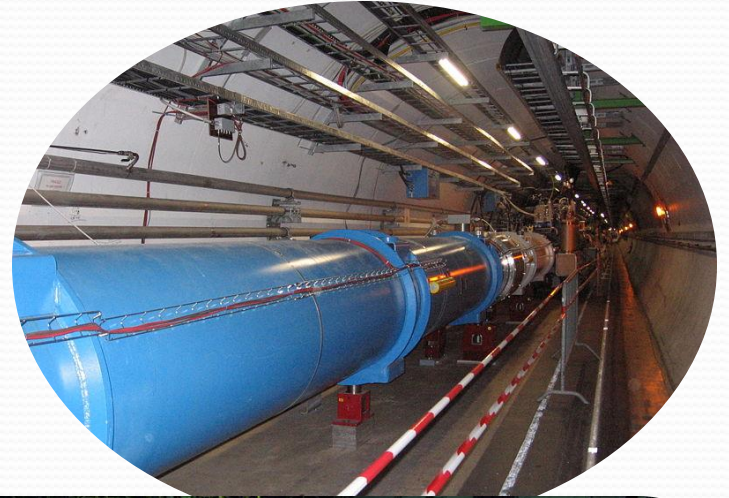
- Идея циклотрона проста: между двумя полукруглыми полыми электродами (3) - дуантами, приложено переменное электрическое напряжение (4). Дуанты помещены между полюсами электромагнита, создающего постоянное магнитное поле.
- Частица (1), вращаясь по окружности в магнитном поле, ускоряется на каждом обороте(2) 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



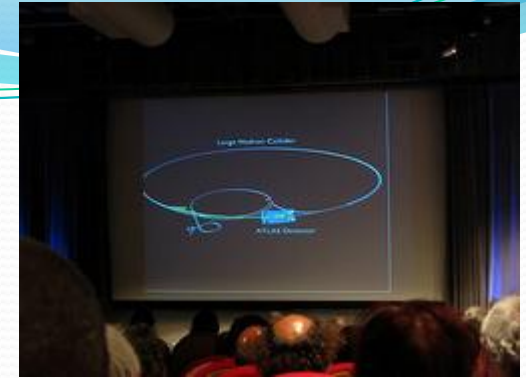
- Циклотрон — первый из циклических ускорителей; был разработан и построен в 1931 году американскими физиками Э. Лоуренсом и С. Ливингстоном, за что была присуждена Нобелевская премия в 1939 году.

- **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.



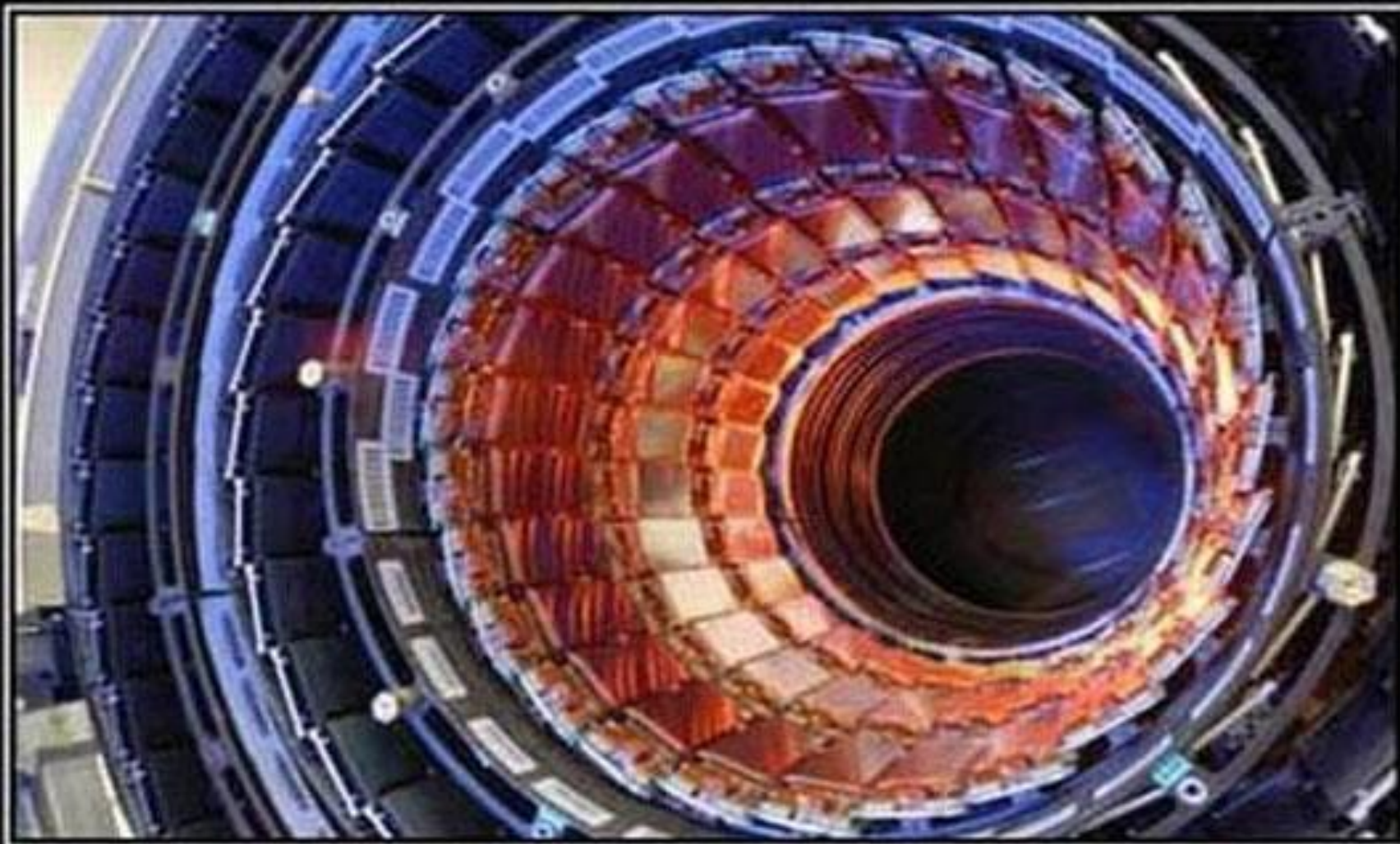
Действующие

коллайдеры



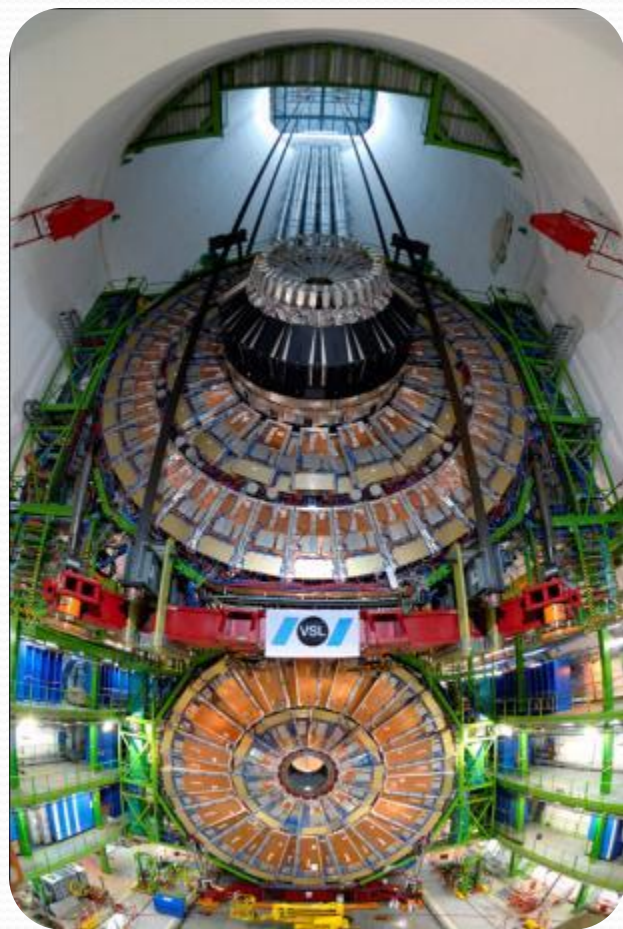
- Развитие физики высоких энергий в 21-м веке связывается именно с коллайдерами. Их сооружено пока считанные единицы, и находятся они в самых развитых странах мира - в США, Японии, ФРГ, а также в Европейской организации по ядерным исследованиям (ЦЕРН), базирующейся в Швейцарии (в России (Протвино) к 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:

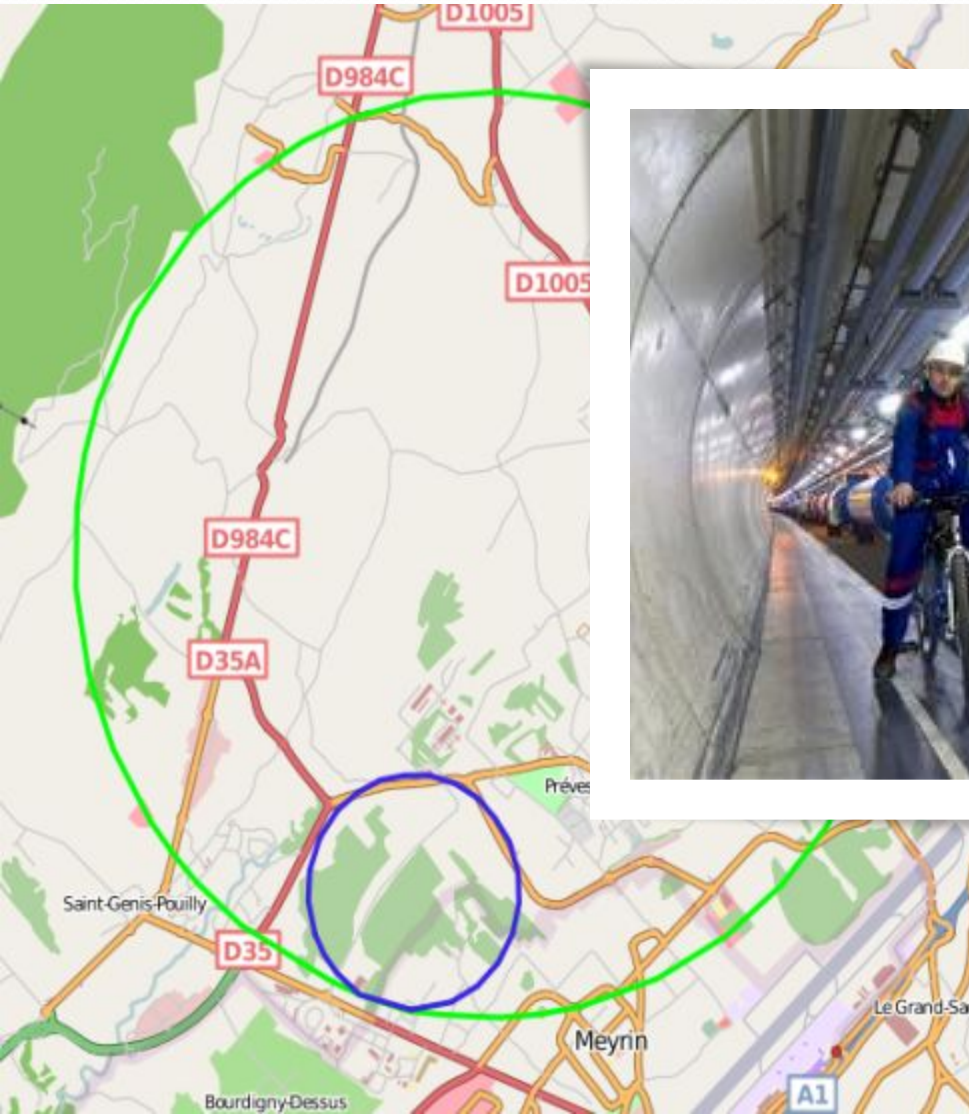
- Изучение хиггсовского механизма. [Подробнее про поиск и изучение бозона Хиггса на ЛНС](#)
- Поиск суперсимметрии мира.
- Изучение топ-кварков. [Подробнее про изучение топ-кварков на ЛНС](#)
- Изучение кварк-глюонной плазмы.
- Изучение фотон-адронных и фотон-фотонных столкновений.
- Проверка экзотических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

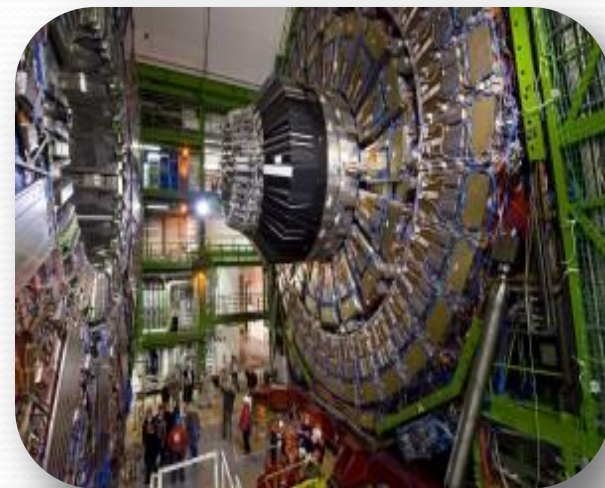


- Коллайдер построен в научно-техническом центре ядерных исследований имени Лорана Виаретти, недалеко от Женевы и под Парижем, в тоннеле, длиной 26,7 км (глубина залегания туннеля — от 50 до 175 метров).



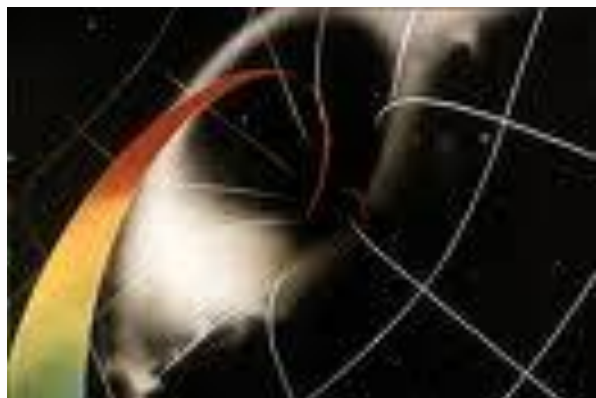
26,7 км, глубина залегания туннеля — от 50 до 175 метров).

- 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.





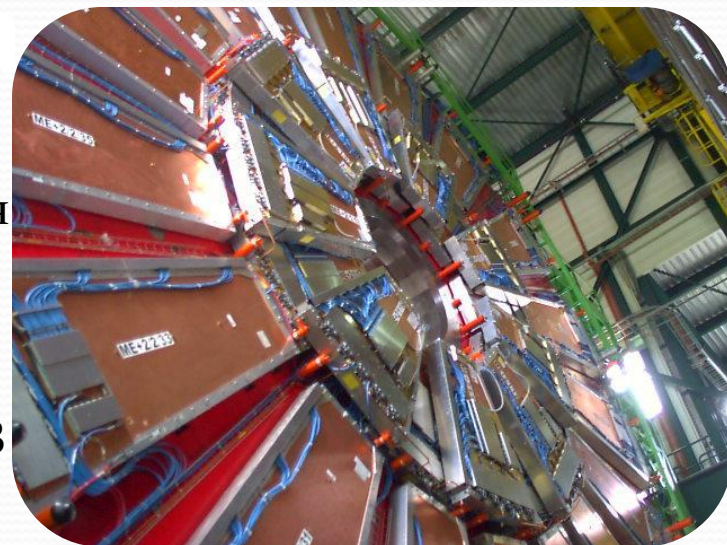
- На сегодняшний день наиболее полную физическую теорию, описывающую все явления в которых участвуют элементарные частицы, называют Стандартной Моделью физики элементарных частиц. За единственным исключением, бозона Хиггса, все частицы Стандартной Модели наблюдались экспериментально.
- Эксперимент ATLAS 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 стрепелек, гипотетически способных преобразовать в стрепельки 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.



ВОКРУЖ КОШЕЛЫДЕР



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 КОМПЬЮТЕРА



- 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.