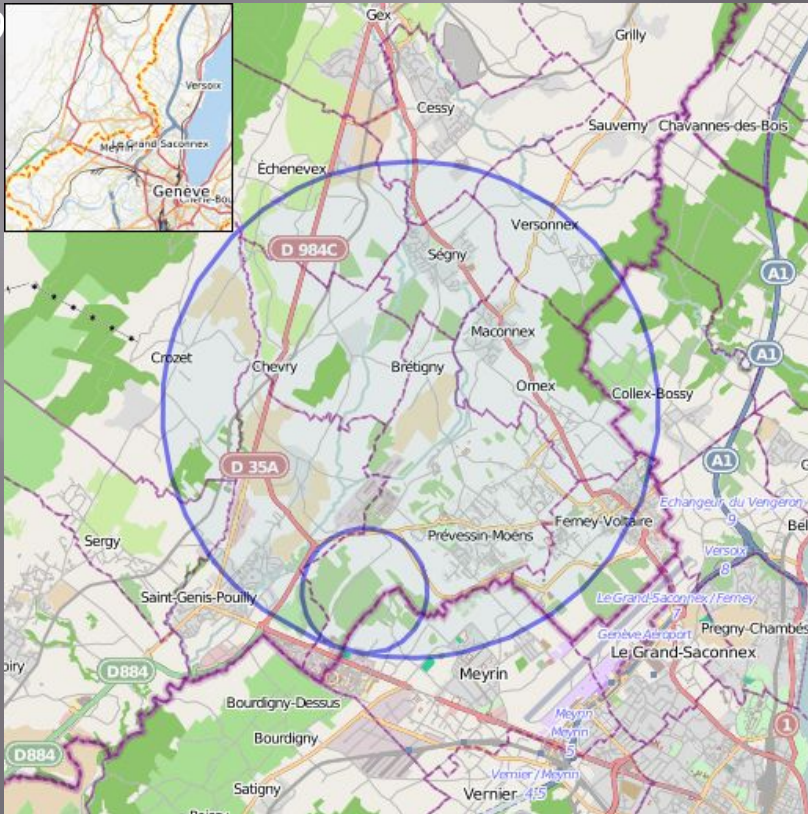


БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР

Кравченко Александр
Юрьевич гр Ф-36

Большой адронный коллайдер, сокращённо БАК (англ. Large Hadron Collider, сокращённо LHC) – ускоритель заряженных частиц на встречных пучках, предназначенный для разгона протонов и тяжёлых ионов (ионов свинца) и изучения продуктов их соударений. Коллайдер построен в ЦЕРНе (Европейский совет ядерных исследований), находящемся около Женевы, на границе Швейцарии и Франции. БАК является самой крупной экспериментальной установкой в мире. В строительстве и исследованиях участвовали и участвуют более 10 тысяч учёных и инженеров из более чем 100 стран.

«Большим» назван из-за своих размеров: длина основного кольца ускорителя составляет 26 659



«адронным» — из-за того, что он ускоряет адроны, то есть тяжёлые частицы, состоящие из кварков; «коллайдером» (англ. collider — сталкиватель) — из-за того, что пучки частиц ускоряются в противоположных направлениях и сталкиваются в специальных точках столкновения.

Технические характеристики

В ускорителе сталкиваются протоны с суммарной энергией 14 ТэВ (то есть $14 \text{ тераэлектронвольт}$ или $14 \cdot 10^{12}$ электронвольт) в системе центра масс налетающих частиц, а также ядра свинца с энергией 5 ГэВ ($5 \cdot 10^9$ электронвольт) на каждую пару сталкивающихся нуклонов.

Светимость БАК во время первых недель работы пробегала была не более 10^{29} частиц/см²·с, тем не менее она продолжает постоянно повышаться. Целью является достижение номинальной светимости в $1,7 \cdot 10^{34}$ частиц/см²·с, что по порядку величины соответствует светимостям BaBar (SLAC, США) и Belle (KEK, Япония).

Ускоритель расположен в том же туннеле, который прежде занимал Большой электрон-позитронный коллайдер. Туннель с длиной окружности 26,7 км проложен под землёй на территории Франции и Швейцарии. Глубина залегания туннеля – от 50 до 175 метров, причём кольцо туннеля наклонено примерно на 1,4 % относительно поверхности земли. Для удержания, коррекции и фокусировки протонных пучков используются 1624 сверхпроводящих магнита, общая длина которых превышает 22 км. Магниты работают при температуре 1,9 К ($-271\text{ }^{\circ}\text{C}$), что немного ниже температуры перехода гелия в сверхтекучее состояние.



27-километровый подземный тоннель, предназначенный для размещения ускорителя БАК

Детекторы

На БАК работают 4 основных и 3 вспомогательных детектора:

- ▣ ALICE (A Large Ion Collider Experiment)



- ▣ ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS)



Подземный зал, в котором смонтирован детектор ATLAS (октябрь 2004 года)

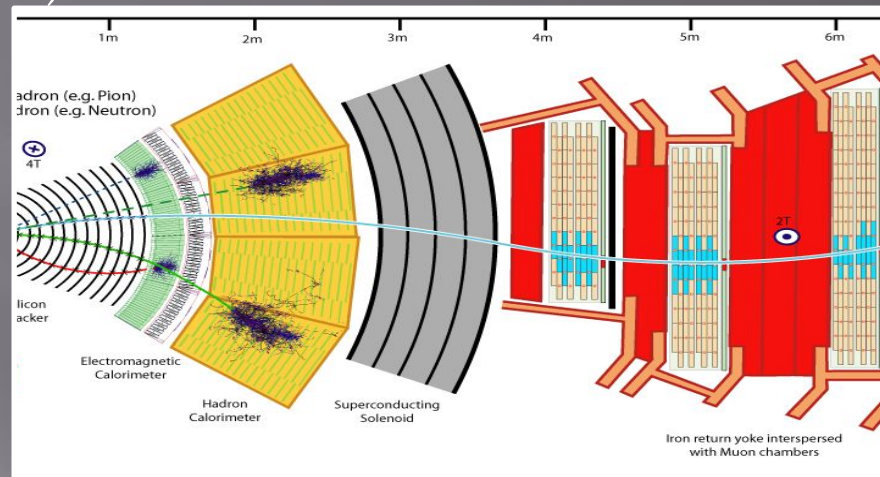


Детектор ATLAS в процессе сборки (февраль 2006 года)

■ CMS (Compact Muon Solenoid)

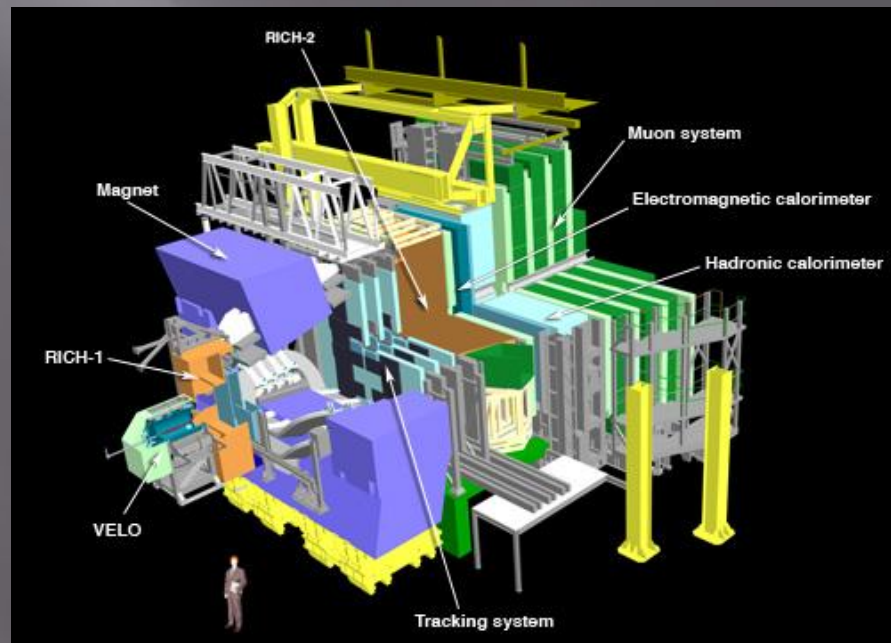
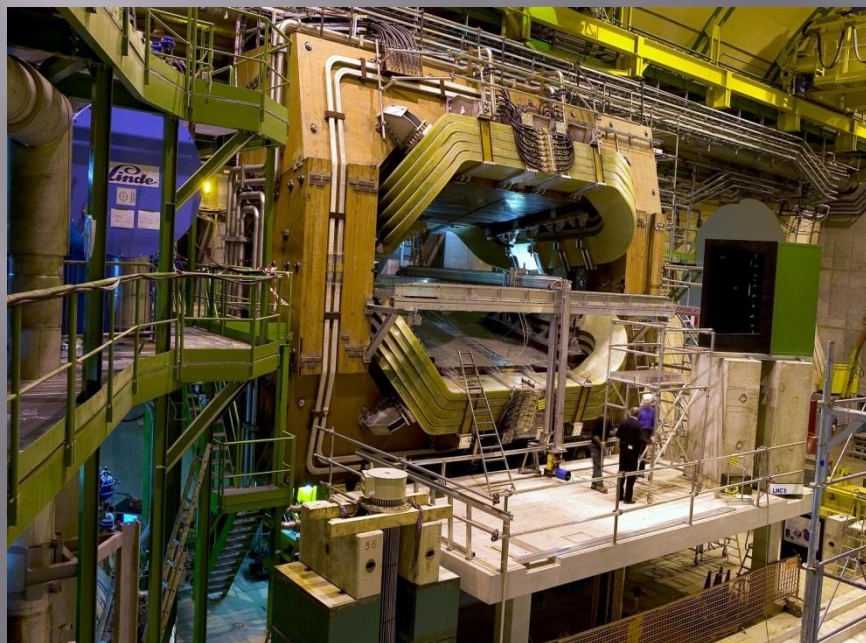


Детектор CMS



Регистрация частиц, образовавшихся после столкновения в детекторе CMS

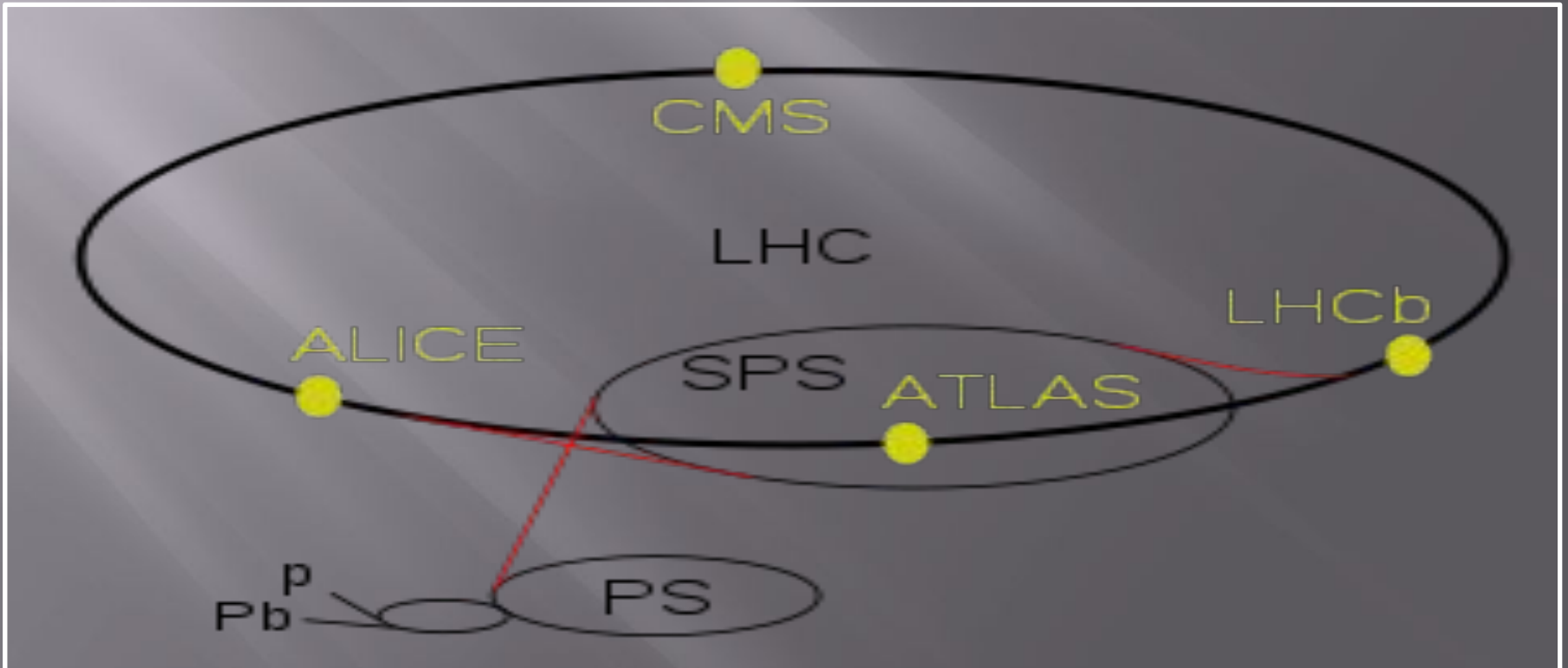
■ LHCb (The Large Hadron Collider beauty experiment)



- ▣ TOTEM (TOTAL Elastic and diffractive cross section Measurement)



- ▣ LHCf (The Large Hadron Collider forward)
- ▣ MoEDAL (Monopole and Exotics Detector At the LHC).



Детекторы ATLAS и CMS — детекторы общего назначения, предназначены для поиска бозона Хиггса и «нестандартной физики», в частности тёмной материи, ALICE — для изучения кварк-глюонной плазмы в столкновениях тяжёлых ионов свинца, LHCb — для исследования физики b-кварков, что позволит лучше понять различия между материей и антиматерией, TOTEM — предназначен для изучения рассеяния частиц на малые углы, таких что происходит при близких пролётах без столкновений (так называемые несталкивающиеся частицы, forward particles), что позволяет точнее измерить размер протонов, а также контролировать светимость коллайдера, и, наконец, LHCf — для исследования космических лучей, моделируемых с помощью тех же несталкивающихся частиц. С работой БАК связан также седьмой, совсем незначительный в плане бюджета и сложности, детектор (эксперимент) MoEDAL, предназначенный для поиска медленно движущихся тяжёлых частиц.

Во время работы коллайдера столкновения проводятся одновременно во всех четырёх точках пересечения пучков, независимо от типа ускоряемых частиц (протоны или ядра). При этом все детекторы одновременно набирают статистику.

Процесс ускорения частиц в коллайдере

Скорость частиц в БАК на встречных пучках близка к скорости света в вакууме. Разгон частиц до таких больших энергий достигается в несколько этапов. На первом этапе низкоэнергетичные линейные ускорители Linac 2 и Linac 3 производят инжекцию протонов и ионов свинца для дальнейшего ускорения. Затем частицы попадают в PS-бустер и далее в сам PS (протонный синхротрон), приобретая энергию в 28 ГэВ. При этой энергии они уже движутся со скоростью близкой к световой. После этого ускорение частиц продолжается в SPS (протонный суперсинхротрон), где энергия частиц достигает 450 ГэВ. Затем сгусток протонов направляют в главное 26,7-километровое кольцо, доводя энергию протонов до максимальных 7 ТэВ, и в точках столкновения детекторы фиксируют происходящие события. Два встречных пучка протонов при полном заполнении могут содержать 2808 сгустков каждый. На начальных этапах отладки процесса ускорения циркулируют лишь по одному сгустку в пучке длиной несколько сантиметров и небольшого поперечного размера. Затем начинают увеличивать количество сгустков. Сгустки располагаются в фиксированных позициях относительно друг друга, которые синхронно движутся вдоль кольца. Сгустки в определённой последовательности могут сталкиваться в четырёх точках кольца, где расположены детекторы частиц.

Кинетическая энергия всех сгустков адронов в БАКе при полном его заполнении сравнима с кинетической энергией реактивного самолета, хотя масса всех частиц не превышает нанограмма и их даже нельзя увидеть невооружённым глазом. Такая энергия достигается за счёт скорости частиц, близкой к скорости света. Скорость протонов с энергией 7 ТэВ всего на 3 метра в секунду меньше, чем скорость света (c).

Сгустки проходят полный круг ускорителя быстрее, чем за 0,0001 сек, совершая, таким образом, свыше 10 тыс. оборотов в секунду.

Потребление энергии

Во время работы коллайдера расчётное потребление энергии составит 180 МВт. Предположительные энергозатраты всего ЦЕРН на 2009 год с учётом работающего коллайдера — 1000 ГВт·ч, из которых 700 ГВт·ч придётся на долю ускорителя. Эти энергозатраты — около 10 % от суммарного годового энергопотребления кантона Женева. Сам ЦЕРН не производит энергию, имея лишь резервные дизельные генераторы.

Вопросы безопасности

Значительная доля внимания со стороны представителей общественности и СМИ связана с обсуждением катастроф, которые могут произойти в связи с функционированием БАК. 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.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!