

УДК 621.396

БОЛЬШОЙ АДРОННЫЙ КОЛЛАЙДЕР

Парахневич Е.М.

Научный руководитель – к.т.н., доцент Сизиков С.В.

Большой адронный коллайдер, представляет из себя, большое кольцо, находящееся под тысячами тоннами земли в сельской местности очень близко к Женеве. Он позволяет войти в физику самых малых расстояний и достигнуть, при эксперименте, самых высоких, из когда-либо исследованных, энергий. Больше десяти лет ученые по физике элементарных частиц с любопытством ждали шанса исследовать диапазон, где энергии достигают тераэлектронвольт – терадиапазон. При данной энергии, возможно, проявятся новые физические явления, например: частицы Хиггса, а также частицы, которые образуют темную материю, составляющую большую часть вещества в нашей Вселенной.

Основные положения

Большой адронный коллайдер – самая огромная и самая тяжелая в научном плане экспериментальная установка в области физики элементарных частиц. Он будет разгонять протоны до самых огромных скоростей, когда-либо достигавшихся в ускорителях, сталкивать их лоб в лоб 30 млн раз в секунду, создавая при каждом столкновении тысячи частиц, разлетающихся приближенной к скорости света. Ученные думают, что большой адронный коллайдер откроет новую эпоху в физике элементарных частиц, и это станет разгадкой на главные загадки строения материи и энергии во Вселенной.

Интересные факты

Уже в наши дни ученым предстоит решить огромное количество по сложности задач. При расчетной «светимости» пучка в каждом столкновении подобных иглам сгустков протонов будет происходить 20 событий в интервале всего 25 нс. Частицы, разлетающиеся из точки одного столкновения пучков, будут все еще пролетать через внешние слои детектора, когда уже произойдет следующее столкновение. Индивидуальные элементы в каждом из слоев детектора реагируют на определенные частицы. Миллионы каналов данных от детектора создают приблизительно мегабайт информации от каждого события; каждые две секунды это получается петабайт информации.

Система обработки данных должна уменьшить данный поток до управляемой величины, и она имеет несколько уровней. Первый будет получать, и анализировать данные только от подмножества компонентов всего детектора, из которого он может отбирать перспективные. Система запуска более высокого уровня передает примерно 100 событий в секунду на концентратор вычислительных ресурсов глобальной сети большого адронного коллайдера — распределенную вычислительную сеть большого адронного коллайдера (GRID). Сеть объединяет в единой мощностной вычислительных центров и делает их доступнее пользователям, которые смогут входить в эту сеть прямо из кабинетов в своих вузов.

Сеть большого адронного коллайдера создана в виде рядов. Ряд 0 находится непосредственно в Европейской организации по ядерным исследованиям и

состоит из 1000 стандартных компьютерных процессоров как в обычных, так и в узких, похожих на картонные коробки для пиццы корпусах элегантного черного цвета, размещенных на полках штабелями. Компьютер системы до сих пор поступают и подключаются к этой системе. Ответственные за поставки необходимого, ищут самые выгодные цены и предложения, избегая новейших и самых мощных моделей, в пользу более экономичных и целесообразных вариантов.

В большом адронном коллайдере трудятся в одной упряжке надежные старые так называемые «рабочие лошади» и новаторские «бегемотики». Ускорители, работающие десятками лет, в том числе протонный синхротрон и протонный суперсинхротрон, создают протоны со скоростью 99,99975% от скорости света. Большой адронный коллайдер повышает энергию протонов в 16 раз и сталкивает их между собой 30 млн раз в секунду в течение 10 часов. Четыре главных детектора создают в секунду более чем 100 терабайт данных бытия, исходя из отдельных факторов, таких как, например, обнаружение мюона очень высокой энергии, вылетающего под большим углом к оси пучка. Этот так называемый учеными, уровень запуска номер один будет поддерживаться сотнями специализированных компьютерных материнских плат со схемной реализацией логики. На данной стадии отбираются 100 тыс. блоков данных в одну секунду для более тщательного анализа на следующей стадии с помощью механизма запуска более высокого уровня.

Система запуска этого следующего уровня, напротив, получает данные от всех миллионов каналов детектора. Ее программное обеспечение будет работать в сети из большого числа компьютеров при среднем времени между блоками данных, отобранных системой запуска первого уровня, равным 10 мкс. Программы будут иметь достаточно времени, чтобы «реконструировать» каждое событие. Другими словами, программа будет проектировать следы частиц к общим исходным точкам и таким образом сформирует согласованный набор данных — энергий, импульсов, траекторий и т.д. — для частиц, возникших в каждом событии.

Туннель большого адронного коллайдера наклонен относительно горизонта на полтора процента, чтобы поместить большую его часть в монолитной скале. Он находится на глубине около 50 м со стороны Женевского озера, противоположная часть залегает на глубине 175 м.

В полнолуние, во время прилива, земля вблизи от Женевы поднимается на 25 см, увеличивая протяженность большого адронного коллайдера на 1 мм и изменяя энергию пучка на 0,02%.

Как большой адронный коллайдер может обогревать дома?

Большой адронный коллайдер будет использовать тепло для обогрева домов в новом районе под названием Zone d'aménagement Concerté (Зона развития в переводе с французского). Его строят около коллайдера в районе Ферне-Вольтер (Франция) и согласно данному проекту, район будет иметь обособленную геотермальную энергетическую систему.

Как заявляют создатели и руководители данного проекта, у коллайдера имеется очень много различных систем и установок, которые охлаждаются при

помощи воды. Это криогенные установки, различная электроника, система и тому подобное. Принцип их работы очень прост: холодная вода впрыскивается в контур охлаждения, а полученная на выходе вода затем собирается и охлаждается, прежде чем снова вводится в контур. Теплая вода, выходящая из контура, может достигать температуры до 30 градусов по Цельсию, что очень полезно в контексте использования энергии.

Поэтому было решено использовать часть нагретой воды и перенаправить ее на параллельный контур, который будет снабжать систему отопления нового района. Конечно, 30 градусов для полноценного отопления недостаточно, но наличие теплой воды значительно снизит расходы на ее подогрев. Благодаря коллайдеру будет отапливаться до 8000 домов.

Новый алгоритм

В рамках большой модернизации предпринимаются колоссальные усилия по увеличению яркости коллайдера – количества протон-протонных взаимодействий за столкновение двух протонных пучков – в пять раз. Это даст примерно в 10 раз больше данных в год, чем в настоящее время получают эксперименты на БАК.

1. Ускоритель большого адронного коллайдера

В кольцевом коллайдере пучки протонов или ядер свинца циркулируют в нём непрерывно, совершая свыше 10 тысяч оборотов в секунду и сталкиваясь на каждом круге со встречным пучком (рис. 1). Почти 7 тысяч сверхпроводящих магнитов управляют пучками протонов по кольцевому туннелю.

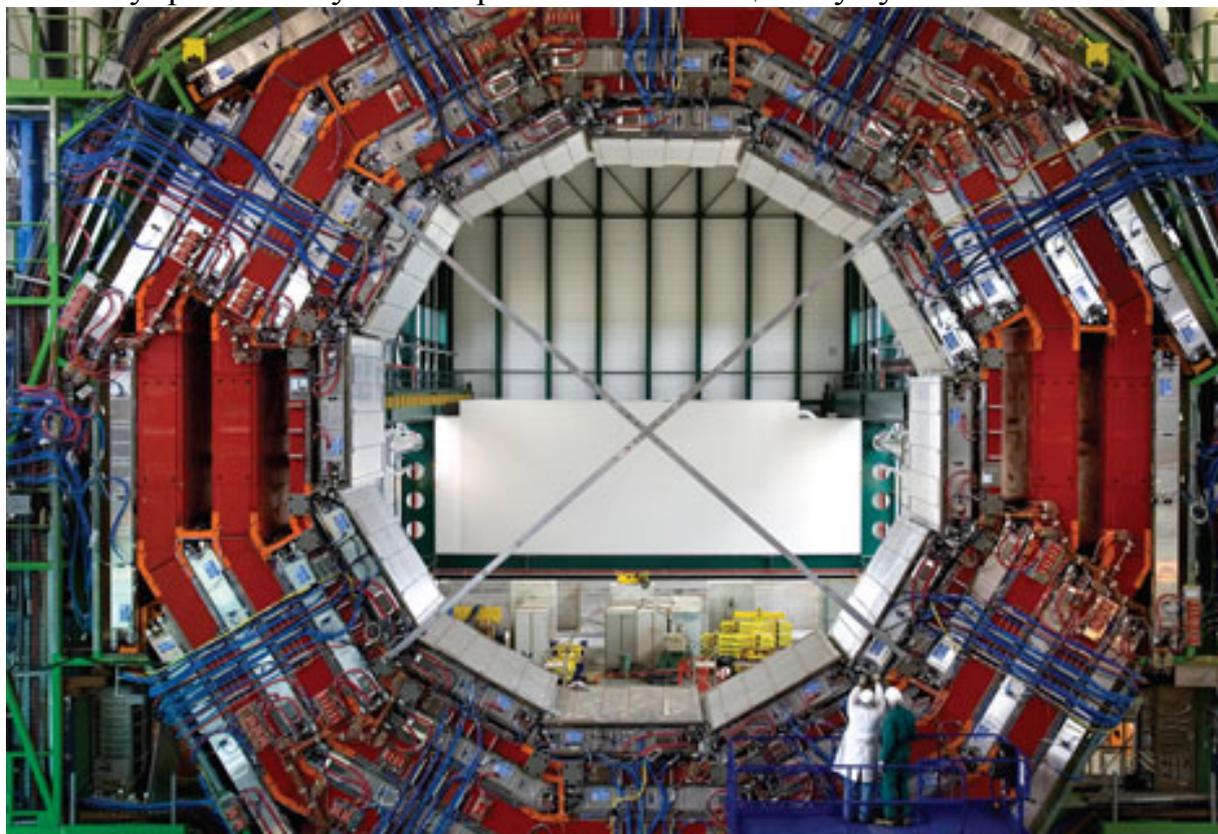


Рисунок 1 – Ускоритель большого адронного коллайдера

2. Компактный мюонный соленоид

Поначалу слово «компактный» здесь может показаться неуместным — ведь длина детектора составляет 20 м, а диаметр – 15 м (рис. 2). На самом деле это слово подчеркивает, что этот детектор заметно компактнее сестринского эксперимента ATLAS (длина 43 м, диаметр 22 м), хотя не уступает ему по исследовательским возможностям. Этого удалось добиться благодаря очень сильному магниту, в экспериментальном зале рядом с деревней Цесси на территории Франции недалеко от границы со Швейцарией.



Рисунок 2 – Компактный мюонный соленоид

3. Крупный детектор

Этот детектор предназначен для поисков «красивых» или «нижних» (в переводе с английского) кварков и антикварков, чтобы понять, чем обусловлено тайное отсутствие антивещества во Вселенной (рис. 3). Детектор расположен только по одну сторону от точки столкновения.



Рисунок 3 – Крупный детектор

4. ATLAS

Тороидальная установка большого адронного коллайдера – детектор общего назначения с уникальной конструкцией, основанной на тороидальных магнитах вместо традиционного соленоида (рис. 4). Он состоит из компактного внутреннего детектора, в котором отслеживаются траектории частиц, за ним следуют калориметры, измеряющие их энергию, а снаружи расположены мюонные детекторы. «Большие диски» детекторов (справа) регистрируют ключевые частицы, называемые мюонами.



Рисунок 4 – Тороидальная установка большого адронного коллайдера

5. ALICE

Фокусируется в основном на физике сильно взаимодействующей материи при экстремально высокой плотности данной энергии. В Большом эксперименте на коллайдере ионов будут изучаться столкновения ионов свинца, при которых возникают «огненные шары», образованные кварк-глюонной плазмой. Здесь также будут изучать протон-протонные столкновения как опорную точку для других экспериментов (рис. 5).

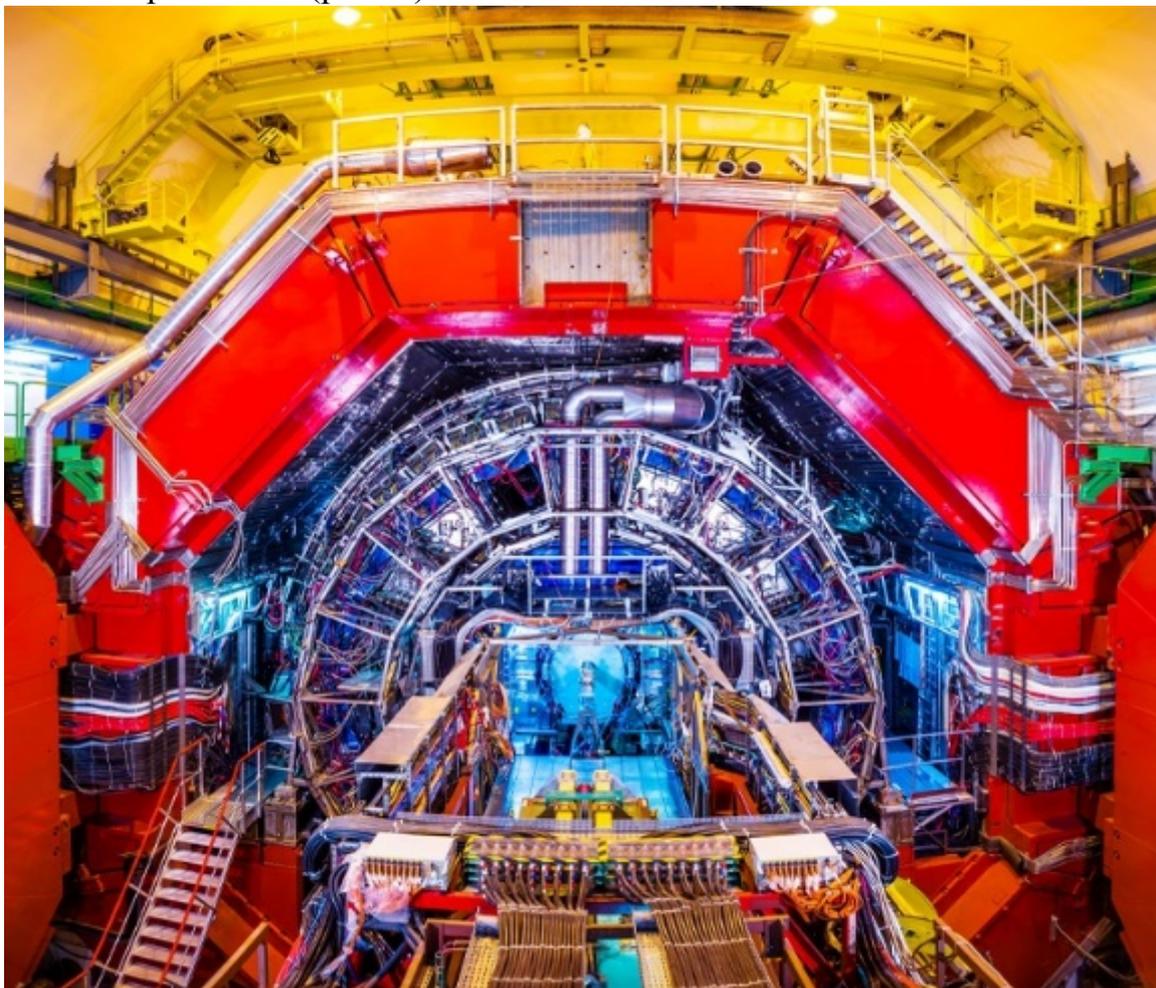


Рисунок 5 – ALICE

Тернистый путь

Несмотря на использование новых технологий, готовых к подключению в режиме реального времени, в ходе сборки большого адронного коллайдера происходили большие ошибки и задержки, происходили аварии с магнитами. При проверке на механическую прочность, при потере катушкой сверхпроводимости во время работы с пучком, часть креплений магнита разрушилась, при этом произошел выброс газообразного гелия.

Такие магниты устанавливаются группами по три единицы, для сжатия пучка в горизонтальном положении, затем в вертикальном положении, и снова в горизонтальном направлениях. Такая последовательность обеспечивает точную фокусировку пучка. В большом адронном коллайдере используются 24 такие группы. Сначала ученые не знали, не придется ли извлечь из туннеля и поднять

на поверхность для переделки все 24 группы, что, возможно, сдвинуло бы график запуска на недели. Причиной неполадки оказалась ошибка при конструировании: проектировщики магнита (исследователи из лаборатории Ферми) не смогли учесть все виды нагрузок. Исследователи из Европейской организации по ядерным исследованиям и лаборатории Ферми лихорадочно работали над решением проблемы, придумывая способ укрепления неповрежденных магнитов прямо в туннеле ускорителя. (Тройку, поврежденную в ходе испытаний, подняли на поверхность для ремонта.)

Новый большой коллайдер

Европейская организация по ядерным исследованиям одобрила план создания сто километрового ускорителя частиц. Его назовут «Будущий кольцевой коллайдер». По мнению ученых, он позволит справиться с задачами, который не мог решить «Большой адронный коллайдер». Новую установку планируется разместить неподалеку от существующей. Ее размеры будут намного больше — длина окружности составит 100 км вместо старых 27 км. Постройку этого тоннеля планируется начать в 2038 году. Строительству будет предшествовать исследование, по результатам которых станет ясно, можно ли проложить тоннель в намеченном месте. Если нет, придется искать другое место. Второй сложный вопрос это финансы. Ориентировочно, на создание FCC потребуется 21 млрд евро. Для европейских исследователей это неподъемная сумма, так что предполагается привлечение средств из других стран. Возможно, что для проекта будет создана международная организация с участием США, Китая и Японии.

Литература

1. Хэлперн, П. Коллайдер / П. Хэлперн. – «Эксмо», – 2010.
2. Линкольн, Д. Большой адронный коллайдер. На квантовом рубеже / Д. Линкольн. – «Попурри», – 2011.