

Ловите лавины

Элементарные частицы различаются по своей проникающей способности. Наименьшая она у электронов, позитронов и гамма-квантов. Для "ловли" этих частиц используется электромагнитный калориметр.

Когда электрон на высокой скорости врезается в вещество, он порождает мощное гамма-излучение, естественно, теряя при этом свою энергию. Гамма-кванты, в свою очередь, взаимодействуя с ядрами атомов, превращаются в электрон-позитронные пары, которые опять порождают гамма-излучение. Этот процесс повторяется снова и снова, приобретая лавинообразный характер, и завершается, когда энергии у последних гамма-квантов становится недостаточно для образования новых частиц. В результате такого многоступенчатого цикла энергии первоначальной частицы превращается в обычное электромагнитное излучение, интенсивность которого уже не так трудно измерить.

Все это предполагает наличие определенных требований к детектору. С одной стороны, в его состав должны входить химические элементы с достаточно высоким порядковым номером. Чем больше заряд атомного ядра, тем сильнее оно взаимодействует с электронами. С другой - это вещество должно быть прозрачным для обычного света. Оптимально подошло бы железное или даже свинцовое стекло. Но разве такое бывает? Оказывается, да!

Ученые Института физики высоких энергий (Протвино) предложили использовать кристаллы высокого качества



Василий Качанов и Сергей Гниненко

из вольфрама и окиси свинца. Правда, для этого пришлось использовать печи с платиновыми тиглями, но зато результат превзошел самые смелые ожидания. Вольфрамовое стекло получилось намного прозрачнее обычного, а по весу в полтора раза тяжелее железа. Кроме того, оно способно выдержать длительное воздействие радиации, практически не меняя своих свойств.

"Новое вещество состоит из двух простых компонентов: вольфрама и окиси свинца, - говорит один из его создателей, начальник лаборатории ИФВЭ, доктор физико-математических наук Василий Качанов. - Причем второй компонент известен в народе как "сурик". Тем не менее, используя специальную

технологии, мы смогли вырастить из этих компонентов кристаллы, которые были признаны ЦЕРН идеальными детекторами электронов и позитронов".

Для производства кристаллов был выбран Богородицкий завод химических изделий (Тульская область). В конце 1993 года ИФВЭ заключил с ним контракт на разработку технологии и производство около 300 кристаллов. Этот и последующие контракты с ЦЕРН спасли завод от неминуемой остановки и перепрофилирования, так как бывший флагман электронной промышленности России в тяжелых экономических условиях начала 1990-х годов находился на грани банкротства. Работы по созданию и совершен-

ствованию технологии производства кристаллов, доведению до уровня требований экспериментов на ЛНС возглавили физик из НИИ ядерных проблем (Минск) Михаил Коржик и технолог БЗТХИ Александр Анненков. Сегодня БЗТХИ является основным производителем кристаллов вольфрамата свинца в мире. Каждый месяц на этом предприятии может изготавливаться свыше 1000 сцинтилляционных элементов для электромагнитных калориметров.

Но сами кристаллы - это еще не все. Ведь их нужно закрепить, придав им определенную форму. И здесь необходимы чрезвычайно легкие крепления, которые не будут мешать работе детектора. Эта задача была блестяще решена в Институте ядерных исследований. "Старший научный сотрудник ИЯИ кандидат физико-математических наук Николай Голубев предложил использовать сотовые структуры на основе углеродных волокон, применяемых в авиационной промышленности, для поддержки кристаллов двух торцевых электромагнитных калориметров CMS, - вспоминает один из создателей уникальной подвески, сотрудник ИЯИ, доктор физико-математических наук Сергей Гниненко. - Одна сотовая структура вмещает в себя 25 кристаллов общим весом около 50 кг при собственной массе менее 300 г, что является выдающимся инженерно-техническим достижением. При изготовлении сотовых структур ИЯИ активно сотрудничал с ОКБ им. В.М.Мясищева (г. Жуковский)".

Сегодня работы по созданию электромагнитного калориметра CMS завершены. Обе его части - цилиндрическая, состоящая из 62 тысяч кристаллов, и две торцевые с общим числом около 15 тысяч кристаллов - смонтированы в подземном зале Большого адронного коллайдера.

Руководитель эксперимента CMS Джим Вирди так высказался по этому поводу: "Этот детектор как по весу, так и по количеству каналов превосходит все спектрометры на кристаллах вместе взятые".

Цитата

Заместитель председателя Совета коллаборации CMS Фабрицио ГАСПАРИНИ:

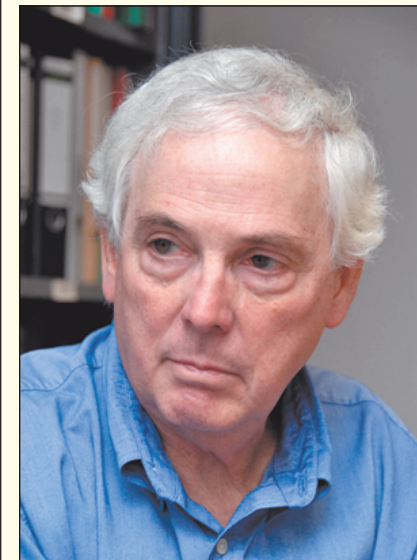
Пятнадцать лет упорного труда, дискуссий, успехов и неудач прошло от первых шагов по разработке проекта мюонного детектора до полной его готовности к приему экспериментальных данных. Вклад RDMS был решающим во многих технических вопросах, возникающих при решении этой задачи. Кроме этого, слаженность команды играла важную роль для поддержания морального духа всей коллаборации CMS, ее способности преодолевать трудности.

Взаимоотношения с институтами, связанные с обязательствами по поставкам оборудования или предоставлению финансирования, не всегда развивались по строгим юридическим канонам, часто это были не промышленные контракты, а "джентльменские соглашения". И сейчас коллаборация CMS, в которой насчитывается 2000 ученых из 180 институтов всего мира, слаженно работает по взаимному неписаному соглашению, зная, что каждый постарается не только выполнить свои обязательства наилучшим образом, но и помочь другим в случае необходимости.



Председатель Совета коллаборации CMS Дэн ГРИН:

Успех адронной калориметрии в проекте CMS достигнут благодаря тесному сотрудничеству групп США и RDMS. Общими усилиями создана простая, устойчивая и удобная для обслуживания система. США поставили материалы и изготовили оптическую систему цилиндрической части детектора. Группа RDMS изготавливала, обрабатывала сцинтилляторные пластины, монтировала оптоволокно, а также вела всесторонний контроль качества всего устройства. Подвеска трехсоттонной конструкции детектора тяжелых частиц была сложной инженерно-технической задачей, с которой RDMS мастерски справилась. Но главное - эта группа целиком и полностью отвечала за механическую и оптическую части торцевых адронных калориметров и за всю лазерную систему.



Флот спасет

Проходя через вещество и взаимодействуя с ним, энергичный адрон (например, протон или нейтрон) порождает новые частицы, которые, в свою очередь, также взаимодействуют с веществом. В результате возникает целый каскад, или "ливень", частиц, общее число которых прямо пропорционально энергии первичного адрона. Измерив плотность "ливня" и определив его направление, можно рассчитать энергию и траекторию тяжелой частицы, породившей его. На этом достаточно простом принципе и строятся современные адронные детекторы. Однако мощность ЦЕРНовского коллайдера, как уже отмечалось, составляет триллионы электрон-вольт. Чтобы "затормозить" и "поймать" тяжелые частицы, рожденные при такой энергии, требуются металлические глыбы толщиной в несколько метров и массой в сотни тонн. Изготовить преграду из железа не получится - оно будет сильно намагничиваться гигантским магнитным полем CMS и вносить серьезные помехи в движение всех заряженных частиц, мешая правильному расчету их траекторий. Поэтому нужна медь или латунь, да еще и высокого качества. Где было взять такое количество первоклассного цветного металла?

Решение нашли специалисты Научно-исследовательского и конструкторского института энерготехники им. Н.А.Доллежалы под руководством главного конструктора профессора Владимира Сметаникова. Оказалось, оружейная латунь, используемая при изготовлении артиллерийских гильз Северным военным флотом, идеально подходит для нужд физики. Получив в свое распоряжение почти тысячу тонн желтого металла, ученые и инженеры RDMS разработали оригинальную конструкцию детектора тяжелых частиц. Латунные пластины соединены друг с другом таким образом, что между ними в шах-

матном порядке остаются щели-ячейки, в которых размещаются детектирующие элементы - обычные сцинтилляторы, излучающие ультрафиолет, когда через них проходит частица. Чем выше энергия адрона, тем больше пластин он сможет пройти и соответственно больше детектирующих элементов зафиксируют его путь.

"Мы смогли сконструировать детектор таким образом, чтобы в нем не было никаких "лишних" деталей, - поясняет один из создателей торцевых адронных калориметров, сотрудник ИФВЭ, доктор физико-математических наук Алексей Волков. - Латунные пластины, предназначенные для торможения тяжелых частиц, служат "по совместительству" и жестким каркасом для установки сцинтилляторов".

Артиллерийские гильзы переплавили на заводе "Красный выборжец" в Санкт-Петербурге и прокатали в слябы - специальные заготовки. Эти заготовки отправили на Минский завод им. Октябрьской Революции, где на прецизионных станках из них и был изготовлен поглотитель адронного калориметра. Координировал работы в Белоруссии директор Национального научно-учебного центра физики частиц и высоких энергий Белорусского государственного университета доктор физико-математических наук Николай Шумейко. Сцинтилляционные ячейки изготовили на харьковском "Монокристалле" под научным руководством Бориса Гринёва и профессора Павла Сорокина из Физико-технического института (Харьков). А сборка и тестирование сцинтилляционных элементов калориметра были проведены в лаборатории Виктора Крышкина (ИФВЭ). Завершилась эта многолетняя эпопея сборкой калориметров в ЦЕРН интернациональным коллективом RDMS, душой и организатором которого был профессор Виталий Кафтанов.