

Это действительно важное событие, и не только в мире самой науки. Увенчался успехом длительный период напряженного и многопланового труда. Труда, который был вложен в создание Большого адронного коллайдера (БАК), в подготовку масштабных экспериментов ATLAS и CMS на встречных пучках протонов сотрудниками нашего Института, российских институтов, нашими партнерами.

Сейчас вряд ли у кого есть сомнения, что действительно получен некий сигнал, обнаружена некая частица, причем обнаружена сразу в двух, в целом независимых экспериментах на БАК в Женеве. Более того есть весомые указания на то, что не только в Европе, но и «на другом конце Земли» – в Америке, в экспериментах на Тэватроне, практически при том же значении массы сигнал виден тоже. Эти совпадения чрезвычайно важны, это не просто случайность. Физики шли к этому событию не наугад. Вся совокупность физической информации, заложенная и аккумулированная в современной Стандартной модели

## «Физики шли к этому событию не наугад»

**Вадим Бедняков, доктор физико-математических наук, заместитель директора Лаборатории ядерных проблем имени В. П. Джелепова, возглавляет в ОИЯИ физическую программу проекта ATLAS на ЛHC.**

физики элементарных частиц (СМ), косвенно указывала нам на то, что где-то именно здесь – как раз при тех значениях массы, при которых и был обнаружен сигнал, должен находиться бозон Хиггса СМ.

Действительно, искомый сигнал был обнаружен в «ожидаемом месте» с высокой статистической значимостью, на уровне пяти стандартных отклонений, пяти сигма, которые считаются физиками достаточным основанием для серьезного утверждения об обнаружении эффекта. Но тем не менее.... Мне кажется, что хотя сейчас и есть повод порадоваться достигнутому – это означает, что мы на правильном пути. Но только в начале этого пути, и надо еще выполнить большую работу, чтобы убедиться в том, что это действи-

тельно бозон Хиггса Стандартной модели. Для этого нужно не только еще раз тщательно проверить те каналы распада, которые уже зарегистрированы, но и исследовать другие, по которым этот «претендент» в бозоны Хиггса (с обнаруженной массой) тоже должен распадаться, будучи частицей Стандартной модели. Причем эти «дополнительные» каналы распада мы должны увидеть когерентно, то есть с такими вероятностями, которые предсказаны СМ. До сих пор сделать этого статистика все-таки еще не позволяла. Во всех остальных каналах, где бозон Хиггса тоже должен проявляться, найти его было заметно сложнее, потому что там очень большой фон. Каналы распада, по которым его обнаружили, наиболее чистые, в них он хоро-

Если задаться вопросом, какая научная проблема сегодня наиболее важна и наиболее фундаментальна, то ответ очевиден – та, решение которой позволит дать ответы на максимальное число самых актуальных вопросов современного этапа развития самой науки.

В физике элементарных частиц сегодня такой центральной проблемой является природа нейтрино. Под этим понимаются те свойства нейтрино, которые определяют специфику их взаимодействия с внешним миром, то есть их массы, характер их превращения друг в друга, сколько всего типов различных нейтрино, дираковские или майорановские, имеют ли электромагнитные свойства и т. п.

Эта действительно ключевая, междисциплинарная проблема, которая пронизывает всю физику элементарных частиц, космологию и астрофизику. Наличие ненулевых масс у нейтрино важно для построения современных теорий элементарных частиц, понимания строения Вселенной и образования в ней крупномасштабных структур типа скоплений галактик. Здесь легкие массивные нейтрино играют роль так называемой горячей темной (или скрытой) материи. Исследование свойств нейтрино, в том числе и электромагнитных, необходимо для решения проблемы дефицита солнечных нейтрино, выяснения механизмов взрыва сверхновых и образования энергии в звездах (на Солнце) и в недрах нашей Земли, для понимания при-

## Нейтрино – актуально, многолико и вездесуще...

чин возникновения космических лучей сверхвысоких энергий. По-видимому, только благодаря исследованию потоков космических нейтрино можно будет получить информацию о самых отдаленных уголках Космоса. До сих пор не решена проблема реликтовых нейтрино, существование которых следует из современной концепции ранней Вселенной. Считается, что наряду с фотонами нейтрино – самые распространенные частицы во Вселенной.

В последнее время широко обсуждается возможность, что нейтрино дают ключ к объяснению барионной асимметрии. То есть образование избытка барионов (по отношению к антибарионам) возможно за счет нарушения CP симметрии в лептонном секторе с участием нейтрино. Таким образом, без понимания свойств нейтрино невозможно даже приблизиться к ответу на вопрос о том, почему окружающий нас мир именно так устроен.

С другой стороны, физика нейтрино и слабых взаимодействий теснейшим образом граничит с областью так

называемой *новой физики* – физики за рамками Стандартной модели элементарных частиц. Эта область, безусловно, существует, именно в процессе ее исследования будет построена новая, более общая теория элементарных частиц (например, на основе идеи суперсимметрии). Основной интерес здесь лежит в сфере поиска таких процессов, частиц и закономерностей, которые противоречат теоретическим представлениям Стандартной модели.

Особую актуальность исследования по физике нейтрино приобретают сегодня после измерения в 2011 году значения угла смешивания  $\Theta_{13}$  матрицы Понтекорво–Маки–Накагава–



Команда DANSS.

шо контролируется и выделяется. Вторую, необходима большая работа, чтобы зарегистрировать его в других каналах распада, а также чтобы убедиться, исследуя угловые распределения продуктов распадов, что это действительно частица со спином ноль, то есть бозон.

Что касается дальнейших планов, как отмечал Рольф Дитер Хойер, генеральный директор ЦЕРН, предполагается работать на БАК до 2020 – 2030-го года. В принципе, мне кажется, что в ближайшие десять лет, учитывая и годовую остановку коллайдера, нам предстоит убедиться, что это действительно бозон Хиггса Стандартной модели, что он полностью вписывается в эту модель, полностью соответствует тем каналам распада, которые мы от него ожидаем. Ситуация может резко измениться, если мы в ближайшее время увидим, что этот объект по другим каналам распада не соответствует ожиданиям СМ. С одной стороны, это может служить стимулом к дальнейшим исследованиям, с другой – что этот бозон Хиггса выходит за рамки СМ. И тогда это

будет, вероятно, первым и, пожалуй, желанным указанием на то, что бозон Хиггса суперсимметричный. Это та же ситуация, о которой Хойер говорил: если мы видим бозон Хиггса, это замечательно. Если не видим, то это тоже замечательное открытие, которое может иметь даже более глобальные последствия.

То есть, если все пойдет так, как мы ожидаем, то, я повторяюсь, мы должны научиться видеть бозон Хиггса во всех каналах распада, которые СМ предсказаны для данной массы. Если на этом пути мы встретим какие-то противоречия, то это тоже будет серьезным стимулом для дальнейшего развития. Мне кажется, замечательно то, что объединенные усилия физиков, всех, кто работал на коллайдере, увенчались успехом: найден объект, которые вселяет надежду, что мы на правильном пути и есть, чем дальше заниматься.

А теперь несколько слов о популяризации науки – в связи с многократно тиражированным в СМИ семинаром в ЦЕРН 4 июля... В принципе, прошедшие мероприятия – это чисто пиаровская акция, большая

шумиха вокруг чисто внутринаучного события – тот момент, который мне не нравится. Ведь порой стремление быть понятным во всем обывателю приводит к тому, что смысл не только внутрифизического понятий, но и смысл деятельности физиков – искажаются. Конечно, нужно, чтобы общество следило за тем, чем занимаются физики, ученые вообще, чтобы оно не давало им «дурака валять», требовало от них (как и от всех остальных членов общества) честной работы в их области деятельности. Вот это, мне кажется, главное. Ученый может всю жизнь честно работать, но ничего великого не совершить и не достичь, – тому может быть много разных, от него не зависящих порой причин. Но если он работает нечестно, стремится только получить деньги и обманывает народ, то он не оправдывает свое существование. Вот это самое главное. Вот за этим нужно следить. А уж что он конкретно делает, какой проблемой он занимается, – это связано с тем этапом развития науки, в котором мы сейчас живем.

Записал Евгений МОЛЧАНОВ



Саката. Этот угол оказался достаточно велик, порядка 0,15 рад, что позволяет рассчитывать на перспективное продолжение реакторных и ускорительных экспериментов по изучению иерархии масс нейтрино и эффектов нарушения CP четности в лептонном секторе. Оба этих вопроса имеют первостепенное значение для понимания роли нейтрино в эволюции Вселенной и происхождении ее барионной асимметрии.

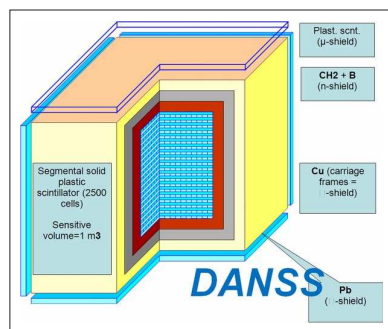
Другой актуальной темой является обнаруженный «на кончике пера» (в результате проведения новых вычислений) дефицит потока антинейтрино от реактора. Предполагаемый эффект получил название «аномалия реакторных антинейтрино», который можно интерпретировать как осцилляции реакторных антинейтрино в стерильные состояния. Несколько групп уже нацелены на обнаружение такого дефицита и, следовательно, поиск стерильных нейтрино. Пожалуй, наилучшие перспективы в этом направлении сегодня имеют сотрудники ОИЯИ, проводящие эксперимент DANSS на Калининской атомной станции с

уникальным по интенсивности потоком реакторных антинейтрино (**на снимках: общий вид атомной станции; схема установки**).

Итак, по степени фундаментальности и мировоззренческой важности в современной физической науке исследования по физике нейтрино нет конкурентов. Более того, уникальны перспективны и прикладных исследований по физике нейтрино. Совсем недавно, благодаря очень чувствительным приборам, были зарегистрированы нейтрино из недр Земли, так называемые геонейтрино. Не говоря уж о фундаментальности этого явления, исследование потоков геонейтрино крайне важно для геофизики – понимания процессов, протекающих внутри нашей планеты.

На новый уровень сегодня выходят прикладные нейтринные исследования на промышленных и исследовательских ядерных реакторах – это исследование процессов внутри реакторов с помощью антинейтрино для задач ядерной энергетики. Они включают непрерывное измерение мощности реактора и степени выгорания топлива, томографию выгорания топлива в реальном времени, создание компактных детекторов антинейтрино для дистанционного контроля в реальном времени наработки и несанкционированного отбора плутония в процессе работы реактора (для предотвращения распространения ядерного оружия) и т. п.

Это ярчайший пример практической пользы фундаментальной науки.



Физика нейтрино для решения своих внутренних задач требует уникальной аппаратуры, на пути создания которой возникают совершенно новые, не менее уникальные технологии, материалы и приборы, которые, в свою очередь, оказываются востребованными как в других областях самой науки, так и в повседневной жизни.

Итак, междисциплинарный характер изначально присутствует в физике нейтрино. Эта общефизическая междисциплинарность заложена в многогранности проявлений нейтрино и их значимости во многих областях современной физики, астрофизики и прикладных исследованиях.

По всему миру растет число экспериментальных и теоретических групп, занимающихся нейтринной тематикой, ежегодно возрастает поток публикаций по этому вопросу, организуются все новые конференции. Без сомнений, эта тенденция сохранится и в обозримой перспективе.

Вадим БЕДНЯКОВ