

ные органы на предприятие не обращались. Поэтому утверждение о том, что кто-то скрывается от следователей и его

местонахождение неизвестно, не соответствует действительности».

РИА Новости
25.07.2013

Открытие физиков из РФ может изменить понимание устройства Вселенной

Российским физикам вместе с учеными из других стран удалось в 2013 году в ходе эксперимента T2K подтвердить уникальное открытие — превращение одного сорта элементарных частиц нейтрино в другой (нейтринные осцилляции). Это открытие может привести к пересмотру понимания устройства Вселенной. О значении данного открытия для мира науки и о его возможном практическом применении рассказал один из участников исследований, заведующий отделом физики высоких энергий Института ядерных исследований РАН Юрий Куденко.

— Мир физики элементарных частиц сложен для понимания, поэтому давайте начнем нашу беседу с некоторого ликбеза — рассказа о том, как все устроено.

— Мы живем в макромире, это мир больших расстояний и предметов. А современная физика высоких энергий имеет дело с микромиром, с масштабами меньше атома, с расстояниями менее 10-13 см. Эти масштабы трудно себе представить. Мы работаем, например, с протонами, обладающими массой около 1 Гигаэлектронвольт (ГЭВ), что соответствует 10-24 г — это трудно перевести на обычный язык. Но протон это еще большая частица, которая состоит из более мелких частиц — трех кварков. Из кварков также состоит значительная часть и других элементарных частиц. Эти мелкие частицы в свою очередь обмениваются между собой еще более мелкими частицами — глюонами. Три кварка не могут вылететь из протона, т.е. не могут находиться в свободном состоянии, и скрепляются сильным взаимодействием, переносчиком которого являются глюоны. Следующее взаимодействие — электромагнитное, мы все его хорошо знаем — это электромагнитные волны, свет, оно осуществляется

за счет обмена элементарными частицами — фотонами. Третий тип взаимодействия, с которым имеет дело физика микромира, так называемое слабое взаимодействие, в них участвует нейтрино. Нейтрино, нейтральная фундаментальная частица, которая участвует только в слабом и гравитационном взаимодействиях. Слабое взаимодействие называется так, потому что сила его на несколько порядков меньше, чем у других, и обмен между частицами осуществляется с помощью заряженных бозонов W^+ и W^- и нейтрального бозона Z^0 , которые были открыты в 1980-е годы. Все взаимодействия нейтрино и любые слабые процессы, в которых участвует нейтрино, происходят за счет обмена этими тяжелыми частицами, масса которых около 80 ГЭВ, то есть они тяжелее протона в 80 раз.

Слабое взаимодействие частиц интересно тем, что в нем были обнаружены нарушения инвариантности, то есть нарушения независимости (неизменности) физических законов при переходе из нашего мира в зеркальный мир (изменение направления пространственных координат), при изменении направления времени и при замене частиц на античастицы. Другие взаимодействия (сильное, электромагнитное) демонстрируют постоянство физических законов при этих преобразованиях. Процессы, идущие через сильное взаимодействие, ведут себя одинаково и в нашем мире, и в зеркальном мире. Если мы хотим повернуть время, в реальности это трудно представить. Однако в эксперименте полная имитация этого возможна. При этом сильное и электромагнитное взаимодействия будут вести себя одинаково, а процессы с участием слабого взаимодействия будут отличаться. Это уникальная особенность слабого взаимо-

действия и связана она как раз с нейтрино. Впервые нарушение пространственной четности в слабом взаимодействии наблюдалось в 1956 году в эксперименте по изучению бета-распада поляризованного ядра кобальта-60. С этого фундаментального открытия, кстати, и началась, по моему мнению, современная физика элементарных частиц.

— Каковы особенности нейтрино, что необходимо ученым для изучения столь малых частиц?

— Нейтрино имеет очень маленькое сечение взаимодействия с веществом (нуклоны, электроны, ядра), т.е. вероятность взаимодействия нейтрино, которое налетает на ядро, нуклон, чрезвычайно мала из-за того, что этот процесс идет только через слабое взаимодействие. Таким образом, для регистрации нейтрино необходимы огромные массивные детекторы. Лучше всего помещать такие детекторы под землю, чтобы улучшить фоновые условия эксперимента и отсеять лишние частицы, которые «мешают» регистрации нейтрино. В этом направлении начала развиваться нейтринная физика и ее важнейшая часть, так называемая подземная физика. По этому принципу у нас в стране была в свое время построена Баксанская нейтринная обсерватория, где российские ученые совершили ряд важных открытий в нейтринной физике. Постепенно фронт нейтринных исследований расширился, и сформировалась «нейтринная индустрия» — большое количество разных экспериментов по всему миру, изучающих свойства нейтрино.

— Открытие осцилляций мюонных нейтрино в электронные нейтрино уникально. Японцы уже назвали его высокопрофессиональным, высочайшим (Uchiage Hanabi) достижением в фун-

даментальной физике. Как это открытие соотносится со Стандартной моделью взаимодействия элементарных частиц – фундаментальной основой современной физики?

— Стандартная модель, которая практически описывает все явления физики элементарных частиц, за исключением некоторых, твердо постулирует, что масса нейтрино — нулевая. Так вот, наше открытие еще раз однозначно подтверждает, что у нейтрино есть масса и она не нулевая. Второй факт, который Стандартная модель не описывает, — барионная асимметрия Вселенной, которая также весьма вероятно связана с массами нейтрино. И третий факт, не находящий объяснения в рамках Стандартной модели, — это наличие темной материи во Вселенной. Как мы знаем, вся масса Вселенной стоит из 4% барионов, примерно из 23% темной материи и 73% темной энергии — еще более непонятной субстанции. Выдающийся отечественный ученый Бруно Понтекорво, 100 лет со дня рождения которого исполняется в этом году, выдвинул гипотезу об осцилляциях нейтрино. Он предположил, что во время своего распространения в пространстве нейтрино могут переходить из одного типа в другой. К примеру, допустим, что из какого-то источника вылетает электронное нейтрино, пролетает некоторое расстояние, переходит в мюонное нейтрино, затем летит дальше и переходит вновь в электронный тип и так далее. Период превращения одного типа нейтрино в другой связан с энергией нейтрино и разницей квадратов масс. То есть должно выполняться условие, что хотя бы одна масса должна быть ненулевой. Эта очень красивая гипотеза была затем экспериментально подтверждена.

— **Что означает ваше открытие — обнаружение нейтринных осцилляций?**

— Обнаружение нейтринных осцилляций означает, что нейтрино имеют малую ненулевую массу, смешиваются и типы нейтрино (лептонные числа) не сохраняются. Это действительно грандиозный результат, и получен он был в 1998 году. Прямые измерения массы нейтрино в бета-распаде трития (эксперимент проводится в Институте ядерных исследований

РАН) показывают, что масса нейтрино должна быть меньше двух электронвольт. В течение 15 лет после открытия осцилляций все эксперименты по изучению осцилляций были «экспериментами на исчезновение» — то есть нейтрино исчезало, и детектор, расположенный на каком-то расстоянии от источника, регистрировал «дефицит» нейтрино по сравнению с ожидаемым числом в отсутствие осцилляций. В нашем эксперименте T2K (Tokai-to-Kamioka, Япония) были однозначно зарегистрированы переходы мюонных нейтрино в электронные нейтрино, т.е. в дальнем детекторе СуперКамиоканде, расположенном на расстоянии 295 км от источника чистого пучка мюонных нейтрино, были зарегистрированы электронные нейтрино, появившиеся в течение «путешествия» мюонных нейтрино от источника к детектору. Этот фундаментальный результат полностью изменяет «ландшафт» нейтринной физики и открывает нам путь к поиску нарушения комбинированной четности или CP-симметрии. Символ C означает зарядовое сопряжение, которое превращает частицу в её античастицу, а P — это пространственная четность, которая создает зеркальное изображение физической системы. Идея CP-симметрии была предложена нобелевским лауреатом физиком Львом Ландау в 50-е годы, а в 1964 году было экспериментально обнаружено, что CP-симметрия нарушается в слабых взаимодействиях, и это открытие также было удостоено Нобелевской премии. Наше открытие позволяет проводить эксперименты с пучками мюонных нейтрино и антинейтрино. В них измерение вероятностей осцилляций мюонных нейтрино в электронные и осцилляций мюонных антинейтрино в электронные антинейтрино и их сравнение является чувствительным тестом нарушения CP-симметрии у нейтрино. Другими словами, тестом нарушения CP-симметрии в лептонном секторе Стандартной модели.

— **И какое понимание нам дает это открытие?**

— Обнаружение такого эффекта может быть ключом к разгадке одной из тайн природы: почему мы живем в мире, а не в антимире, почему есть материя, но нет

антиматерии? Сейчас все ученые, занимающиеся нейтринной физикой, находятся в состоянии легкой эйфории, ожидая исключительно интересные результаты в ближайшем будущем и видя колоссальные перспективы в этой области физики элементарных частиц.

— **Теоретически можно предположить, что СМ будет расширяться.**

— Безусловно, СМ будет расширена, сейчас над этим работает целый ряд физиков-теоретиков в разных странах мира. Ведь существенная и наиболее интересная задача современной физики состоит в поиске новых явлений за пределами СМ. Пока можно констатировать, что за исключением трех вышеупомянутых явлений, других экспериментальных указаний на новую физику не получено и, в частности, в экспериментах на LHC в ЦЕРН не обнаружено указаний на существование суперсимметричных частиц.

— **Что дальше? На изучении чего сосредоточите свои усилия?**

— Мы будем двигаться дальше в изучении элементарных частиц. В нейтринной физике это может быть нейтринная фабрика, новые гигантские детекторы нейтрино, но стоимость этих проектов огромная. А в кварковом секторе — это новый ускоритель — линейный коллайдер, который невозможно построить усилиями одной страны. Если изучение бозона Хиггса, которое сейчас идет в ЦЕРНе, не даст никаких указаний на нестандартные явления, то для новых проектов потребуются принципиально новые идеи и подходы.

— **Можно ли предположить, что человечество подошло к пределу получения информации о мире элементарных частиц?**

— Это вопрос, который нас серьезно беспокоит. Если говорить откровенно, то таких ярких научных результатов, как в нашем случае, не стоит ожидать часто, к тому же для их достижения нужно прилагать колоссальные усилия. Сейчас для серьезного эксперимента необходима коллаборация ученых из многих стран мира. Серьезные научные проекты требуют огромного финансирования, и уже понятно, что по некоторым направлениям мы подходим к некоему пределу.

— Фундаментальную науку зачастую обвиняют в том, что ни к каким практическим результатам ее достижения не приводят. Оставим правоту обвинений на совести тех, кто так утверждает. Но все-таки интересно, в случае с нейтринной осцилляцией какими могут быть практические результаты открытия?

— Изучение солнечных нейтрино позволяет нам понять физические процессы внутри Солнца и определить его время жизни. Мы знаем, сколько миллиардов лет осталось жить всему человечеству. Но это немножко абстрактно, а если говорить о реальных вещах, то те детекторы, что регистрируют осцилляции нейтрино, регистрируют и так называемые гео-нейтрино,

которые рождаются в результате распада радиоактивных изотопов в коре и мантии Земли. Формируется новая наука — нейтринная геофизика, которая занимается получением информации о естественном ядерном реакторе в ядре Земли. А это значит, что мы, вероятно, найдем новые подходы для понимания механизма того, что происходит, к примеру, с извержением вулканов, образованием магмы. Может быть, это некий путь и к дальнейшим прогнозированием землетрясений. Следует также отметить, что начинается процесс использования нейтринных детекторов в практических целях. Нейтринные детекторы полезны в плане контроля за нераспространением ядерного оружия, поскольку

позволяют в любой стране обнаружить работы с делящимися материалами, которые проводятся в любом месте и на любой глубине. Нейтрино пролетает сквозь земную кору, не взаимодействуя с ней, и в определенных участках планеты можно поставить детекторы, которые позволят проводить полный мониторинг АЭС, процесса обогащения урана и работы центрифуг, в общем, всего ядерного-топливного цикла в любой стране. Сейчас программа создания таких детекторов поддерживается МАГАТЭ.

РИА Новости
25.07.2013

Ученые выяснили, как ветки растений «чувствуют» направление гравитации

Арабидопсис в нормальных условиях



Арабидопсис внутри клиноштата



Британские биологи обнаружили, что боковые ветки растут под определенным углом к поверхности Земли благодаря двум типам клеток-«гравиметров», часть которых растет «вниз» вместе с притяжением Земли, а другая — «вверх», говорится в статье, опубликованной в журна-

ле *Current Biology*. «Этот эффект можно сравнить с тем, как механик управляет поворотом танка. Когда танку нужно повернуть в одну сторону, гусеница на противоположной стороне ускоряется. В нашем случае в их роли выступают разные стороны ветки и скорость их роста, что позволяет растению гибко регулировать угол ее наклона», — заявил Штефан Кепински (Stefan Kepinski) из университета Лидса (Великобритания).

Кепински и его коллеги смогли объяснить, почему ветки растений всегда растут

под определенным углом по отношению к вектору притяжения Земли. Для этого они изучили работу особых клеток-статоцитов в побегах арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana*). Эти клетки являются своеобразными «гравиметрами», точная функция которых оставалась неизвестной до этого исследования.

Авторы статьи выяснили, что ветки растений содержат в себе сразу два разных типа таких клеток, воспользовавшись особым прибором — клиноштатом. Он медленно вращает растение и нейтрализует так называемый гравитропизм — стремление расти вдоль вектора притяжения Земли. Во время эксперимента ученые следили за изменениями в активности статоцитов и тем, как они вырабатывали оксин, гормон роста растений.

Оказалось, что не все статоциты перестали работать внутри клиноштата. Небольшая часть из них продолжала вырабатывать оксин, и все такие клетки находились в нижней части побегов арабидопсиса. По словам исследователей, именно это заставляет ветви растений загибаться вниз при росте в клиноштате, что замечали еще ботаники в конце 19 века. Как полагают Кепински и его коллеги,

под определенным углом по отношению к вектору притяжения Земли. Для этого они изучили работу особых клеток-статоцитов в побегах арабидопсиса (*Arabidopsis thaliana*). Эти клетки являются своеобразными «гравиметрами», точная функция которых оставалась неизвестной до этого исследования.

Авторы статьи выяснили, что ветки растений содержат в себе сразу два разных типа таких клеток, воспользовавшись особым прибором — клиноштатом. Он медленно вращает растение и нейтрализует так называемый гравитропизм — стремление расти вдоль вектора притяжения Земли. Во время эксперимента ученые следили за изменениями в активности статоцитов и тем, как они вырабатывали оксин, гормон роста растений.

Оказалось, что не все статоциты перестали работать внутри клиноштата. Небольшая часть из них продолжала вырабатывать оксин, и все такие клетки находились в нижней части побегов арабидопсиса. По словам исследователей, именно это заставляет ветви растений загибаться вниз при росте в клиноштате, что замечали еще ботаники в конце 19 века. Как полагают Кепински и его коллеги,