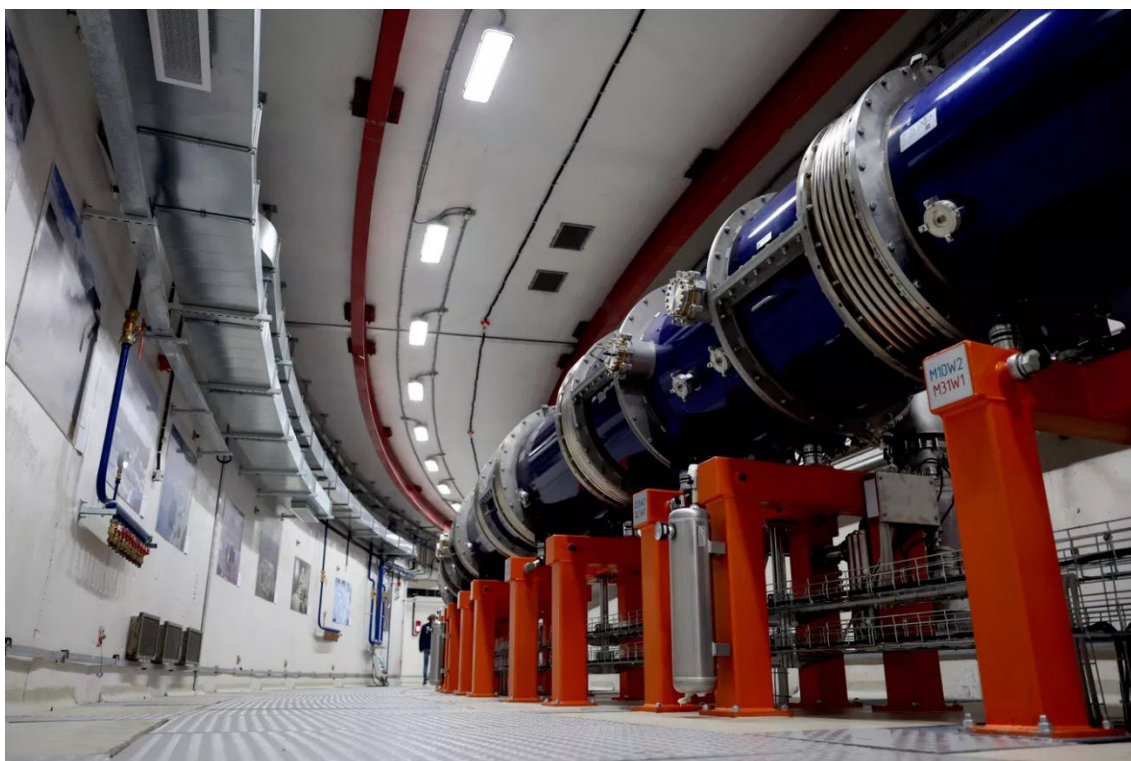


Белорусские и российские физики ищут вещество первых мгновений Вселенной



© Sputnik / Александр Казаков / POOL

Ни для кого не является секретом, что ученые, особенно физики, занимающиеся физикой высоких энергий, очень редко дают интервью – ведь объяснить понятным языком процессы, связанные, к примеру, с Большим взрывом, не так просто.

О том, как белорусские ученые участвовали в открытии "частицы бога", зачем нужна "фабрика" бозонов Хиггса и что дала обычным людям физика элементарных частиц, в интервью корреспонденту Sputnik Тамаре Беляевой рассказал заведующий центром "Физика элементарных частиц" Института физики имени Б. И. Степанова Национальной академии наук Беларуси Дмитрий Шелковий.

Sputnik осознанно оставил многие научные термины в тексте – в надежде на то, что читатели захотят немного углубиться в физику и узнать, что такое, к примеру, кварк-глюонная плазма и почему ее называют "кварковым супом". Тем более, появились прогнозы о том, что именно физика может стать "поставщиком" слов и понятий

неофициального молодежного сленга и вместо "древних" вайба и абьюза появятся кварки, глюоны и мюоны.



Дмитрий Шелковий в экспериментальном зале во время измерения потока атмосферных мюонов с помощью прототипа мюонной вето-системы

© Photo : из личного архива Дмитрия Шелкового

Белорусские ученые участвуют сегодня в крупнейших международных экспериментах по физике элементарных частиц – в России, Японии, Китае. Ключевым партнером остается Объединенный институт ядерных исследований в российском наукограде Дубна.

"ОИЯИ – это Международная межправительственная научно-исследовательская организация, объединяющая страны-участницы на равных правах. Физика высоких энергий является глобальной наукой, и белорусская школа продолжает работать по всему миру", – рассказал Шелковий.

Что такое Стандартная модель и "Новая физика"

Прежде чем говорить об экспериментах, ученый пояснил два ключевых понятия.

"Стандартная модель – это современная фундаментальная теория, которая описывает все известные элементарные частицы, то есть привычное нам вещество, и три из четырех фундаментальных взаимодействий: электромагнитное, сильное и слабое. Гравитация в нее не входит. Теория утверждает, что весь окружающий мир состоит из

считаного числа "кирпичиков" – шести кварков и шести лептонов, взаимодействуют они, обмениваясь частицами-переносчиками – фотоном (электромагнитное взаимодействие), W - и Z -бозонами (слабое) и глюонами (сильное), – пояснил физик.

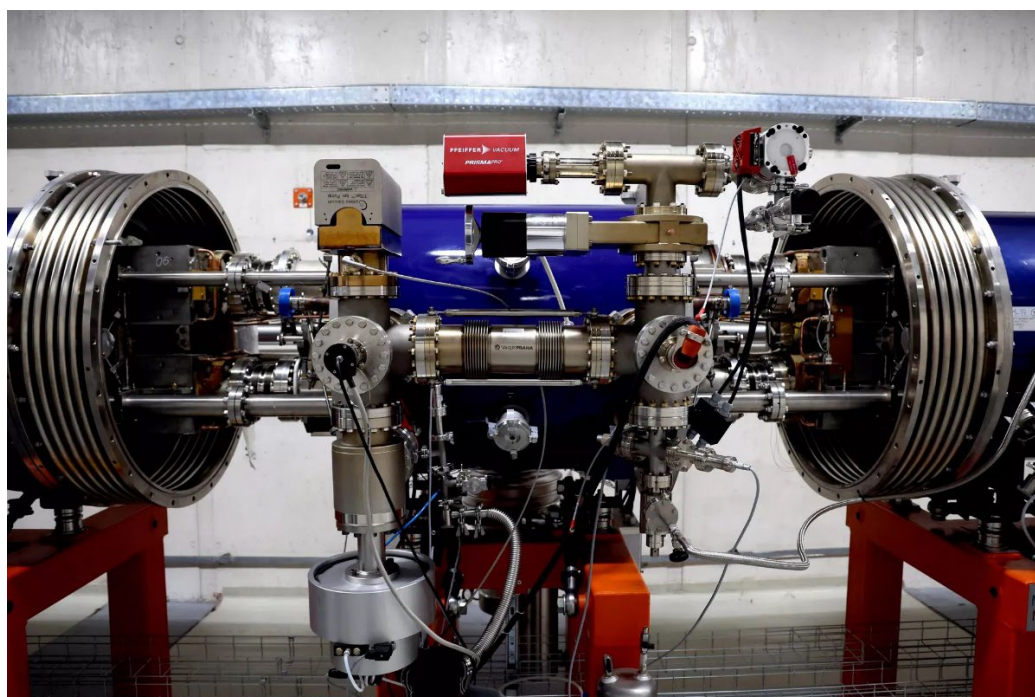
По его словам, сила этой теории в том, что она предсказывала частицы, которые потом находили на ускорителях: очарованный кварк, W - и Z -бозоны, топ-кварк и, наконец, в 2012 году – бозон Хиггса, ту самую "частицу бога", благодаря которой все остальные обладают массой.

"Но Стандартная модель заведомо неполна. В ней нет объяснения темной материи, из которой состоит около четверти Вселенной. В ней нейтрино (самые распространенные частицы во Вселенной – Sputnik) не имеют массы, хотя известно, что масса у них есть. Модель не объясняет, почему во Вселенной вещества оказалось больше, чем антивещества, и в нее вообще не входит гравитация. Все, что лежит за рамками этой теории, физики и называют "Новой физикой". Найти ее – главная задача сегодняшнего дня в физике частиц", – отметил ученый.

Кварковый суп в Дубне

Беларусь участвует в мегапроекте ОИЯИ – ускорительном комплексе NICA (Nuclotron based Ion Collider fAcility), построенном в Дубне. Его главная научная задача состоит в том, чтобы воссоздать состояние материи, существовавшее в первые микросекунды после Большого взрыва, а именно кварк-глюонную плазму.

Кварк-глюонная плазма, так называемый "кварковый суп", – это экстремальное состояние материи, при котором протоны и нейтроны "плавятся", а составляющие их кварки и глюоны освобождаются и движутся относительно свободно.



Для проекта NICA в Беларуси изготовлены прототипы интерфейсных модулей питания время-проекционной камеры (прибор для поиска и изучения частиц – Sputnik) и другое оборудование. НИИ ядерных проблем БГУ совместно с БГУИР, Физико-техническим институтом НАН Беларуси и НПЦ по материаловедению НАН Беларуси разработал, изготовил и испытал опытные образцы ускоряющих сверхпроводящих резонаторов из редкого металла ниобия, которые являются ключевыми узлами современных ускорителей – коллайдеров.

Не БАКом одним

Поиск "Новой физики" ведется сегодня не только на Большом адронном коллайдере (БАК) в ЦЕРНе. Есть второй путь, а именно высокоточные научные опыты, которые проводятся при относительно низких энергиях, но с очень высокой интенсивностью пучков. Их логика проста: взять процесс, который Стандартная модель предсказывает с высокой точностью, и измерить его еще точнее. Любое расхождение будет означать, что в игру вступают неизвестные частицы, рассказал собеседник Sputnik.

"Институт физики НАН Беларуси является полноправным членом международного проекта COMET на японском ускорительном комплексе J-PARC – это один из сложнейших сверхточных экспериментов, когда-либо проводившихся в физике", – рассказал Шелковый.

Коллаборация COMET объединяет около полусотни научных организаций почти из двадцати стран. А белорусские физики разработали алгоритм, который за доли микросекунды восстанавливает энергию частицы с точностью лучше 5%, и участвуют в разработке координатного детектора.



Участники эксперимента COMET на фоне строящегося здания для реализации проекта (J-PARC, Япония)

© Photo : из личного архива Дмитрия Шелкового

Целью эксперимента, является поиск процесса когерентного безнейтринного перехода мюона в электрон в поле атомного ядра. Если перевести на обычный язык: мюон – это тяжелая нестабильная частица, является копией электрона, но в 200 раз тяжелее и живет около двух миллионных долей секунды и распадается. Электрон представляет собой абсолютно стабильную частицу, из которых состоят оболочки всех атомов.

"Однако нас интересует не сам факт распада мюона, а его "неправильный" сценарий. Согласно Стандартной модели, мюон всегда распадается с рождением нейтрино. Мы же охотимся за случаем, когда мюон, захваченный ядром алюминия, превращается в электрон напрямую, без единой сопутствующей частицы. Слово "когерентный" здесь означает, что ядро при этом остается точно таким же, каким было, оно лишь наблюдает превращение, но само не меняется", – пояснил ученый.

В Стандартной модели такой процесс фактически запрещен, зато почти все теории "Новой физики" предсказывают, что он должен происходить с вероятностью, лежащей как раз в области чувствительности эксперимента COMET. Поэтому здесь невозможна ошибка интерпретации: увидели событие, следовательно, Стандартная модель является неполной.



Рабочее совещание эксперимента COMET в Осаке (Япония)

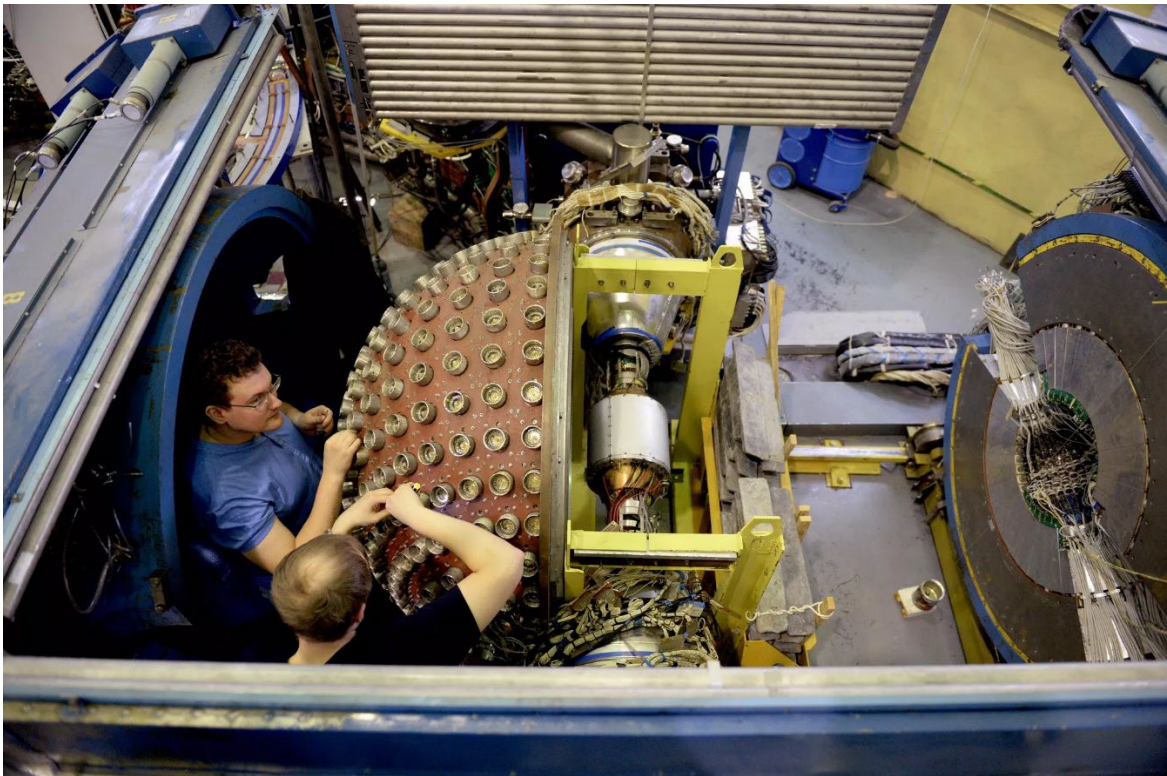
© Photo : из личного архива Дмитрия Шелкового

"Экспериментальное подтверждение такого процесса будет большим прорывом в физике элементарных частиц и будет означать обнаружение первого в мире сигнала "Новой физики", необходимой для построения более совершенной модели. Это поможет нам продвинуться в понимании природы нашего мира", – сказал собеседник Sputnik.

Стоит отметить, что Национальная ускорительная лаборатория им. Энрико Ферми (Фермилаб, США) не стоит в стороне: там строится конкурирующий эксперимент Mu2E, нацеленный на поиск точно такого же процесса. Эти две коллаборации находятся в своеобразной гонке, и кто первым зафиксирует распад, тот и войдет в историю.

"Если процесс будет обнаружен, это станет прорывом к качественно новым знаниям и, вероятно, поводом для Нобелевской премии. Но и отрицательный результат ценен: он поставит жесткие ограничения на теоретические модели и отсеет часть из них как маловероятные, указав физике частиц дальнейшее направление", – отметил ученый.

Еще одно направление исследований – это работа на электрон-позитронном коллайдере ВЭПП-2000 в новосибирском Институте ядерной физики имени Г. И. Будкера Сибирского отделения РАН. Именно в этом институте в 1963 году был запущен ВЭП-1, который является один из трех первых в мире коллайдеров, и вся современная техника встречных пучков, включая БАК, выросла из той идеи.



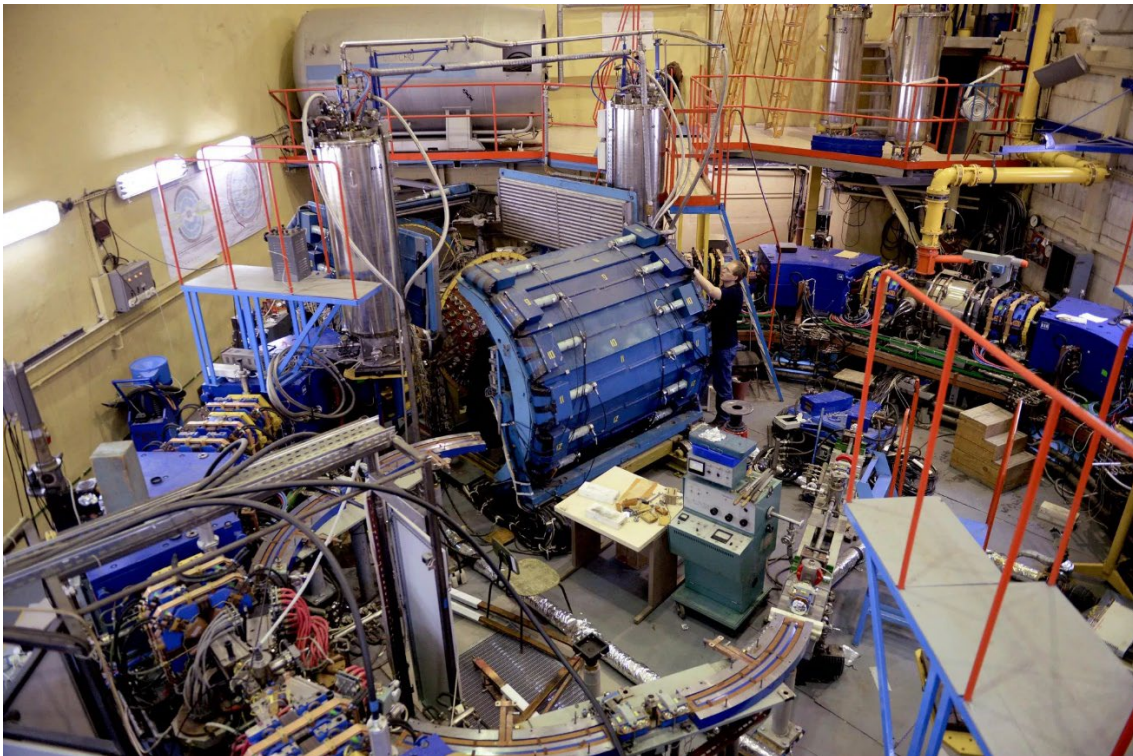
Технические работы на сферическом нейтральном детекторе коллайдера ВЭПП-2000, архивное фото

© Sputnik / Александр Кряжев

"Институт физики НАН Беларуси участвует в анализе данных, набранных детектором КМД-3, по прецизионному измерению адронных сечений электрон-позитронной аннигиляции. Это критически важно для интерпретации знаменитой "аномалии $g-2$ " магнитного момента мюона. Здесь точность измерения напрямую определяет, есть ли за Стандартной моделью что-то еще", – сказал Шелковый.

Он пояснил суть этой работы. Мюон, как и электрон, ведет себя подобно крошечному магнетику, и сила этого магнетика рассчитывается теорией с фантастической точностью – до одиннадцатого знака после запятой. Измерения в американской лаборатории Фермилаб долгое время давали чуть другое значение, чем предсказывала теория, и это расхождение считалось одним из главных намеков на существование неизвестных частиц.

"Загвоздка в том, что точность самого предсказания упирается в один плохо считаемый вклад, а именно влияние рождающихся на мгновение адронов, то есть частиц, состоящих из кварков. Его нельзя с требуемой точностью рассчитать из теории, он берется из эксперимента: нужно очень точно измерить, с какой вероятностью электрон и позитрон при столкновении рожают адроны. Это и есть те самые адронные сечения, которые мы измеряем в Новосибирске", – рассказал физик.



Электрон-позитронный коллайдер ВЭПП-2000, архивное фото

© Sputnik / Александр Кряжев

Новые данные детектора КМД-3 заметно изменили картину: расхождение между теорией и экспериментом, достигавшее пяти стандартных отклонений, сократилось примерно до одного. Точное измерение сделало для этого вопроса больше, чем годы теоретических споров.

НИИ ядерных проблем БГУ вошел в коллаборацию будущего планируемого китайского коллайдера СЕРС (Кольцевой электрон-позитронный коллайдер), который должен стать "фабрикой" бозонов Хиггса – установкой, рождающей эти частицы в таких количествах, чтобы изучить их свойства с предельной точностью.

Почему такие проекты делают всем миром

Современная установка для физики частиц – это десятилетия проектирования, миллиарды евро, детекторы с миллионами измерительных каналов и десятки петабайт данных в год, отметил ученый.

"Ни одна страна мира не располагает одновременно достаточными интеллектуальными, производственными и финансовыми ресурсами, чтобы в одиночку решать фундаментальные задачи такого масштаба", – сказал он.

Поэтому, по словам ученого, физика частиц последовательно эволюционировала от национальных проектов к открытым международным. Так появились ЦЕРН (1954) и ОИЯИ (1956), а вокруг

конкретных установок сложились коллаборации – объединения ученых и инженеров из множества стран. ATLAS и CMS, главные детекторы Большого адронного коллайдера, насчитывают по три тысячи участников каждая, рассказал Шелковый.

Участие Беларуси в коллайдерных проектах

Отсчет участия Беларуси в таких проектах нужно вести с двух дат, сказал ученый.

"В 1992 году Беларусь стала полноправным членом Объединенного института ядерных исследований, а в 1994-м подписала соглашение о сотрудничестве с ЦЕРН. Это открыло белорусским институтам и заводам дорогу в крупнейшие эксперименты мира. Участие было двух видов – "железо" и наука, и оба оказались весомыми", – рассказал ученый.



Сотрудник ИФ НАН Беларуси Алексей Павлов за работой по созданию мини-прототипа координатного детектора

© Photo : из личного архива Дмитрия Шелкового

Говоря о материальном вкладе Беларуси в ЦЕРН, собеседник агентства отметил, что крупнейшим стало высокоточное изготовление металлических поглотителей торцевых адронных калориметров детектора CMS на минском заводе "МЗОР".

"Работа объемом около 2,5 млн долларов была отмечена Золотой медалью коллаборации CMS. Похожие конструкции для детектора ATLAS (один из крупнейших экспериментов на БАК в ЦЕРН – Sputnik) делал Минский тракторный завод; за

прецизионную обработку элементов тороидальных магнитов "МЗОР" получил награду ATLAS Supplier Award", – рассказал ученый.

Отдельной историей, по его словам, стали сцинтилляционные кристаллы вольфрамата свинца (излучают свет при попадании на них невидимых частиц), разработанные в НИИ ядерных проблем БГУ. Из них собраны электромагнитные калориметры детекторов CMS и ALICE – сегодня на Большом адронном коллайдере работает более 85 тысяч таких кристаллов.

Институт физики НАН Беларуси с 1994 года был полноправным участником коллаборации ATLAS.

"Наши сотрудники участвовали в проектировании, сборке, испытаниях и всестороннем изучении характеристик адронного калориметра ATLAS; разрабатывали и отлаживали программное обеспечение для моделирования, реконструкции и мониторинга энергетической и временной информации с этого калориметра; вели контроль качества экспериментальных данных – в том числе для модулей, модернизированных под будущий коллайдер высокой светимости", – уточнил собеседник Sputnik.



Станция координатного детектора

© Photo : из личного архива Дмитрия Шелкового

Отдельное направление – физический анализ. Белорусские физики впервые исследовали корреляции Бозе-Эйнштейна в протон-протонных столкновениях при энергиях от 0,9 до 13 ТэВ. Проще говоря, это способ "измерить линейкой" область, в которой рождаются частицы, и понять природу сил, скрепляющих ядерную материю.

Самый известный научный результат Большого адронного коллайдера – открытие бозона Хиггса. Соавторами публикаций коллабораций ATLAS и CMS об этом открытии стал 21 сотрудник белорусских научных организаций.

Пятилетнее соглашение о сотрудничестве Беларуси с ЦЕРН, подписанное в 1994 году, истекло 27 июня 2024 года и не было продлено.

Что объединяет коллайдер с МРТ и облачными сервисами

Ни для кого ни секрет, что Большой адронный коллайдер часто называют "дорогой игрушкой для ученых". Шелковый с этим утверждением не согласен и привел убедительные аргументы.

"Дорогая игрушка" – упрек, который слышала любая большая наука. Ответу так: невозможно заранее сказать, что именно даст фундаментальное исследование, но исторически отдача всегда превышала вложения. Когда Фарадей возился с катушками и магнитами, никто не мог представить электростанцию", – сказал он.

При этом ученый отметил, что ЦЕРН – это место, где был рожден Интернет.



"Именно здесь в 1989 году был создан протокол HTTP, язык разметки HTML и первый веб-сервер для того, чтобы физики могли быстро обмениваться данными. А в 1993 году эти разработки были безвозмездно переданы всему миру, и началась эпоха общедоступного Интернета", – сказал он.

Кроме этого, по словам ученого, технологии, которые разработали на БАК в начале 90-х годов прошлого века, стали "предтечей" нынешних облачных сервисов.

"Из необходимости обрабатывать данные экспериментов на ускорителях выросли грид-технологии – распределенные вычисления, предшественники нынешних облачных сервисов, а сегодня данные коллайдера обрабатываются на сотнях вычислительных центров в десятках стран", – отметил он.

Коллайдер, МРТ и лучевая терапия

Рассказывая о том, как коллайдер помог современной медицине, Шелковый отметил, что ускорители заряженных частиц, созданные когда-то для физических экспериментов, сегодня работают в тысячах клиник по всему миру.

"Самое известное применение – лучевая терапия, где пучками частиц облучают опухоли", – сказал он.

По словам ученого, всем известный позитронно-эмиссионный томограф – это, по сути, детектор физики частиц, поставленный вокруг пациента.

"А разработка белорусских ученых – кристаллы вольфрамата свинца – нашла применение как в фундаментальных физических экспериментах, так и в медицинских томографах для диагностики онкозаболеваний", – сказал ученый.



Разработка белорусских ученых, кристаллы вольфрамата свинца, нашла применение и в медицинских томографах

© Sputnik / Алексей Куденко

/

[Перейти в фотобанк](#)

Кроме этого, кремниевые пиксельные детекторы, которые были изобретены для трекинга частиц на коллайдерах, сегодня используются в рентгеновской съемке с рекордно низкой дозой.

"Например, в маммографии системы на основе таких детекторов демонстрируют улучшенное качество изображения даже при вдвое меньшей дозе", – сказал он.

При этом он подчеркнул, что самая ценная "продукция" проектов, связанных с коллайдерами, это люди.

"Через ЦЕРН и другие ускорительные центры прошли тысячи студентов и аспирантов со всего мира, часть из которых потом ушли не в науку, а в промышленность и IT, унеся с собой навыки работы со сложнейшими системами", – резюмировал он.

- [Новости Беларуси](#)
- [Наука и технологии](#)
- [физика](#)