

... І відкриють будову світу

Найбільша машина в світі – Великий адронний колайдер – шедевр наукової та інженерної думки

Великий адронний колайдер (ВАК, чи англ. *Large Hadron Collider, LHC*) був побудований у Міжнародному центрі ядерних досліджень (ЦЕРН, з фр. *Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire, CERN*) для пошуку відповідей на ключові проблеми фізики частинок. Сьогодні до складу ЦЕРН, який діє в Женеві з 1954 року, входить 20 країн-учасниць.

Ласло ЄНКОВСЬКИЙ,
доктор фізико-математичних наук,
провідний науковий співробітник
Інституту теоретичної фізики
імені М. М. Боголюбова НАН
України,
іноземний член Академії наук
Угорської Республіки



Фото Миколи БЛОКОПИТОВА.

ВАК – найбільший і найпотужніший у світі прискорювач, що являє собою кільце надпровідних магнітів завдовжки 27 кілометрів, обладнане пристроями, які прискорюють частинки. Усередині колайдера в глибокому вакуумі (де тиск удесятеро менший, ніж на Місяці), два пучки частинок летять назустріч один одному зі швидкістю, близькою до швидкості світла. За досягнення проектної потужності протони у ВАК обертаються в кільці 11 245 разів на секунду (зі швидкістю, що становить 99,9999991% швидкості світла), призводячи до 600 000 000 зіткнень на секунду з енергією 14 тетраелектронвольт. На сьогодні досягнуто половини проектної енергії.

Частинки скеровуються найсильнішим магнітним полем, яке створюють електромагніти на надпровідниках. Для мінімізації втрат на електричний опір магніти охолоджуються рідким гелієм до температури космічного простору – мінус 271 °С. Точність колімації пучків можна порівняти із завданням розрахувати зіткнення двох голів, спрямованих назустріч одна одній на відстані 10 км! Така фантастична точність необхідна для виконання наукових завдань, визначених для прискорювача.

Протягом минулих десятиліть фізикам удалося дізнатися деталі побудови Всесвіту в термінах його елементарних складових і взаємодії між ними в рамках так званої Стандартної моделі частинок, у котрій, однак, залишилися прога-

лини, заповнення яких є одним із основних завдань ВАК.

Наприклад, донині невідомими є походження мас частинок і те, чому деякі з них безмасові. Найприйнятніше пояснення пов'язане з гіпотетичною частинкою Хіггса, передбаченою в 1964 році і необхідною для самоузгодженості Стандартної моделі.

Ще однією нерозв'язаною проблемою є «невидима» матерія. Річ у тому, що все, що ми бачимо у Всесвіті, – від комарика до галактик – складається зі звичайних частинок, котрі утворюють те, що ми називаємо «речовиною», однак ця речовина становить лише 4% Всесвіту. Решта – 96%(!) – невидима темна речовина і темна енергія, про наявність яких ми можемо здогадуватися лише завдяки їх (невидимій) гравітаційній взаємодії. Дослідження властивостей цієї невидимої речовини є одним із основних завдань сучасної фізики частинок і космології. Можливе пояснення пов'язане з існуванням суперсиметрії і, отже, супер-партнерів звичайних часток, пошуки яких здійснюють колаборації «ATLAS» і «CMS».

Ми живемо в світі, що складається з речовини, проте в природі існує також і антиречовина, відмінна від звичайної речовини своїм електричним зарядом. Під час народження Всесвіту Великий вибух мав би продукувати стільки само антиречовини, як і речовини. Дотикаючись, речовина й антиречовина анігілюють, виробляючи енергію.

Чому залишився такий надлишок речовини над антиречовиною, в чому причини такого дисбалансу, якою була речовина в перші миті після народження Всесвіту? Відповіді на ці запитання можуть дати дослідження на ВАК, які здійснює колаборація «LHCb». За результатами попередніх дослідів дійшли висновку про можливість порушення симетрії між частинками й античастинками, але цього порушення не досить для пояснення будови світу.

Рік-прогноз
Запорізька область 2012

Заплановано збільшити фінансування будівництва автомагістралі через Дніпро порівняно з торішнім показником майже в 4 рази – до 3 млрд. грн., щоб до кінця року ввести в експлуатацію її першу чергу з 4-рядним рухом. Це траса загальною протяжністю 9 км із двома мостами: 660-метровим вантовим і 340-метровим арочним. Новий мостовий перехід не лише розвантажуватиме старі автопереїзди з вочевидь недостатньою пропускною спроможністю, а й збільшить туристичну привабливість Запоріжжя, передовсім його острова Хортиця, який славиться легендарною минувшиною, чарівною природою, неповторними світанками...

Згідно із сучасним уявленням про будову речовини, все, що нас оточує, виникло зі щільного та гарячого «супу» з фундаментальних частинок, який існував протягом короткого проміжку часу (мікросекунди) після народження Всесвіту після Великого вибуху. Згодом цей «суп» охолонув, і тепер ми бачимо світ, що складається з атомів, котрі містять протони і нейтрони, які, в свою чергу, складаються з кварків, міцно з'єднаних між собою глюонами (від англ. *glue* – клей). В екстремальних умовах у ранньому Всесвіті, температура якого в 100 000 разів перевищувала температуру в центрі Сонця, кварки і глюони плавилися, утворюючи згаданий «суп». Завдяки високій енергії зіткнень протонів та іонів ядер на БАК колаборація «ALICE» сподівається відтворити умови, близькі до тих, що існували частки секунди після Великого вибуху, тобто – народити субстанцію, що зветься кварк-глюонною плазмою (за дещо спрощеною аналогією зі звичайною плазмою).

Хоча ми звикли жити в чотири-вимірному просторі (що має три просторові й одну часову координати), релятивістська теорія припускає (а деякі її варіанти вимагають) наявність додаткових вимірів, яких ми «не бачимо» в повсякденному житті, однак які в разі зіткнення частинок з енергією БАК могли б призвести до народження всепоглинальних мікроскопічних «чорних дір». Така (малоймовірна) можливість, на жаль, стала предметом багатьох спекуляцій і газетного галасу навколо експериментів на БАК.

На БАК встановлено шість величезних досконалих детекторних пристроїв, що створені й керуються шістьма міжнародними колабораціями. Найбільші з них – «ATLAS» і «CMS» – універсальні, адже призначені для широкого спектру подій із дуже великою кількістю частинок, що народжуються під час зіткнення. Колаборації «ALICE» і «LHCb» мають детектори середніх розмірів спеціального призначення. Ще меншими детекторами розпоряджаються колаборації «TOTEM» і «LHCf»: вони призначені для вивчення периферичних зіткнень протонів і

важких іонів. Детектори «ATLAS», «CMS», «ALICE» і «LHCb» встановлені у велетенських підземних залах, обладнаних уздовж кільця БАК. Детектор «TOTEM» розміщено поруч із детектором «CMS», а «LHCf» – по сусідству з «ATLAS».

БАК – шедевр наукової та інженерної думки, який успішно працює вже два роки. Протягом цього часу отримано багато важливих і точних результатів вимірювань, проте яскравих відкриттів, які анонсували засоби масової інформації (частинки Хіггса, суперсиметричні партнери звичайних частинок, указівки на додаткові просторові виміри в природі), або інших сюрпризів поки що не відбулося. Та це не применшує важливості й цінності дослідів на БАК. Проте, крім очікуваних результатів, безпрецедентна енергія зіткнень частинок на прискорювачі може призвести і до непередбачуваних ефектів.

Одержані дані після апробації відповідною колаборацією відразу стають надбанням світової громадськості та предметом відкритого обговорення фахівцями в пресі. Зважаючи на гостру міжнародну конкуренцію в науковому світі, експериментатори надзвичайно зацікавлені в кваліфікованій оцінці їхніх результатів теоретиками (і відповідними посиланнями на них – критерієм успіху). Для участі в цьому процесі досить мати доступ до Інтернету. З огляду на складність і високу вартість експериментів у колаборації беруть участь десятки країн і установ, більш як тисяча авторів (котрі навіть можуть і не знати один одного), внаслідок чого великі колаборації обростають непомірним бюрократичним апаратом. Участь у них, як правило, визначається (значним) грошовим внеском учасників, який іноді виплачується частиною виготовленого обладнання. Проте тут цінують молодих кваліфікованих спеціалістів, зокрема, програмістів, готових самовіддано трудитися на благо колаборації. Грамотні, кмітливі й невибагливі випускники ВНЗ України та інших країн СНД мають добру репутацію в ЦЕРН та інших лабораторіях світу. Можна радіти їхній активній участі в роботі на зарубіжних експериментальних пристроях, але водночас відтік молоді за кордон створює кадрові проблеми всередині країни.

Україна не є членом ЦЕРН; її, як і майже сотню інших країн, із лабораторією пов'язує «договір про наміри» (англ. *cooperation agreement*). Участь України в роботі центру обговорюється в кулуарах уже років з двадцять, тобто з часу набуття нашою державою незалежності. Окрім організаційного питання, її входження до складу ЦЕРН зумовлене пайовою участю у фінансуванні його структури. Завдяки міжнародному статусу центру заробітна плата вчених, котрі бе-

руть участь у його роботі, значно вища, аніж середні зарплати в інших дослідних установах Західної Європи, не кажучи вже про СНД, тому фахівці, скажімо, з Росії («спостерігача» цієї організації) вважають за краще їздити до ЦЕРН, хоча з допомогою сучасних засобів зв'язку вони могли б не менш ефективно працювати над певною проблемою (наприклад, обробкою експериментальних даних) у власних країнах, щоправда, маючи «домашню» зарплату.

В умовах обмежених фінансових можливостей українські вчені можуть бути конкурентоспроможними насамперед завдяки новим фізичним ідеям і теоретичним побудовам, розрахункам. Наприклад, згадану суперсиметрію елементарних частинок відкрили українські вчені Георгій Ставрак (Київ) і нині покійний академік НАНУ Дмитро Волков (Харків), якого не раз запрошували до ЦЕРН читати лекції. Особливо цінними є праці, зокрема теоретичні, виконані в ІТФ імені М. М. Боголюбова НАНУ, які використовують і цитують колаборації «ALICE» і «TOTEM».

Для ефективнішої участі українських фізиків у міжнародних проектах, зокрема, на БАК, необхідні об'єднання й координація зусиль учених усередині країни. Цьому мають сприяти регулярні зустрічі, спільні семінари, конференції, в тому числі й для відкритого обговорення можливостей і доцільності їхньої участі в міжнародних колабораціях, організаціях та державному (бюджетному) фінансуванні останніх. Прозорість, відкритість і експертні оцінки результатів у цій галузі є обов'язковою умовою творчої роботи і прогресу.

Рік-прогноз Хмельницька область 2012

Відновиться робота малої ГЕС у смт Понінка Полонського району на Хмельниччині, розпочнеться будівництво аналогічних гідроелектростанцій у селах Губин, Самчики, Старий Остропіль Старокостянтинівського району. Інтенсивно освоюватимуть родовища торфу в Ізяславському районі.

Завершиться будівництво кількох дошкільних закладів на 185 місць; розпочнеться спорудження нової обласної дитячої лікарні; загалом на 60 збільшать кількість ліжко-місць; введуть експлуатацію 250 тисяч квадратних метрів житла; буде створено не менш як 22 тисячі нових робочих місць, працевлаштовано понад 33 тисячі безробітних. Зайнятість зросте до 593 тисяч осіб.

Темі

13 грудня 2011 року в ЦЕРН відбувся семінар, де колаборації «ATLAS» та «CMS» заявили про відкриття частинки з масою ≈ 126 GeV (Гігаелектронвольт), «схожої на бозон Хіггса» (для порівняння, маса протона трохи менша за 1 GeV). Однак статистична вірогідність цього результату обмежена, тому він вимагає подальших вимірювань і перевірок.