



# ВЕЛИКИЙ АДРОННИЙ

Валерій Старощук



ЧУДЕСА ТЕХНІКИ

**В**орона ніколи не вивчала фізику, але чудово застосовує її на практиці. Щоб розколоти міцний горішок, розумна пташка піднімається на висоту п'ятого поверху і кидає його на камінь або асфальт. Падаючи, горіх набуває швидкості і розбивається внаслідок сильного удару. Вороні залишається лише зібрати смачну середину, яка ховалася під міцною шкаралупою.

Атоми, з яких складається горіх, у такий спосіб не розбити – необхідно набагато більше енергії. Тому фізики придумали спеціальні прискорювачі, в яких частинки речовини спочатку розганяють майже до швидкості світла і лише потім зіштовхують їх. Унаслідок таких зіткнень можна отримати частинки, з яких складаються усі тіла у Всесвіті, у тому числі горіх, ворона, журнал „КОЛОСОК” і ми з вами. Але навіть ворона-експериментатор знає, що уламки горіха, які розлітаються, небезпечні, адже вони можуть поранити. Уламки атомів небезпечніші у мільйони разів! Розлітаючись із величез-







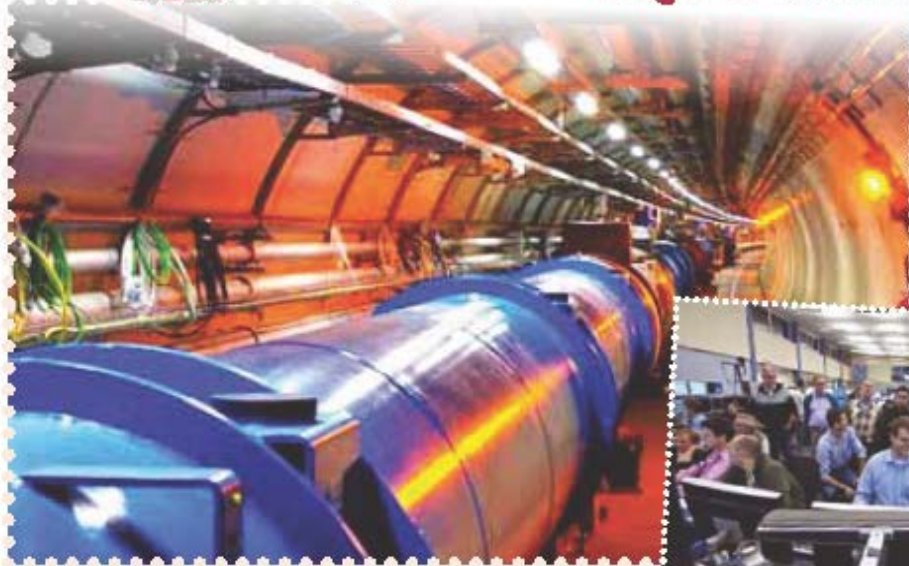
# КОЛАЙДЕР

ною швидкістю, вони можуть нашкодити здоров'ю людини і навіть убити її. Тому вчені будують прискорювачі глибоко під землею. Найпотужніший прискорювач у світі розташований на межі Швейцарії та Франції у скелях на глибині 100 м. Це – Великий адронний колайдер, скорочено БАК (LHC).

Щоб зрозуміти, навіщо його зробили великим, розглянемо сучасну модель атома. Нагадаємо, що атом – дуже маленький. На фото ви бачите зламану волосину людини товщиною 0,08 мм під мікроскопом. Таку товщину можна отримати, якщо поставити у ряд приблизно 250 тисяч атомів. А всередині атома знаходиться ядро, менше за атом приблизно у 10 тисяч разів. Якщо ядро збільшити до розмірів горіха, то в такий „атом” поміститься футбольне поле! Найдивовижніше те, що майже вся маса атома зосереджена у позитивно зарядженому ядрі, а навколо обертаються легкі, негативно заряджені частинки – електрони.

Розглянемо ядро ближче. У всіх атомів воно складається з позитивно заряджених протонів і незаряджених нейтронів (окрім атома Гідрогену, ядро якого складається лише з одного протона). Змінюючи кількість протонів і нейтронів, ми можемо отримати всі хімічні елементи таблиці Менделєєва. Треба лише пам'ятати, що кількість протонів визначає хімічні властивості атома. Наприклад, як тільки в ядра атома ртуті забрати один протон, то це вже буде ядро атома золота. Але забрати або додати протон виявилось справою складною, тому вартість такого золота буде у десятки разів більшою, ніж видобутого з золотої руди.





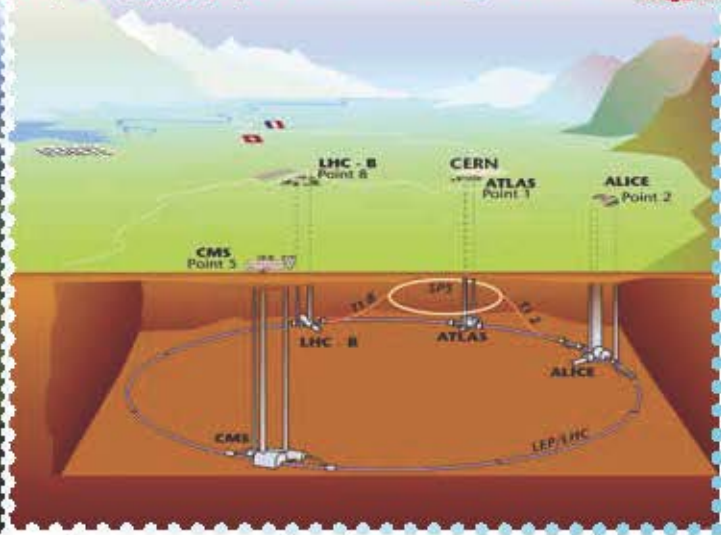
Щоб з'ясувати, з чого складаються протони і нейтрони, учені зіштовхують частинки на великій швидкості, і за допомогою спеціальних датчиків вловлюють їхні уламки. Ці експерименти дуже дорогі й у звичайній лабораторії їх не проведеш. Тому 1953 року 12 європейських країн підписали угоду про створення Європейської організації ядерних досліджень ЦЕРН (CERN). Абревіатура CERN утворена від французького Conseil Européen pour la Recherche Nucléaire (Європейська рада з ядерних досліджень). Зараз до організації входить 20 країн. Крім того, деякі країни і міжнародні організації мають статус спостерігачів. У ЦЕРНі постійно працює приблизно 2 500 людей, ще майже 8 000 фізиків та інженерів із 580 університетів та інститутів з 85 країн беруть участь у міжнародних експериментах ЦЕРНу і працюють там тимчасово, у тому числі вчені з України.

ЦЕРН знаходиться поблизу Женеви. Територія ЦЕРНу складається з двох основних і декількох менших за розмірами майданчиків. Великий комплекс споруд включає робочі кабінети, лабораторії, виробничі приміщення, склади, зали для конференцій, житлові приміщення, їдальні. Прискорювальний комплекс розташований і на поверхні (старі прискорювачі Linac, PS), і під землею – на глибині до 100 м (сучасніші, SPS, LHC).

Частинки розганяють у декілька етапів. Спочатку протони або важкі іони (наприклад, атома свинцю) розганяють у лінійних прискорювачах Linac2, Linac3. Потім у прискорювачі PS Booster їхня швидкість збільшується, і вони потрапляють у протонний суперсинхротрон (на схемі – SPS, Super Proton Synchrotron). Уперше його запустили 1971 року. У кільці діаметром 2 км частинки розганяються майже до швидкості світла, потім розділяються на два







потоки і рухаються назустріч у великому кільці адронного колайдера завдовжки **26,7 км** (на схемі – LHC, Large Hadron Collider).

Кільце колайдера розділене на вісім рівних секторів, у кожному з яких установлені магніти, які керують рухом пучка протонів. Під дією магнітного поля елементарні частинки не вилітають по дотичній за межі кільця, а рухаються усередині. Усього вздовж тунелю встановлені **1 624 магніти**. Їхня загальна довжина – понад **22 км**, довжина кожного магніту – приблизно 15 метрів. Маса одного магніту понад 27 тонн. На фото ви бачите один із таких магнітів.

Щоб досягти необхідної напруженості магнітного поля, магніти довелося виготовити з надпровідними обмотками. Їх охолоджують до температури **1,9 К (271,3 °С)**. Це нижча температура, ніж у відкритому космічному просторі (**2,7 К або -270,5 °С**). Щоб охолодити конструкцію масою 36 800 тонн і отримати космічний холод у земних умовах, для ВАКу створили потужну кріогенну систему, яка містить понад **40 000** герметично зварених швів, використовує **10 000 тонн** рідкого азоту і **130 тонн** рідкого гелію. Тепер ви розумієте, чому колайдер назвали Великим!

У чотирьох місцях пучки частинок із двох труб прискорювача перетинаються, і саме тут відбуваються зіткнення протонів, енергія яких у 7 разів перевищує попередній рекорд, досягнутий на прискорювачі Теватрон у США. У точці зіткнення температура у понад **100 тисяч** разів вища, ніж у центрі





Сонця. Але ж надпровідні магніти ВАКу охолоджені до  $-271,3\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Таким чином, ВАК – це одночасно і найгарячіша, і найхолодніша машина у світі.

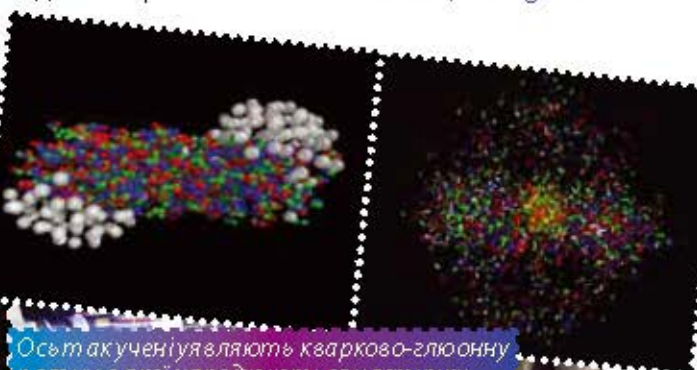
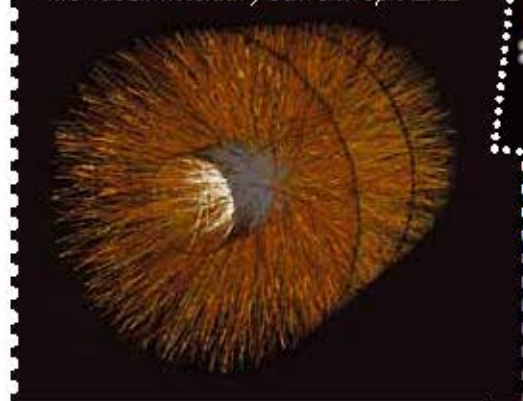
Зіткнення двох частинок „чоло в чоло“ – подія доволі рідкісна, бо частинки дуже маленькі. За перетину двох пучків, у кожному з яких 100 мільярдів частинок, зіштовхується лише 20 із них. Але оскільки пучки перетинаються приблизно 30 мільйонів разів на секунду, щосекунди може відбутися приблизно 600 мільйонів зіткнень. Учені завжди радіють зіткненням, які допомагають зрозуміти, з чого складаються частинки і зафіксувати народження нових частинок.

Після зіткнення протонів у всі боки летять „бризки-уламки“ – елементарні частинки. У середньому народжується 100 таких частинок у кожному зіткненні. Проект передбачає, що у тих самих трубах можна прискорювати не лише протони, але й ядра атомів свинцю. У цьому випадку після кожного зіткнення ядер народжуватиметься приблизно 15 000 нових частинок.

Але зіткнуті дві частинки „чоло в чоло“ – це лише половина справи. За сучасними уявленнями нейтрони і протони складаються з кварків, які взаємодіють за участі глюонів (англ. gluon від glue – клей). На жаль, сьогодні учені не мають приладу, який зареєстрував би, наприклад, кварк-глюонну плазму. Вона безслідно зникає впродовж короткого проміжку часу  $10^{-23}$  секунди.

Ось так (див. фото) учені уявляють кварково-глюонну плазму, з якої народжуються частинки. Про наслідки зіткнень свідчать сліди частинок, які народилися під час експерименту. Для реєстрації цих частинок сконструйовані спеціальні прилади – детектори. Їх є шість – ALICE (A Large Ion

*Ви бачите сліди частинок, отримані під час зіткнення у детекторі ALICE*



*Ось так учені уявляють кварково-глюонну плазму, з якої народжуються частинки*







Collider Experiment), ATLAS (A Toroidal LHC ApparatuS), CMS (Compact Muon Solenoid), LHCb (The Large Hadron Collider beauty experiment), TOTEM (TOTal Elastic and diffractive cross section Measurement) і LHCf (The Large Hadron Collider forward). На фото ви бачите сліди частинок, отримані під час зіткнення у детекторі ALICE.

Тож чим прислужиться науці такий величезний інструмент – ВАК? По-перше, він може створити умови, за яких народжується багато частинок. Це важливо, бо знаючи все про минуле, можна краще передбачити майбутнє. По-друге, якщо учені виявлять частинку бозон Хіггса, вони зможуть об'єднати всі існуючі теорії взаємодії в єдину картину світу. Якщо ж її не виявлять, то наші спроби пояснити світ за допомогою Стандартної моделі зазнають краху, й учені будуть вимушені створити нову теорію. По-третє, за допомогою експериментів на колайдері відкривають частинки з новими властивостями, про які раніше не здогадувалися. У ЦЕРНі вперше створили ІНТЕРНЕТ як засіб обміну даними між багатьма інститутами світу. Зараз налагоджується нова система GRID, у мільярди разів потужніша за швидкістю обміну і збереження інформації. А ще адронний колайдер – це чудова школа для молодих учених зі всього світу. Тут вони не лише обмінюються знаннями, але й перевіряють їх на практиці.

**І Я ТАМ БУВ, НА ПЛОЩІ  
ГАЛІЛЕЯ СТОЯВ,  
ЧОГО І ВАМ БАЖАЮ! :-)**

