

# MARELE ACCELERATOR DE HADRONI

*Dr. Konstantin GUDIMA,  
cercetător coordonator la IFA, A.Ș.M.*

## LARGE HADRON COLLIDER

CERN is building its new accelerator, the LHC. This presentation will aim to give an overview of the LHC purpose. A *brief summary of the main physics have to be studied in future experiments on LHC is presented.*

Miercuri, 10 septembrie 2008, milioane de oameni au urmărit, unii cu admirație, alții cu îngrijorare, testele preliminare de verificare a aparatului instalat la cel mai mare accelerator de hadroni (*Large Hadron Collider* – LHC), creat vreodată de om. LHC este un accelerator de particule construit, începând cu 2001, sub egida Consiliului European de Cercetări Nucleare (fr. Consil Européen pour la Recherche Nucleaire, CERN) la granița franco-elvețiană de lângă Geneva. Costurile lui de producție și întreținere sunt evaluate în jurul sumei de 6 miliarde euro. El va fi cel mai puternic accelerator de particule din lume, capabil să ciocnească protonii sau ionii de plumb unii de alții la o energie de 14 TeV (tera-electronvolți) și să dea acces la fenomene fizice ce se produc la energii de zece ori mai înalte decât cele ce fuseseră deschise explorării până acum. Fiecare ciocnire a protonilor sau a ionilor, în timp ce aceștia sunt accelerați în direcții opuse într-un tunel situat adânc (cca 100 m) în pământ, cu o circumferință de 27 de kilometri, va dezvălui informații noi despre proprietățile fundamentale ale materiei din care este alcătuit Universul.

Încă la începutul secolului XX, în fizică au apărut două teorii fundamentale – teoria generală a relativității a lui Albert Einstein, care pretinde să descrie Universul la nivelul macro, și teoria cuantică a câmpului, destinată pentru nivelul micro. Dar se iscase o problemă – aceste teorii s-au dovedit a fi incompatibile. În unele cazuri ele se contrazic. Pentru descrierea proceselor care au loc în găurile negre, de exemplu, e nevoie de ambele teorii. În ultimii ani ai vieții Einstein a depus eforturi considerabile pentru elaborarea unei teorii unite a câmpului, dar materialul empiric (experimental) necesar era insuficient. Abia în a doua treime a secolului XX fizicienii au reușit să creeze așa numitul Model Standard (MS),

care a unit trei din cele patru interacțiuni cunoscute – tare, slabă și electromagnetică.

Și tocmai la finele secolului XX fizicienii au început să elaboreze teoria care ar putea uni toate cele patru tipuri de interacțiuni, adică ar include în MS și interacțiunea gravitațională. Aceste încercări până în prezent nu s-au încununat cu succes din cauza dificultăților în procesul de creare a teoriei cuantice a gravitației. Pentru unirea interacțiunilor fundamentale într-o singură teorie sunt propuse diferite abordări: teoria stringurilor, ulterior dezvoltată în teoria branilor (M-teoria), teoria supergravitației și altele. Fiecare teorie are probleme interne, dar niciuna nu are verificare experimentală. Pentru experimentele respective sunt necesare energii care depășesc cu mult cele accesibile la acceleratoarele construite până în prezent.

Fizicienii cred că fragmente esențiale, care lipsesc din modelul actual al Universului, vor fi dezvăluite prin intermediul celor aproximativ un miliard de ciocniri de protoni pe secundă, care se vor produce la LHC. În urma coliziunilor pot fi create sute și mii de particule, printre care și unele necunoscute până în prezent, dar care sunt prezise de teorie. Cea mai enigmatică particulă prezisă de teoreticianul Peter Higgs, numită *bozonul Higgs*, poate fi produsă asociativ împreună cu o pereche top cuarc-top anticuarc. Top cuarcul descoperit la Tevatronul din Laboratorul Fermi de lângă Chicago este cea mai grea particulă elementară (de 180 ori mai grea decât protonul). *Bozonul Higgs*, numit și *particula Dumnezeiască*, pare să fie responsabil de valorile maselor celorlalte particule, printre care și protonii cu neutronii, care alcătuiesc nucleeele atomice, iar împreună cu electronii – și materia din Univers. Energia protonilor accelerați la LHC poate fi suficientă pentru crearea acestor particule masive și aceasta ar fi o temă principală pentru LHC – de a achiziționa în primii ani de funcționare date care să certifice existența particulei Higgs, creându-se astfel premise pentru studierea ei aprofundată.

Un alt obiectiv al cercetărilor preconizate la LHC este studierea antiparticulelor. Acestea se crează asociativ, adică în pereche cu partenerii lor obișnuiți, deosebindu-se de ei prin sarcina electrică sau barionică cu semn opus și au fost descoperite la acceleratoarele precedente. Energiile accesibile la LHC ar putea fi suficiente pentru crearea superparticulelor! Acestea sunt “ produse ” ale teoriei supersimetriei (SUSY) care, ca și Modelul Standard (MS), pretinde să unifice într-un singur model cele trei tipuri de interacțiuni: SUSY propune pentru fiecare particulă o superparticulă cu o masă mult mai mare.

Conform unor modele teoretice, aceste particule supersimetrice constituie așa numita *materie întunecată* (*Dark Matter*), sau mai bine ar fi să-i spunem materie ascunsă sau necunoscută, deoarece esența ei a fost adusă în realitate într-un mod indirect, adică nu prin măsurări experimentale, ci în urma unor calcule teoretice care au sugerat ca în Univers mai exista “ceva” ce noi nu putem sesiza cu aparatele obișnuite. Acest “ceva” nu emite niciun fel de radiații obișnuite (lumină, raze X, radiație gamma, etc.) care ar nimeri în detectoarele cunoscute. Se presupune că această materie stranie ar alcătui aproximativ 26% din materia existentă în univers. Încă cca 70 la sută din materia Universului ar putea fi asociată cu energia întunecată (*Dark Energy*), care ar fi responsabilă pentru expansiunea accelerată a Universului.

Experimentatorii de la LHC planifică să efectueze în anumite locuri, unde se întâlnesc fasciculele accelerate în direcții opuse, nu numai ciocniri de protoni, dar și de nuclee de plumb. La ciocnirile frontale a două nuclee cu energii ultrarelativiste pentru un timp foarte scurt ar putea să se creeze un ghem de materie cu o densitate care ar depăși de zeci de ori densitatea nucleară în nucleele obișnuite și cu o temperatură care ar imita condițiile presupuse într-o fracțiune de secundă după Marea Explozie (*Big Bang*), inițială la crearea Universului acum 12-15 miliarde de ani. În aceste condiții cuarcii constituenți ai protonilor și neutronilor cu gluonii, care țin cuarcii întemnițați în aceștea, obțin o libertate asimptotică, astfel încât se produce o tranziție de fază în starea cuarc-gluonica. Revenirea în starea obișnuită hadronică se produce în scurt timp după ce densitatea și temperatura descresc, dând “viață” unei varietăți largi de noi particule, printre care și necunoscute. Conform teoriei, imediat după Marea Explozie particulele create ar fi fost fără masă, ca și fotonii sau neutrinii, datorită unei simetrii speciale, iar mai apoi datorită unui câmp purtător al caruia ar fi bozonul Higgs “s-ar îmbrăca”, devenind masive. Studiarea acestor scenarii sunt necesare pentru elaborarea unei teorii mai perfecte a interacțiunilor

tari care ar fi utilă atât pentru fizica nucleară, cât și pentru astrofizică.

Datele experimentale, obținute la LHC, ar putea ajuta fizicienii să răspundă la întrebarea, dacă este sau nu lumea noastră multidimensională. Apropos, numai în acest caz teoretic este posibilă apariția în accelerator a unui fenomen gravitațional - a găurii negre foarte mici, dar nu mai puțin periculoase. De altfel, fizicienii care au analizat acest scenariu, au demonstrat că apariția unei găurii negre stabile este imposibilă. Chiar dacă gaura neagră se va produce, ea nu va putea absorbe materie, iar din cauza radiației Howking se va evapora în particule obișnuite înainte de a prezenta vreun pericol. În calitate de argument contra scenariilor catastrofale fizicienii aduc faptul că Pământul, Luna și alte planete sunt permanent bombardate de particulele razelor cosmice cu energii mult mai mari, atingând  $10^{20}$  eV, decât energia maximă a particulelor ciocnite în LHC - 7 TeV ( $10^{12}$  eV) (accelerate în sensuri opuse  $\Rightarrow$  14 TeV energia ciocnirii). Calculele demonstrează că pentru apariția găurilor negre sunt necesare energii de  $10^{16}$  ori mai mari.

În acest grandios experiment sunt antrenați sute de fizicieni importanți din diferite țări ale lumii. Indirect, el se face posibil și datorită activității cercetătorilor din Republica Moldova, care pe parcursul deceniilor au explorat domeniile fizicii moderne în strânsă colaborare cu colegii lor din IUCN (Dubna, Federația Rusa), LANL (Los Alamos, SUA), FNAL (Batavia, SUA) ș.a. În prezent ei participă la realizarea în IUCN, Dubna a unui alt proiect de accelerator de tip “collider” - NICA (Nuclotron-Based Ion Collider Facility) și a detectorului multifuncțional MPD (Multi Purpose Detector). Scopul acestui proiect este, de asemenea, cercetarea proprietăților fundamentale ale materiei nucleare formate la ciocnirile nucleelor atomice la energii relativiste. În domeniul de energii al complexului NICA (4-9 GeV/nucleon) este presupusă apariția unei stări mixte de materie cuarc-gluonică și hadronică.

