

De la particule elementare la gauri negre care inghit Pamantul

Lucian-Stefan Ancu *

Radboud University Nijmegen

8 septembrie 2008

Cuprins

1	In loc de introducere	1
2	Totul este elementar	2
2.1	De la corpuri la atomi	2
2.2	Mergand tot mai adanc in materie	3
2.3	Particulele elementare	4
2.4	Mediatorii de interactii	4
3	Cel mai cel dintre acceleratoare - LHC	5
3.1	De ce accelerare	5
3.2	LHC	6
3.3	Jucand zaruri cu natura	7
4	De la protoni la gauri negre	9
5	In loc de concluzii	10

1 In loc de introducere

Cu o pasiune aproape de invidiat, omul intotdeauna a fost fascinat de scenarii apocaliptice. Sfarsitul propriu, sfarsitul Pamantului sau al Universului sunt unele dintre problemele care il framanta.

De ceva timp au aparut o serie de articole si chiar procese referitoare la un posibil sfarsit al lumii care ar putea fi cauzat de noul accelerator de la CERN (Centrul european de cercetari nucleare). Acest nou accelerator, pe nume LHC, este un accelerator de protoni si sperie o parte din umanitate cu posibilitatea, prezisa de unii cercetatori, ca ar putea cauza producerea unei gauri negre care

*E-mail: ancu.l@yahoo.com

ar "inghiti" Pamantul. Dar cum poate un proiect stiintific care a costat mai bine de 9 miliarde de dolari sa aduca sfarsitul Pamantului? Si mai ales care e legatura dintre protonii accelerati si gaurile negre?

Sa le luam pe rand incercat a refaca pas cu pas istoria acestui experiment, necesitatea lui si apoi continuuand cu discutarea posibilitatii producerii de gauri negre.

2 Totul este elementar

2.1 De la corpuri la atomi

Cand ne uitam in jurul nostru vedem anumite corpuri sau obiecte. Alte obiecte nu le putem distinge dar stim ca acestea exista, de pilda aerul. Toate aceste corpuri care ne inconjoara sunt formate asa cum am invatat inca din liceu din molecule , formate la randul lor din atomi.

Atomul crezut de vechii greci a fi cea mai mica unitate indivizibila de materie, care inasa mai pastreaza caracteristicile obiectului, s-a dovedit a aduce, de-a lungul timpului, o serie de surprize. In viziunea antica, daca ai fi taiat din ce in ce mai mica o bucata de lemn (spere exemplu) la un moment dat ai fi obtinut atomul de lemn, care ar fi pastrat toate proprietatile lemnului din care a fost produs: culoare, densitate, duritate, etc.

Cu ajutorul experimentelor alchimiste si apoi din chimie s-a pus in evidenta faptul ca toate obiectele din jurul nostru sunt de fapt combinatii ale unor substante chimice pure (sau elemente chimice). Aceste elemente chimice , asezate de Mendeleev in celebrul sau tabel, au fost un pas mare catre ideea de elementar cu echivalentul subinteles de pur.

Fiecare din aceste substante chimice sunt de fapt o colectie de obiecte identice, denumite atomi. Caracteristicile acestor atomi dicteaza comportamentul substantelor si atomul devine astfel ceea mai mica diviziune de materie care exprima si interactiile chimice ale substantei care ii apartine.

Odata cu experimentul lui Rutherford se pune in evidenta faptul ca materia este constituita de mici concentrari de sarcina electrica pozitiva. Cum electronul era deja cunoscut se ajunge la concluzia ca materia este formata din sarcini pozitive inconjurate de sarcini negative, respectiv nori electronici. In aceeasi ani de inceput de secol se pun in evidenta si protonul si neutronul (constituenti ai nucleului, sarcina pozitiva de mai sus) si se ajunge la ideea de atom acceptata si in ziua de astazi(vezi Fig. 1). In aceasta imagine atomul este format dintr-un nucleu si un nor electronic. Norul electronic este format din electroni (particule cu sarcina electrica negativa) aranjati in orbitali. Nucleul este formati din neutroni (particule neutre din punct de vedere electric) si protoni (particule cu sarcina electrica pozitiva). Intr-un atom neutru numarul de protoni este egal cu numarul de electroni. Acest numar numit Z identifica fiecare element chimic. Astfel pentu Hidrogen $Z=1$, pentru Oxigen $Z=8$, pentru Carbon $Z=6$, samd.

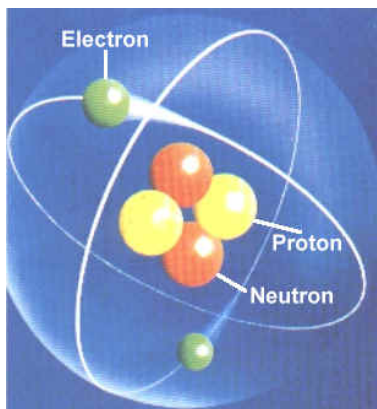


Figura 1: Imaginea unui atom de Heliu

2.2 Mergand tot mai adanc in materie

In aceeași perioadă se pune în evidență comportamentul cuantic al acestor particule. Toate particulele de mai sus și cele care urmează sunt particule cuantice și se supun legilor mecanicii cuantice.

Pozitronul este și el pus în evidență în experimentele care studiau razele cosmice (mai mult de acestea mai târziu). Antiparticulele pot fi privite ca și imagini în oglinda ale particulelor. Astfel diferența dintre un electron și un pozitron este sarcina electrică a acestora (pozitronul are o sarcină electrică pozitivă). Particulele și antiparticulele dacă interacționează una cu cealaltă pot anihila, rezultatul fiind apariția unei cuante de energie egală cu dublul masei de repaus ale acestora ¹.

Prin studiul dezintegrărilor nucleare se pune în evidență dezintegrarea neutronului²:

$$n \rightarrow p^+ + e^- + \bar{\nu}_e \quad (1)$$

În acest proces apare o nouă particulă, neutrinul (mai exact antiparticula sa), și care s-a crezut pentru multă vreme că nu are masă. În momentul de față masa neutrinului este considerată a fi extrem de mică dar diferită de zero.

Ulterior de la experimentele de dezintegrare se trece la experimente de tip ciocniri. Aceasta trecere are la bază faptul că lungimea de undă asociată unei particule cu un anumit impuls scade o dată cu creșterea vitezei acesteia, și deci ținta spre care este îndreptată aceasta poate fi exploarată cu o rezoluție din ce în ce mai mare. ³ În aceste ciocniri două particule A și B (în unele experimente

¹Aici pentru prima dată avem de a face cu celebra ecuație de echivalență a masei și energiei $E = mc^2$.

²Procesul se citește: un neutron se dezintegrează într-un proton, un electron și un electron anti-neutrino

³Cei cărora această frază li se pare prea complicată trebuie să rețină doar că o dată cu creșterea vitezei unei particule cu atât rezoluția la care aceasta poate explora materia este mai mare.

identice, in alte una antiparticula celeilalte sau chiar particule diferite) sunt puse in ciocnire si apoi cu ajutorul unor instrumente electronice numite detectori produsii formati in aceste ciocniri sunt analizati. Produsii de reactie observati pot da informatii pretioase despre ciocnirea intre particulele initiale.

2.3 Particulele elementare

Folosind aceasta tehnica ciocnirii de particule s-a pus in evidenta faptul ca protonul si neutronul nu sunt particule elementare si ca ele contin alte particule. Acestea din urma, denumite quarci, sunt niste particule speciale fiecare dintre ele purtand un numar cuantic numit culare si in plus sarcina electrica a lor este fractionara. Culoarea quarcilor poate fi de trei tipuri: rosu, verde si albastru (antiquaricii au anticulori). Cu toate acestea quarcii nu pot exista in stare libera decat in combinatii care dau culoarea alba(rosu+verde+albastru sau culoare + anticuloare). Deci in natura nu pot fi observati decat combinatii de trei quarci de culori rosu, verde, albastru (particula rezultata numinduse hadron) sau combinatii de quarc - antiquarc (particule numite mezoni). Protonul si neutronul sunt amandoi formati din 3 quarci. Protonul contine 2 quarci up (u) si un quarc down (d) iar netronul contine 2 quarci down si un quarc up. Revenind la dezintegrarea descrisa in 1 aceasta este de fapt dezintegrarea unui quarc down intr-un quarc up.

$$d^{-\frac{1}{3}} \rightarrow u^{+\frac{2}{3}} + e^{-} + \bar{\nu}_e \quad (2)$$

Aceste 4 particule (d,u,e, ν_e) sunt considerate in momentul de fata particule elementare, in sensul in care in masura experimentelor de pana acum nu a fost pusa in evidenta o substructura a acestora. La energi normale aceste particule sunt cele mai des intalnite si ele formeaza toate obiectele din jurul nostru. In cazul in care energiile disponibile in reactii este din ce in ce mai mare sunt produse surori mai mari ale acestor patru particule: quarcii charm (c), strange (s), bottom(b) si top(t), muonul (μ) si taonul τ si neutrinii corespunzatori. Acestea sunt aranjate in familii dupa cum se poate vedea mai jos:

$$\begin{array}{c} \text{Familia} \\ \hline \begin{array}{ccc} 1 & 2 & 3 \\ \left(\begin{array}{c} u \\ d \\ e \\ \nu_e \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} c \\ s \\ \mu \\ \nu_\mu \end{array} \right) & \left(\begin{array}{c} t \\ b \\ \tau \\ \nu_\tau \end{array} \right) \end{array} \quad (3) \end{array}$$

Familiiile 2 si 3 sunt de fapt copii identice a familiei 1 doar masa particulelor creste de la familia 1 la 3.

2.4 Mediatorii de interactii

Avand acum o colectie de particule elementare ne intrebam cum interactioneaza acestea!

Interactiunea dintre particule este explicata prin existenta unor campuri de interactie. Fiecarui camp de interactie ii corespunde o serie de particule (tot elementare), numite bozoni, care sunt schimbate de particulele de mai sus in timpul interactiei (cam cum doi oameni interactioneaza prin aruncarea unei mingi de la unul la altul. In acest exemplu mingea este bozonul). Interactiile dintre particulele elementare sunt descrise de 3 tipuri de bozoni, corespunzand celor trei tipuri de interactii: electromagnetica, nucleara slaba si nucleara tare. Prima si poate cea mai familiara interactie este interactia electromagnetica al carei mediator (bozon) este fotonul. Campul electromagnetic ne inconjoara sub forma de lumina. Mediatorii interactiei nucleare slabe sunt trei bozoni denumiti W^+ , W^- si Z^0 si acesta interactie este responsabila de dezintegrarea neutronului (mai exact a quarcului d intr-un quarc u). Interactiei nucleare tari ii corespund ca mediatorii 8 gluoni.

Toate interactiile dintre aceste particule elementare si mediatorii de interactii sunt explicate in cadrul unei teorii numite generic Modelul standard al fizicii particulelor elementare. Acest model este unul care stim ca are defecte, dar in ciuda acestui fapt este cea mai exacta teorie din fizica. Unul dintre aceste defecte este ca acest model nu prezice masa particulelor. Ori noi stim din experimente ca toate particulele au masa (altfel cum noi toti care suntem formati din particule am putea avea masa?).

Pentru a construi masa particulelor teoreticienii au dezvoltat mai multe teorii. Acestea au diverse nume, unele mai seci altele exotice. Ca exemplificare avem de a face cu mecanismul Higgs, mecanismul Stueckelberg, Supersimetrie, Extensia supersimetriei minimala a modelului standard, tehnicolor, dimensiuni ascunse, s.a.m.d. Toate aceste modificari au in comun introducerea de noi campuri de interactie, in interactia particulelor elementare cu aceste campuri da nastere masei particulelor⁴. Introducand un nou camp sunt introdusi si o serie de mediatorii sau particule de interactie. Pana acum o astfel de particula nu a fost pusa in evidenta experimental si se crede ca masa acestora este mare si ar putea fi obtinute experimental doar la energii de reactii mai inalte. In continuare vom face referire doar la mecanismul Higgs si bozonul Higgs corespunzator. (Argumentul general al acestei lucrari nu este schimbat in functie de teoria aleasa pentru constructia masei.)

3 Cel mai cel dintre acceleratoare - LHC

3.1 De ce accelerare

Pentru a ciocni particule si a produce energii de reactie inalte este nevoie sa le acceleram. Pentru a le accelera oamenii de stiinta se folosesc de proprietatile

⁴Ca sa ne imaginam mai usor cum o particula primeste masa prin interactia cu un camp ne putem gandi urmatorul experiment. In cazul in care ne aflam la mare sau intr-o piscina si incercam sa mergem prin ea, observam ca miscarea noastra este ingreunata. Pentru picioarele noastre e ca si cum noi avem o masa mai grea si ele trebuie sa lucreze mai tare. Aceasta marire de masa e data de interactiunea dintre corpul nostru (particula elementara) si apa (campul care da nastere acestei extra mase)

acestor particule. Pana acum singurele particule accelerate uzual sunt electroni, antielectroni, protoni si antiprotoni. Aceasta se datoreaza usurintei cu care aceste particule pot fi obtinute si faptului ca sunt particule cu sarcina electrica si prin urmare usor de accelerat in campuri electrostatice⁵.

Acceleratoare simple nu sunt o raritate, in jurul nostru existand fie in natura fie construite de om. Fulgerul este constituit de transferul de electroni intre doi nori aflati la o diferenta de camp electrostatic. Astfel se poate spune ca fulgerul constituie un accelerator spontan de electroni. Alt accelerator de electroni este tubul catodic (CRT) atat de des intalnit pana acum cativa ani. Acesta are la baza un fascicul de electroni accelerat de catre un camp electrostatic care scanand suprafata ecranului si interactionand cu o substanta luminescenta depusa pe ecran produce imaginea pe care o putem vizualiza.

Avand in vedere constrangerile financiare si tehnologice cei mai practici acceleratori experimentali sunt in forma de cerc. Aceasta permite ca particulele sa fie accelerate la fiecare trecere printr-o anumita zona in care se gaseste instalat un sistem de accelerare al particulelor. Particulele sunt tinute in acest cerc cu ajutorul unor magneti, cunoscuta fiind proprietatea particulelor cu sarcina electrica de a calatorii pe cercuri in campuri magnetice.

3.2 LHC

Respectand aceste principii oamenii de stiinta tocmai au terminat construirea unui accelerator de dimensiuni si caracteristici fantastice la CERN. Acest accelerator aflat intr-un tunel la 100 m sub pamant are lungimea de 27 de km, este format din aproximativ 5000 de magneti supraconductori raciti pana la temperatura de $-271.25C$ si care va accelera protoni in ambele sensuri ale tunelului (strict vorbind LHC este de fapt o pereche de doi acceleratori concentrici). Numele acestui accelerator este LHC (Large Hadron Collider). Energia pana la care are loc accelerarea acestor protoni este de $7 TeV$ (Tera electroni volti) ^{6 7} Spre comparatie energia echivalenta a unui proton este $\sim 1GeV$ iar a unui electron este de $0.5MeV$. Cel mai puternic accelerator din ziua de astazi, Tevatron situat langa Chicago, accelereaza protoni la $1 TeV$.

Pentru a avea idee cat de greu este sa accelerezi protoni la aceasta energie si ce inseamna acest lucru ne putem imagina ca incercam sa reducem masa unei

⁵Un camp electrostatic este obtinut de pilda prin electrizare a doua obiecte. Liniarul frecat energetic de par formeaza apoi un camp electrostatic in jurul lui si din aceasta cauza parul se ridica cand liniarul e apropiat.

⁶1 eV este energia la care este accelerat un electron intr-un camp electrostatic de 1V pe o distanta de 1m

⁷Pentru a intelege multiplii unitatilor de masura este bine sa facem urmatoarele precizari:

- Notatia 10^x inseamna 1 urmat de "x" zerouri. Astfel 10^3 inseamna 1000
- Pentru simplificarea notatiilor se folosesc urmatorii multiplii: kilo(k)= 10^3 , Mega(M)= 10^6 , Giga(G)= 10^9 , Terra(T)= 10^{12}
- Notatia 10^{-x} inseamna $1/10^x$ iar submultiplii corespunzatori sunt: mili(m)= 10^{-3} , micro(μ)= 10^{-6} , pico(p)= 10^{-9} , nano(n)= 10^{-12}

masini de formula 1 la un proton ⁸ dar pastrand puterea motorului. In LHC fiecare proton este "incarcata" (accelerata) cu o energie echivalenta cu energia cinetica a unei masini de formula 1 la viteza maxima. Daca viteza maxima a masinilor de formula 1 la acea energie este in jur de 360km/h, viteza la care ajung protonii este aproape egala cu viteza luminii. Si cand spun aproape egala inseamna mai exact 99.9999991% din viteza luminii.

Dar ce se intampla cand acesti protoni se ciocnesc avand fiecare 7 TeV de energie disponibil. In principiu pot pune la dispozitie energie pentru crearea de noi particule de pana la maxim 14 TeV (mai mult decat au in comun nu pot da!). In realitate din cauza ca protonii nu sunt particule elementare (aduc aminte ca sunt formati din 3 quarci) energia maxima disponibila pentru crearea de noi particule este ceva mai mica. Totusi aceasta energie este suficient de mare pentru a produce particula sau particulele mediatoare ale campului care da nastere masei.

3.3 Jucand zaruri cu natura

Procesele care au loc la ciocnirea a doi protoni sunt probabilistice. Probabilitatea ca au anumita reactie sa aiba loc este constanta, insa procesele considerate interesante (crearea particulelor care dau masa) au o probabilitate de realizare foarte mica.

Daca ne gandim la un zar, probabilitatea de a obtine numarul 3 (un exemplu) la o aruncare este 1/6 (~16%). Daca sunteti tentati sa spuneti ca atunci cand aruncam zarul de 6 ori probabilitatea de a obtine exact o data numarul 3 este 1 (sau 100 = sigur = cu certitudine) v-ati insela. Folosind calculul probabilistic aceasta probabilitate este de 40%, totusi exista o probabilitate mai mult decat dubla sa observam o data numarul 3 din 6 aruncari decat din 1.

Ca o scurta recapitulare, daca dorim sa vedem numarul 3 de pe 1 zar exact o singura data, aruncand o singura data probabilitatea de a-l vedea este 16% iar aruncand de 6 ori aceasta creste la 40%.

Deci pentru a observa un eveniment in care suntem interesati trebuie sa repetam experimentul de un numar de ori pana cand suntem siguri ca avem cateva evenimente in care suntem interesati. Cu cat repetam mai mult experimentul cu atat suntem mai siguri ca exista un numar minim de evenimente in care suntem interesati. La LHC repetarea experimentului se face de fiecare data cand protonii se ciocnesc. In cazul LHC se produce o ciocnire de 40 de milioane de ori pe secunda in fiecare punct in care protonii sunt adusi in ciocnire.

In fizica nu avem insa cu un zar cu fete egale sau cu reactii care au aceeasi probabilitate. Daca ne uitam la figura 2 observam niste linii (denumite sectiuni eficiente) pentru o serie de procese. Valoarea acestor sectiuni eficiente sunt proportionale cu probabilitatea producerii respectivului proces. Daca vrem de exemplu sa aflam care e probabilitatea de producere a Higgs-ului in raport cu

⁸Reducerea reala este de fapt a masinii de formula 1 este la 10⁻⁹ grame (masa tuturor protonilor accelerati la un moment dat de LHC). Argumentul insa ramane valid si aleg pastrez in continuare metafora cu reducerea la dimensiunea unui singur proton pentru usurinta explicatiei.

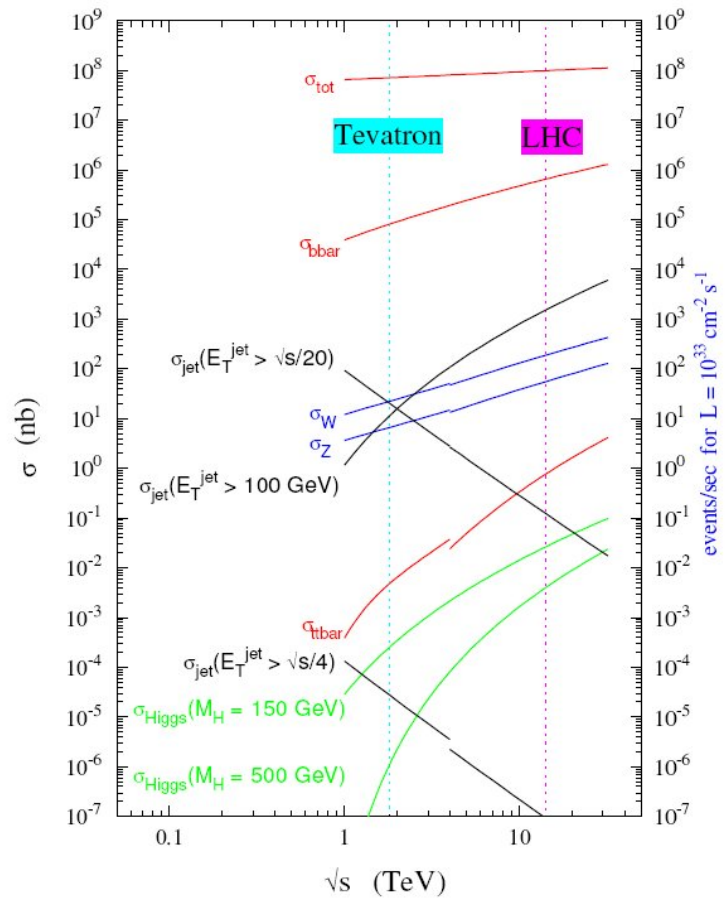


Figura 2: Sectiunile eficace de producere a anumitor reactii la Tevatron si LHC. Sectiunile eficace sunt proportionale cu probabilitatea de realizare a unei anumite reactii

toate celelalte procese ne uitam in figura si trebuie sa impartim sectiunea eficace pentru Higgs(σ_{Higgs}) cu sectiunea eficace totala(σ_{tot}). Aceasta operatie ne da 10^{-10} si deci acesta inseamna ca avem o situatie in care avem un zar cu 10^{10} fete si doar pe o fata avem inscriptionat procesul Higgs, toate celelalte fete avand inscriptionate alte procese. Va dati seama de cate ori trebuie aruncat acest zar pentru a observa o asemenea particula ?

Si dificultatea nu se opresete aici! Nu este suficient doar a arunca zarul (a ciocni protonii) mai este necesar si inregistrarea(stocarea) si catalogarea(analiza) acestor evenimente. Pentru analiza si stocarea datelor de la experimentele LHC s-a pus la punct o retea de calculatoare special dedicata acestui scop. Aceste ferme de calculatoare se afla la mai multe institutii si laboratoare din lume si isi impart automat rolurile de analiza si stocare.

4 De la protonii la gauri negre

Printre multele reactii care ar putea avea loc la LHC unii teoreticieni prezic si unele in care obiecte numite gauri negre cuantice ar putea fi produse.

O gaura neagra este un corp cu o densitate suficient de mare pentru ca viteza de scapare din campul gravitational produs de acesta sa fie mai mare decat viteza luminii. Aceasta inseamna ca orice obiect care ar cadea in aceasta gaura neagra ar fi pierdut pentru totdeauna. In teoriile clasice gaurile negre sunt formate prin colapsul stelelor cand acestea isi consuma tot combustibilul nuclear. In acest caz masa minima pe care trebuie sa aiba o stea pentru a putea forma o gaura neagra este de aproximativ 1.4 mase solare (1 masa solara este egala cu masa soarelui). O data ce o stea ajunge in stadiul de gaura neagra incepe sa inghite materia aflata in apropiere si astfel in creste masa. Pamantul pentru a fi o gaura neagra ar trebui contractat intr-o boaba de mazare.

Hawking a demonstrat teoretic ca gaurile negre pot de fapt emite radiatie (adica in unele cazuri particule pot scapa din gaura neagra, acesta fiind un proces complex care are la baza mecanica cuantica si teoria relativitatii). Deci prin urmare aceste gauri negre ar putea pierde masa ... chiar putand sa se evapore daca sunt suficient de mici.

Gaurile negre care sunt prezise a fi produse la LHC sunt gauri negre extrem de mici (de aici numele de cuantice) si marea majoritate a fizicienilor este de parere ca acestea se vor evapora inainte de a avea sanse de a "inghiti" alte particule. Alt grup este de alta parere. Acestia cred ca aceste gauri negre ar putea cadea in centrul pamantului si blocate acolo ar incepe sa "manance" pamantul. Aceasta este o viziune simplista, in realitate aceste gauri negre ar trebui sa oscileze in jurul centrului pamantului pentru o anumita perioada. Alta probleme pe care acest ultim grup nu a reusit sa o adreseze este cum nu s-au observat pana acum astfel de mici gauri negre "mancand" alte planete sau stele mai mici.

De foarte mult timp au fost puse in evidenta particule venite din spatiu care lovesc atmosfera pamantului si care dau nastere asa numitelor raze cosmice. Aceste particule au energii imense (pana la 10^8 TeV) de 100 de milioane mai

mult decat cele intalnite la LHC. Din anumite date s-a concluzionat , ca cel mai probabil acest particule trebuie sa fie protoni. Aceste protoni ultra-energetici ar trebui sa dea nastere la astfel de mici gauri negre la ciocnirea cu particulele aflate in atmosfera. Cum pana acum un astfel de fenomen nu a fost observat producerea unor gauri negre cuantice stabile (care nu se evaporeaza instantaneu) este putin probabila ⁹.

5 In loc de concluzii

Un alt aspect care de multe ori nu este spus raspicat este faptul ca LHC va fi pornit la energii mult mai mici decat cele nominale. Astfel Miercuri 10 Septembrie cand se va incerca pornirea acceleratorului , energia la care vor fi accelerati protonii este de 450 GeV, mult mai mica decat energia nominala. In timp aceasta va fi marita pana la energia nominala de 7TeV, dar aceasta va dura probabil mai mult de jumatate de an. Prin urmare in prima zi LHC va avea o energie mult mai mica decat rivalul sau Tevatron, iar pana acum la Tevatron nu a fost observat nici un fenomen care sa provoace panica.

Probabilitatea ca LHC sa porneasca sfarsitul lumii este foarte mica. Daca universul cu energiile lui fantastice nu a reusit acest lucru, este greu de crezut ca omul va reusi acest lucru. Singura lume de care LHC are sansa sa o darama este aceea a paradigmei actuale referitoare la teoria particulelor elementare. Ne aflam intr-o criza, un moment in care pe masa se afla multe teorii care toate ar putea fi in principiu teoria corecta. Datoria de capatai a LHC este sa faca curatenie intre ele, sa faca curatenie pe birou, sa arunce toate teoriile gresite la cosul de gunoi si sa pastreze pe masa de lucru a fizicienilor doar acele teorii care se dovedesc a fi corecte.

LHC trebuie privit doar ca ceea ce este: unul dintre cele mai extraordinare experimente realizate vreodata de omenire. Un experiment in spatele caruia se afla mai bine de 10.000 de fizicieni si ingineri din toate tarile planetei si care au lucrat la acest proiect de mai bine de 20 de ani. Un proiect care a fortat tehnologia sa inainteze in multe domenii. Un proiect care aduce cu el internet mai rapid pentru utilizatorii de rand si sper cat mai multe raspunsuri la toate intrebarile pe care noi fizicienii urmeaza sa i le spunem.

Astfel ca Miercuri 10 Septembrie puteti fi martorii pornirii unei masini care va schimba fata lumii asa cum o stim. De aceea merita sa urmariti acest proiect si sa stati cu ochii pe el nu din frica unui iminent sfarsit al lumii ci din bucuria de a fi martori la un moment care va revolutiona stiinta de astazi.

⁹sectiunea eficace pentru producerea de gauri negre la LHC este estimata a fi intre 0.5 mb si 120 fb, predictia acestei sectiuni eficace variind puternic cu alegerea parametrilor pentru aceasta teorie.

©Toate drepturile pentru acest articol apartin autorului. Reproducerea totala sau partiala a acestui articol fara acordul autorului nu este permisa. Pentru a cere acordul reproducerii articolului sau a portiuni din articol adresati un e-mail la adresa ancu_l@yahoo.com