

astrofizica
pentru
cei grăbiți



*Pentru toți cei prea ocupați ca să citească
volum consistente, dar care vor totuși
să găsească o cale către cosmos*

PREFAȚĂ

În anii din urmă, nu trece mai mult de o săptămână fără ca presa să relateze despre o descoperire cosmică demnă de prima pagină. Se poate ca paznicii media să fi căpătat un interes pentru univers, dar probabil că această atenție sporită e urmarea creșterii apetitului publicului pentru știință. Există numeroase dovezi în acest sens, de la emisiuni televizate de succes, în care știința este sursă de inspirație și de informații, până la filmele științifico-fantastice cu actori celebri, produse și regizate tot de celebrități. În ultima vreme, filmele biografice care au în centru un important om de știință au devenit un gen de sine stătător. În toată lumea, se remarcă, de asemenea, și un interes sporit pentru festivalurile de știință, convențiile de science-fiction și documentarele științifice pentru televiziune.

Regizorul filmului cu cel mai mare succes de casă din toate timpurile și-a plasat povestea pe o planetă care se rotește în jurul unei stele îndepărtate. O actriță celebră joacă rolul unei astrobiologe. Mai toate ramurile științei sunt preamărite astăzi, dar domeniul astrofizicii este mai presus de toate. Cred că știu de ce. La un moment dat, fiecare om s-a uitat la cerul nopții și s-a întrebat: Ce înseamnă toate acestea? Cum funcționează? Și care e locul meu în univers?

Dacă sunteți prea ocupați ca să învățați despre cosmos din cursuri, manuale sau documentare, însă vă doriți o introducere scurtă și plină de sens în domeniu, vă ofer *Astrofizica pentru grăbiți*. În această cărticică o să găsiți baza tuturor ideilor și descoperirilor importante care stau la baza concepției noastre moderne despre univers. Dacă am reușit să fac asta, o să puteți purta discuții pe această temă și s-ar putea să vi se deschidă apetitul pentru mai mult.



Universul nu are nicio obligație să fie pe înțelesul tău
— NDT



1. CEA MAI FRUMOSĂ POVESTE A TUTUROR TIMPURILOR

*Lumea are mulți ani de când a fost pusă în mișcare.
Și de acolo a pornit totul.*
— Lucrețiu, 50 î.Hr.

La început, acum vreo 14 miliarde de ani, întregul spațiu, întreaga materie și toată energia universului cunoscut încăpeau într-un volum mai mic decât a bilioana parte din punctul care încheie această propoziție.

Mediul era foarte fierbinte, iar forțele primare ale naturii care împreună alcătuiesc universul erau unificate. Chiar dacă tot nu știm cum a luat ființă, acest cosmos de dimensiuni minuscule nu putea decât să se extindă. Rapid. Prin ceea ce numim azi Big Bang.

Teoria relativității generale, formulată de Einstein în 1916, ne permite să înțelegem gravitația și

faptul că prezența materiei și a energiei curbează țesătura spațiului și timpului dimprejur. Anii '20 au adus apariția mecanicii cuantice, care a oferit explicații moderne pentru toate lucrurile minuscule: molecule, atomi și particule subatomice. Dar aceste două moduri de înțelegere a naturii erau formal incompatibile reciproc, ceea ce a declanșat o adevărată cursă în care fizicienii au încercat să combine teoria microcosmosului cu cea a macrocosmosului într-o singură teorie coerentă a gravitației cuantice.

Chiar dacă nu am ajuns încă la linia de finis, știm exact care sunt principalele obstacole. Unul dintre ele se găsește în „perioada Planck“ a universului incipient. Este intervalul de timp dintre momentul $t = 0$ și momentul 10^{-43} secunde (o zecime de milionime de bilionime de bilionime de bilionime dintr-o secundă) după început și înainte ca universul să crească la un diametru de 10^{-35} metri (o sutime de miliardime de bilionime de bilionime dintr-un metru). Fizicianul german Max Planck, după numele căruia au fost botezate aceste cantități inimaginabil de mici, a venit cu ideea energiei cuantificate în 1900 și este considerat de toată lumea părintele mecanicii cuantice.

Ciocnirea dintre gravitație și mecanica cuantică nu pune probleme practice universului contemporan. Astrofizicienii aplică principiile și instrumentele relativității generale și mecanicii cuantice unor probleme din categorii cât se poate de diferite. Dar la început, în perioada Planck, marele era mic și bănuim că trebuie să fi existat un mariaj forțat între ele. Din păcate, jurămintele rostite în cursul acelei ceremonii continuă să ne scape, așa că nicio lege

(cunoscută) a fizicii nu descrie credibil comportamentul universului în acel moment.

Totuși, ne așteptăm ca la finalul perioadei Planck gravitația să se fi eliberat dintre celelalte forțe ale naturii, încă unificate, obținând o identitate independentă foarte frumos descrisă de teoriile noastre actuale. Ajuns la vârsta de 10^{-35} secunde universul a continuat să se extindă, diluând toate concentrările de energie, iar ce mai rămăsese din forțele unificate s-a despărțit în forțe „electroslabe” și „nucleare puternice”. Mai târziu, forța electroslabă s-a separat în forța electromagnetică și forța „nucleară slabă”, dând la iveală cele patru forțe distincte, pe care le-am cunoscut și îndrăgit: forța slabă care controlează dezintegrarea radioactivă, forța puternică, cea care leagă nucleele atomice, forța electromagnetică, cea care leagă moleculele, și gravitația, care asigură coeziunea materiei.

*

De la început a trecut o bilionime de secundă.

*

Între timp, interacțiunea dintre materie, sub forma unor particule subatomice, și energie, sub forma fotonilor (purători fără masă de energie ușoară, care sunt în aceeași măsură unde și particule) continua. Universul era suficient de fierbinte pentru ca acești fotoni să-și transforme spontan energia în perechi de particule materie-antimaterie,

care imediat după aceea se anihilau, returnând fotonilor energia. Da, antimateria este reală. Și noi am descoperit-o, nu scriitorii de science-fiction. Aceste transformări sunt prevăzute foarte bine de celebra ecuație a lui Einstein: $E = mc^2$, care este o rețetă biunivocă : arată cu câtă materie echivalează o anumită cantitate de energie, dar și cu câtă energie echivalează o anumită cantitate de materie. Mărimea c^2 este viteza luminii la pătrat — un număr uriaș care, atunci când e înmulțit cu masa, ne arată câtă energie avem de fapt în această ecuație.

Cu puțin înainte, în timpul și după separarea forțelor puternice de cele electrolabe, universul era o supă clocotindă de quarcuri, leptoni și gemenii acestora din antimaterie, cărora li se adăugau bosonii, particulele care permit interacțiunile tuturor. Se consideră că niciuna dintre aceste familii de particule nu este divizibilă în ceva mai mic sau mai simplu, deși fiecare dintre ele prezintă varietăți. Fotonul obișnuit este membru al familiei bosonilor. Leptonii cei mai cunoscuți pentru ne-fizicieni sunt electronii și, probabil, neutrinii. Iar cele mai familiare quarcuri sunt... ei bine, nu există quarcuri familiare. Fiecare dintre cele șase subspecii de quarcuri a primit un nume abstract care nu are un folos filologic, filosofic sau pedagogic, ci doar pe acela de a le deosebi între ele: sus (*up*) și jos (*down*), ciudat (*strange*) și farmec (*charm*), vârful (*top*) și bază (*bottom*).

Apropo, bosonii sunt numiți așa după omul de știință indian Satyendra Nath Bose. Cuvântul „lepton“ derivă din termenul grecesc *leptos*, care înseamnă „ușor“ sau „mic“. „Quark“ are însă o origine mai literară și mult mai imaginativă. Fizicianul Murray Gell-Mann, cel care a propus în

1964 existența quarcurilor în calitate de constituenți interni ai neutronilor și protonilor — și care, pe atunci, credea că familia quarcurilor are doar trei membri —, a luat acest nume dintr-o replică obscură din romanul lui James Joyce, *Finnegans Wake*: „Three quarks for Muster Mark!“ Cel puțin un lucru este remarcabil la quarcuri: toate numele lor sunt simple, lucru pe care chimiștii, biologii și mai ales geologii par incapabili să-l obțină atunci când își botează obiectele de studiu.

Quarcurile sunt niște bestii capricioase. Spre deosebire de protoni, care au sarcina +1, și de electroni, care au sarcina -1, quarcurile au sarcini fracționare, care se măsoară în treimi de unitate. Și n-o să găsiți niciodată un quark singur — e agățat întotdeauna de quarcurile din preajmă. De fapt, forța care ține două (sau mai multe) quarcuri la un loc devine cu atât mai puternică cu cât încerci să le separi, ca și cum ar fi legate cu un fel de elastic subnuclear. Dacă reușim să separăm suficient quarcurile, elasticul plesnește și energia înmagazinată cheamă în ajutor $E = mc^2$ pentru a crea un nou quarc la fiecare capăt, ducându-ne înapoi la punctul de pornire.

În perioada quarcurilor și leptonilor universul era suficient de dens pentru ca separarea medie între quarcurile nelegate să concureze separarea dintre quarcurile legate. În acele condiții, loialitatea quarcurilor învecinate nu putea fi stabilită foarte clar, așa că se deplasau liber, în ciuda faptului că erau o clasă de particule legate una de cealaltă. Descoperirea acestei stări a materiei, un fel de cazan cu quarcuri, a fost raportată pentru prima dată în 2002 de o echipă de fizicieni de la Brookhaven National Laboratories, Long Island, New York.

Există dovezi teoretice solide care sugerează că un episod de la începuturile universului, poate chiar din timpul separării acestor forțe, a înzestrat universul cu o remarcabilă asimetrie în care particulele de materie au devenit ceva mai numeroase decât cele de antimaterie: cu una la un miliard. Această mică diferență de populație ar fi observată cu greu în vârtejul creării, anihilării și recreării quarcurilor și antiquarcurilor, electronilor și antielectronilor (mai cunoscuți ca „pozitroni“), neutrinilor și antineutrinilor. Particula în plus a avut grămezi de ocazii pentru a găsi pe cineva cu care să se anihileze, la fel ca toate celelalte particule.

Dar nu pentru multă vreme. Pe măsură ce cosmosul continua să se extindă și să se răcească, atingând dimensiuni mai mari decât sistemul nostru solar, temperatura a scăzut rapid sub un bilion de grade Kelvin.

*

De la început a trecut o milionime de secundă.

*

Acest univers călduț nu mai era suficient de dens pentru a produce quarcuri, așa că fiecare particulă și-a luat un partener de dans, creând o familie nouă, permanentă, numită „hadroni“ (de la grecescul *hadros*, care înseamnă „mare“, „masiv“). Această tranziție de la quarcuri la hadroni a avut curând drept rezultat apariția protonilor

și a neutronilor, precum și a altor particule mai grele, mai puțin cunoscute, dar compuse din diferite combinații de quarcuri. În Elveția (înapoi pe Pământ), centrul european de cercetare nucleară (CERN) folosește un accelerador uriaș pentru a ciocni fascicule de hadroni, încercând să recreeze condițiile descrise mai sus. Acest aparat, cel mai mare din lume, se numește, bineînțeles, Marele Accelerador de Hadroni.

Ușoara asimetrie materie-antimaterie care a afectat supa de quarcuri și leptoni s-a transferat la hadroni, cu niște consecințe extraordinare.

Pe măsură ce universul continua să se răcească, energia disponibilă pentru crearea spontană a particulelor elementare scădea. În era hadronilor fotonii din mediu nu mai puteau invoca $E=mc^2$ pentru a crea perechi quarc-antiquarc. Mai mult, fotonii apăruți din restul anihilărilor pierdeau energie în universul care devenea tot mai mare, așa încât concentrația lor a scăzut sub pragul necesar pentru crearea perechilor hadron-antihadron. La fiecare miliard de anihilări — care lăsau în urmă un miliard de fotoni — supraviețuia un singur hadron. Până la urmă acești singuratici s-au ales cu toată distrația: au fost sursa supremă de materie pentru crearea galaxiilor, stelelor, planetelor și a petuniilor.

Fără acel dezechilibru de un miliard și unu la un miliard între materie și antimaterie, toată masa universului s-ar fi autoanihilat, lăsând în urmă un cosmos alcătuit din fotoni și *nimic altceva* — scenariul suprem din varianta „să fie lumină“.