

INTREBĂRI ESENTIALE DESPRE UNIVERS*

Basarab NICOLESCU

Acum 14 miliarde de ani se năstea universul nostru.

Cunoasterea științifică a cunoscut, în ultimele decenii, o dezvoltare spectaculoasă. Lista a „ceea ce știm” este desigur impresionantă. Dar, în prezenta conferință, care are ca subiect „Întrebări esențiale despre univers”, este potrivit să analizăm „ceea ce nu știm”. Voi formula deci câteva întrebări pe care le voi comenta.

1. Există oare o singură energie ca sursă a diversității lumii?

Cele patru interacțiuni fizice cunoscute sunt foarte diferite unele de altele. Dacă se ia în considerare, de pildă, intensitatea interacțiunii, cea mai puternică este, cum o arată și numele, interacțiunea tare (care se exercită între hadroni). Interacțiunea electromagnetică (acionând asupra particulelor încărcate electric) este de o sută de ori mai slabă decât interacțiunea tare. Interacțiunea slabă (care se exercită între leptoni și hadroni)

* Conferință la deschiderea Anului Internațional al Astronomiei, Biblioteca ASTRA, Sibiu, 6 februarie 2009.

este de o sută de mii de ori mai puțin intensă decât interacțiunea tare. Cât despre interacțiunea gravitațională (care acționează asupra tuturor particulelor), ea este extraordinar de puțin intensă: trebuie să împărțim de 39 de ori cu 10 intensitatea interacțiunii tari pentru a obține intensitatea sa.

Aceeași diversitate apare când se ia în considerare amploarea interacțiunii. Interacțiunea gravitațională și interacțiunea electromagnetică au o amploare infinită. Ele se exercită la scară macroscopică, ceea ce explică de ce au fost primele recunoscute ca interacțiuni fizice. În schimb, interacțiunea tare și cea slabă au o amploare foarte mică. Un centimetru trebuie împărțit de 13 sau de 14 ori cu 10 pentru a obține distanța de interacțiune tare. Amploarea interacțiunii slabe este și mai mică (mult mai mică) decât a interacțiunii tari.

În ciuda acestei mari diversități, fizicienii cred astăzi că toate interacțiunile pot fi *unificate* într-o singură și aceeași teorie.

Unificarea interacțiunilor tari, electromagnetice și slabe are loc la o energie fabuloasă (de 10^{15} ori mai mare decât energia corespunzând masei protonului). După relația lui Heisenberg, această energie corespunde unei distanțe infime (10^{-29} cm): dacă protonul ar fi la fel de mare ca Soarele, această scară de unificare ar fi cea a unui fir de praf.

Energia corespunzând unificării nu va fi niciodată atinsă în acceleratoarele noastre, dar ea a fost *deja* atinsă, la începutul big-bang-ului. De aceea, teoriile grand-unificate sunt foarte importante pentru înțelegerea a ceea ce se petrecea la începutul big-bang-ului. Universul era atunci probabil o sferă de foc în care domnea o temperatură infernală. O energie nediferențiată însufletea o masă informă de quarcuri, leptoni și mesageri, descriși de o singură interacțiune. Această sferă de foc conținea potențial întregul univers. Apoi, printr-o răcire continuă, au apărut treptat diferitele interacțiuni. La origine, când o simetrie perfectă stăpânea lumea, toate particulele agitându-se în sfera de foc clocotitor aveau o masă nulă. Astăzi, singurul mesager observabil, de masă nulă, este fotonul: într-un fel, nu mai există altceva decât lumina, ca urmă a acestei lumi originare perfect simetrice.

Particula și cosmosul sunt deci strâns legate. Bucla este astfel închisă: *înțelegând infinitul mic, înțelegem infinitul mare.*

Energia de unificare a interacțiunilor tari, slabe și electromagnetice este aproape de ceea ce se numește *masa lui Planck* (de 10^{19} ori masa protonului) reprezentând, cum remarcă Planck în 1900, scara naturală a unificării dintre fizica cuantică și teoria gravitațională. Este deci tentant

să se încerce unificarea *tuturor* interacțiunilor fizice cunoscute. Anumite încercări ale unei asemenea unificări există: e vorba despre teoriile *supergravitației*, dar ele sunt încă într-o stare foarte speculativă și întâmpină unele greutăți de formulare. Aceste teorii se sprijină pe ideea de *supersimetrie*, care unifică particulele de spin întreg cu cele de spin semi-întreg.

Este interesant de menționat că anumite teorii ale unificării fac apel la un spațiu al cărui număr de dimensiuni este *mai mare* decât al lumii în care trăim (sau credem că trăim). Nu este, evident, cu putință să vizualizăm o dimensiune suplimentară a spațiului, căci organele noastre de simț sunt construite corespunzător unei realități tridimensionale. Dimensiunile suplimentare ale spațiului au o realitate mai curând matematică. Teoriile unificate pot fi formulate într-un spațiu cu cel puțin *unsprezece dimensiuni* (o dimensiune de timp și zece de spațiu). Cele *sapte dimensiuni suplimentare ale spațiului* s-au desfășurat, probabil, în jurul lor însesi la 10^{-43} secunde după big-bang, într-o regiune de ordinul a 10^{-33} cm.

2. Este substanța universului eternă ?

O predicție experimentală spectaculoasă a anumitor teorii unificate susține că *protonul nu e stabil*: el trebuie să se dezintegreze în particule mai ușoare. Cum protonul este, câteodată alături de neutron, un constituent al nucleului atomic, înseamnă că – dacă aceste teorii unificate au temei – universul este amenințat de o moarte lentă prin dezintegrare.

Dezintegrarea nu poate fi prea rapidă: de exemplu, corpurile noastre nu sunt spontan radioactive. Experiența ne arată că protonul trebuie să trăiască cel puțin 10^{32} ani (o durată mult mai mare decât vârsta actuală a universului), ceea ce ne consolează oarecum: chiar dacă universul va sfârși prin a se dezintegra, noi nu vom fi aici pentru a observa fenomenul.

Ideea dezintegrării protonului a apărut chiar înaintea formulării teoriilor unificate. Andrei Saharov a fost primul care a observat că dezintegrarea poate oferi o explicație naturală a unuia dintre misterele cosmologiei: faptul că universul nostru este format din materie, în pofida simetriei materie – antimaterie care a predominat probabil la începutul universului. Teoriile unificate au furnizat o bază solidă pentru formularea riguroasă a acestei idei.

Dezintegrarea protonului fiind de o extremă încetineală, experimentele trebuie să folosească o foarte mare cantitate de substanță, care cuprinde un număr foarte mare de protoni. Dacă, de pildă, am ține sub observație, zi și noapte, nu mai mult de un gram de fier, ar trebui să așteptăm milioane de ani pentru a putea detecta un singur eveniment care să semnaleze dezintegrarea protonului. În schimb, dacă se observă câteva mii de tone de substanță, de pildă beton, apă sau fier (aurul ar fi prea scump), chiar pentru un experiment de o asemenea importanță există o oarecare șansă de a observa câteva zeci de evenimente pe an. Marile cantități de substanță sunt de obicei plasate în mine (de aur, de argint, de sare etc.), pentru a le proteja de influența razelor cosmice care ar putea simula în aparatele de măsură evenimente similare dezintegrării protonului. Aceste experimente au fost sau sunt efectuate aproape pretutindeni în lume. Rezultatele de până acum nu sunt concludente.

3. Se poate unifica Totul?

Fizica este o știință tânără: ea nu apare ca disciplină distinctă decât în jurul anului 1500, o dată cu Renasterea. Totuși, câteva secole mai târziu, la începutul celui de-al treilea mileniu, are pretenția să dobândească statutul unei *teorii a Totului*. Dincolo de ambiguitatea terminologică legată de cuvântul „Tot”, ambiția este clară: construirea unei teorii simple și *fără parametri liberi* care ar reprezenta, în asociere cu matematica, fundamentul conceptual al piramidei tuturor disciplinelor științifice. Provocarea esențială a acestei *teorii finale* o constituie unificarea teoriei relativității generale și a celei a mecanicii cuantice, un adevărat Sfânt Graal al fizicienilor. Toate scările universului fizic ar fi astfel legate unele de altele, de la infinitul mic la infinitul mare și toate interacțiunile fizice cunoscute – cea tare, cea electromagnetică, cea slabă și cea gravitațională – ar fi unificate, precum patru ramuri ale unui și aceluiași arbore.

Unificarea interacțiunilor fizice constituie, fără îndoială, aventura intelectuală majoră a științei moderne. Impactul ei asupra culturii noastre este astăzi greu de evaluat, dar se dovedește plauzibilă ideea că va influența în mod esențial viziunea asupra lumii veacului nostru.

Ceea ce atrage atenția în panorama logică a unificării, proces care a avut nevoie de trei secole pentru a se clarifica, este paralelismul aproape total între două căi de unificare: pe de o parte, interacțiunile electromagnetice, slabe și tari și, pe de altă parte, gravitația.

Unificarea dintre gravitația terestră și gravitația celestă este primul pas major făcut datorită geniului lui Newton. *Gravitația newtoniană* este prima teorie a unificării care ajunge să lege, calitativ și matematic, cerul și pământul.

Teoria relativității restrânse a lui Einstein, la rândul ei, împacă două fapte fizice fundamentale: 1) echivalența punctului de vedere al observației experimentale și al formulării legilor fizice ale tuturor sistemelor de referință în mișcare, cu o viteză constantă unul în raport cu celălalt; 2) viteza luminii în vid este constantă (este independentă de mișcarea sursei). Luarea în considerare a cazului celui mai general al sistemelor de referință în mișcare, cu o viteză variabilă unul în raport cu celălalt, devine abordabilă. Astfel se naște *teoria relativității generale* a lui Einstein, care îngăduie eliminarea separării dintre spațiu-timp și corpul în mișcare sub influența forței gravitaționale: masa și energia determină curbura și geometria spațiu-timpului, iar spațiu-timpul determină mișcările corpurilor materiale. Altfel spus, *materia și spațiu-timpul sunt interrelaționate*: ele nu pot exista independent. Relativitatea generală prevede existența undelor gravitaționale care nu au fost încă detectate.

Pasul următor al unificării, pe calea gravitației, este *gravitația cuantică*. Ea implică unificarea relativității generale și a mecanicii cuantice, două teorii situate în două domenii conceptuale radical diferite: fizica clasică și fizica cuantică. Două structuri contradictorii pot fi oare conciliate? Există numeroase încercări de unificare, dar nici una n-a avut încă succes. Obstacolul major îl reprezintă înțelegerea spațiului și a timpului, care joacă roluri extrem de diferite în felurile teorii propuse. Cadrul matematic este din ce în ce mai complex, din ce în ce mai rafinat și mai obscur pe plan experimental.

Un nou pas a fost făcut prin formularea teoriilor *supergravitației*.

Supergravitația rezultă din reunirea dintre gravitația cuantică și un nou concept al unificării – *supersimetria*. Inventie a anilor '70, supersimetria leagă două clase fundamentale diferite de particule: *fermionii*, particule de spin semi-întreg, și *bosonii*, particule de spin întreg.

Spinul este momentul angular intrinsec al particulei – de la englezescul *spin* = a învârti. După imaginea clasică, spinul descrie cum particula se învârte asupra ei însesi. Fiecărei particule cunoscute i se asociază o nouă particulă – superpartenerul său. Deocamdată, acești superparteneri nu au fost încă descoperiți. Poate se vor descoperi în curând la marele accelerator european de la Geneva Large Hadron Collider (LHC), care tocmai a intrat în funcționare.

Supergravitația este ultima verigă dintr-un lung drum de unificare a gravitației care are drept punct de plecare gravitația newtoniană. Dar ea este mai curând un proiect decât o realizare.

În ciuda obstacolelor, se speră unificarea celor două capete extreme ale celor două lanțuri paralele pe care le-am descris : supergravitația și teoria grand-unificată, două teorii întru câțva virtuale, dar a căror existență este dictată de coerența logică a unificării.

Deocamdată, singura teorie ce pare să aibă o șansă, într-un viitor nu prea îndepărtat, de a fi o teorie cu adevărat superunificată este *teoria supercorzilor*.

4. Totul este oare vibrație?

Cuvântul *supercorzi* arată că, în această teorie, particulele elementare nu sunt particule punctuale, ci corzi vibrante. Aceste corzi trăiesc într-o lume cu o dimensiune : au o lungime de ordinul lungimii lui Planck ($1,62 \times 10^{-33}$ cm), dar nu au grosime. De fapt, *toate particulele din natură apar ca moduri vibratorii ale uneia și aceleiași corzi*, ceea ce aduce o simplificare enormă a complexității lumii fizice și justifică speranța că *toti* parametrii teoriei (numere fără dimensiuni) vor fi fixați de teoria însăși, grație unei autoconsistente universale.

Când o coardă se deplasează în spațiu-timp, ea generează o suprafață bidimensională, care înregistrează întreaga *istorie* a particulei respective. Această lume bidimensională este radical diferită, pe plan matematic, de lumea unidimensională ce caracterizează deplasarea particulelor punctuale, prezente în celelalte teorii.

Consistența cu mecanica cuantică este dobândită prin creșterea numărului de dimensiuni ale spațiu-timpului nostru obișnuit.

Când se face suma, în teoria supercorzilor, pe toate istoriile posibile, adică pe toate suprafețele bidimensionale asociate unei particule, diferitele suprafețe apar ca fluctuații cuantice ale unei singure *suprafete-lume*. Suma pe toate istoriile implică o interacțiune între supercoardă și spațiu-timp. Tocmai aici se găsește posibilitatea conceptuală de a include în teorie și relativitatea generală.

Miezul problemei este *natura spațiu-timpului*. Fluctuațiile cuantice, extrem de puternice, fac ca, multumită relațiilor de incertitudine ale lui **Error! Bookmark not defined.** Heisenberg, spațiul să nu mai fie neted ca în relativitatea generală a lui Einstein. John Wheeler a inventat expresia *spumă cuantică*, pentru a descrie turbulenta fluctuațiilor cuantice.

Teoria supercorzilor nu tolerează nici un parametru arbitrar : toate numerele pure trebuie să fie deduse din teoria însăși. Singurul parametru acceptat este, firește, acela care trebuie să determine propriile noastre măsuri, un parametru de scară, și anume *tensiunea* supercorzii. Relația cu gravitația implică faptul că această tensiune este cea a lui Planck : 10^{39} tone. Scara de masă este fixată de masa lui Planck : de 10^{19} ori masa protonului, ceea ce corespunde deja cu masa unui obiect macrofizic, cum ar fi un grăunte de polen. Talia unei corzi este fixată de lungimea foarte mică, dar *finită*, lungimea lui Planck : 10^{-33} cm. Tocmai această talie finită îngăduie supercorzilor să fie insensibile la fluctuațiile cuantice. Dar *pentru a observa aceste supercorzi, la distanțe atât de mici, ar fi necesar un accelerator de talia universului*. Energia corespunzătoare nu este enormă – ea este de ordinul celei consumate de aparatele noastre casnice, dar problema constă în concentrarea acestei energii asupra unei talii atât de mici, infinit mai mici decât aceea a aparatelor casnice. Va ajunge omenirea vreodată la un asemenea stadiu de dezvoltare tehnologică?

Supercorzile modifică în mod radical concepția noastră asupra realității fizice. Supercoarda, entitate fundamentală a noii teorii, este un obiect *întins* în spațiu. Prin urmare, logic este imposibil să definim *unde* și *când* interacționează supercorzile.

Dimensiunile spațiale sunt de două feluri : mari, întinse, vizibile (asemenea celor trei dimensiuni a ceea ce considerăm ca fiind spațiul nostru) și mici, *înfășurate* asupra lor înseși, invizibile.

Mai pot exista, pe un plan strict teoretic, și dimensiuni suplimentare ale timpului. Această posibilitate ar însemna că s-ar putea *călători în trecut*. O asemenea posibilitate este atât de îndepărtată de experiența noastră umană a timpului încât fizicienii preferă să creadă că *toate* dimensiunile suplimentare sunt *dimensiuni spațiale*.

O idee interesantă este aceea a unei *dualități* generalizate care ajunge să lege între ele toate teoriile acceptabile. Aceste teorii apar astfel drept cazuri-limită ale uneia și aceleiași teorii care, ea singură, ar merita calificativul de „teorie a Totului”. Teoria are și un nume : *teoria M* (nume inventat de Edward Witten), litera M semnificând, după diferiți autori, *Magie, Mister, Mamă, Matrice* sau *Membrană*.

Marea descoperire a lui Witten este *a unsprezecea dimensiune* a spațiu-timpului : teoria M reclamă zece dimensiuni ale spațiului, și nu nouă, ca în teoriile supercorzilor. Noua dimensiune nu caracterizează vibrația unei corzi, ci însăși structura ei. Corzile nu mai sunt unidimensionale, ci bidimensionale – *membrane*.

Se creează impresia că regăsim *Flatland*-ul, lumea imaginată de Edwin Abbott. În 1884, abatele Edwin Abbott scrie un roman, *Flatland – A Romance of Many Dimensions*, care devine numaidecât un *bestseller* tocmai datorită admirației publicului pentru lumile multidimensionale. Abbott descrie în cartea lui aventurile unei ființe bidimensionale smulse din lumea ei de o ființă tridimensională. La întoarcerea în lumea sa, ființa bidimensională povesteste despre existența altor realități, cu riscul vieții sale (căci marele preot îi ucide pe toți acei martori incomozi).

Drumul unificării în fizică pare a fi fără sfârșit, dar el marchează o aventură intelectuală prolifică și de o semnificație esențială pentru înțelegerea naturii Naturii și a naturii cunoașterii.

5. Este oare ființa umană un fenomen periferic?Error! Bookmark not defined.

Principiul antropic („antropic” vine de la cuvântul grecesc *anthropos* care înseamnă „om”) a fost introdus de Robert H. Dicke în 1961. Utilitatea sa a fost demonstrată de lucrările multor cercetători.

Astăzi există diferite formulări ale principiului antropic. În pofida diversității lor, se poate recunoaște o idee comună care traversează toate aceste formulări : existența unei *corelatii* între apariția omului, a vieții inteligente în cosmos (și deci pe Pământ, singurul loc unde am putut identifica această viață inteligentă) și condițiile fizice care guvernează evoluția universului nostru. Această corelație pare a fi supusă unor puternice restricții : dacă se schimbă cât de puțin valoarea anumitor constante fizice, condițiile fizice, chimice și biologice care îngăduie apariția omului pe Pământ *nu mai sunt* întrunite.

De fapt, o vastă *autoconsistentă* pare să guverneze evoluția universului, autoconsistentă care privește deopotrivă interacțiunile fizice și fenomenele vieții. Galaxiile, stelele, planetele, ființa umană, atomul, lumea cuantică par unite printr-o singură și aceeași autoconsistentă.

Cum remarca Stephen Hawking, care a contribuit totuși la aprofundarea principiului antropic, acesta „nu este complet satisfăcător și nu ne putem împiedica să credem că există o explicație mai profundă. De asemenea, acest principiu n-ar putea da seamă de toate regiunile universului [...]. Poate că totalitatea galaxiei noastre să fi fost chiar astfel impusă, dar nu pare necesar să se întâmple la fel cu alte galaxii existente, fără a mai vorbi de câteva miliarde dintre ele, pe care le reperăm, răspândite aproape uniform prin universul observabil. Această omogenitate la scară mare a universului face foarte greu de adoptat un punct de vedere antropocentric sau de crezut că structura universului este determinată de ceva atât de periferic ca o structură moleculară complicată, prezentă pe o planetă unică, învârtindu-se pe orbita unei stele medii, în suburbiile exterioare ale unei galaxii-spirală destul de tipice”.

Chiar dacă ființa umană este, într-un anumit sens, un fenomen periferic, ea pare totuși să fie necesară pentru autoconsistența Totului. Ființa umană nu este centrul, ci, mai curând, o verigă a unei Realități care îl înglobează, un participant la structura dinamică, evolutivă a universului : centrul este pretutindeni.

6. Există oare o auto-coerentă cosmică ? Error! Bookmark not defined.

Cum funcționează universul ? Este oare un soi de mașinărie, desigur miraculoasă, dar la urma urmei o mașinărie, alcătuită din sisteme practic independente, legate mecanic între ele? Sau are mai curând o unitate subiacentă, asigurată de o inteligentă dinamică, în continuă evoluție, funcțională la fiecare scară a naturii? Există oare legi care străbat toate scările naturii (particulele, atomii, oamenii, planetele etc.), legi neschimbătoare, care au totuși efecte diferite în funcție de scara unde funcționează ? Cu alte cuvinte, există o interacțiune între scările diferite ale naturii, sau universul nu este decât o mașinărie tristă, fiecare scară fiind sortită distrugerii și morții, prin creșterea continuă a dezordinii, a entropiei?

Întrebări, evident dificile, pe care omul și le pune, sub o formă sau alta, dintotdeauna. Întrebări la care nu putem avea acum răspunsuri definitive, căci viziunea noastră asupra naturii este în neîntreruptă schimbare. Ceea ce este totuși nou în epoca noastră este considerabilul progres experimental și teoretic al științei contemporane, care a reușit să pătrundă riguros, matematic în chiar miezul materiei. Dacă întrebările formulate mai sus sunt, prin natura lor, metafizice, ele pot totuși să-și găsească o clarificare parțială, dar pătrunzătoare prin demersul rațional al științei.

Un exemplu elocvent al unei asemenea evoluții a științei moderne este nașterea unei noi discipline – *cosmologia cuantică*. Așa cum îi arată și numele, această nouă știință se întemeiază pe *ideea unității* între două scări ale naturii care erau considerate, cu abia câțiva ani în urmă, ca fiind total diferite – scara cuantică și scara cosmologică. Interacțiunile dintre particule ne pot lămuri asupra evoluției cosmosului, iar informațiile asupra dinamicii cosmologice pot clarifica anumite aspecte ale fizicii particulelor.

Ideea de unitate între scara cuantică și scara cosmologică nu este, la urma urmei, atât de ciudată pe cât pare la prima vedere. Potrivit teoriei big-bang-ului, universul trebuie să fi avut, la începuturile sale, o talie minusculă. În acel timp (10^{-42} secunde după apariție) procesele cuantice trebuie să fi fost importante și chiar precumpănitoare. Este normal ca universul să fi păstrat o amintire a ceea ce s-a petrecut la nașterea sa.

În cosmologia cuantică, probleme considerate tabu pentru știință, într-un trecut recent, pot fi abordate cu mijloace de investigație științifică. Se poate oare imagina o cauză a big-bang-ului ? Se poate vorbi științific despre o origine a universului ? De unde vine extraordinara energie consumată în momentul big-bang-ului ? Chiar o chestiune considerată de natură metafizică, precum aceea a genezei spațiului și timpului, poate fi astăzi atacată de către știință.

De exemplu, teorii recente argumentează că big-bang-ul rezultă din ciocnirea între două universuri cu 4 dimensiuni. Deci, universul ar fi existat înaintea big-bang-ului, acesta fiind doar un moment al unei istorii eterne.

Cosmologia cuantică sugerează ideea de *aparitie spontană* a universului, ca rezultat al legilor fizice. Universul nostru pare capabil să se *autocreeze* și, de asemenea, să se autoorganizeze, fără nici o intervenție din exterior. Imaginea cea mai potrivită pentru vizualizarea acestei dinamici autoconsistente a universului ar fi aceea a *uroborosului* – sarpele care își muscă coada –, vechi simbol gnostic și, de asemenea, simbol al desăvârșirii Marii Opere alchimice.

Ansamblul proceselor de autocreare și de autoorganizare a universului a fost botezat *bootstrap cosmic* de către fizicianul englez Paul **Error! Bookmark not defined.** Davies : „Universul se umple el însuși, exclusiv din interior, grație propriei naturi fizice, de toată energia necesară pentru a crea și însufleți materia, canalizându-și astfel propria origine explozivă. Acesta este *bootstrap*¹-ul cosmic. Datorăm existența noastră uimitoarei sale puteri”.

Dar până unde se poate merge cu autoorganizarea universului ? Are ființa umană un loc în ordinea cosmică ?

7. Ce este Realitatea și cum este ea structurată?

Lumea noastră pare invadată de complexitate. Peste tot unde ne uităm – spre infinitul mare, spre infinitul mic sau chiar spre propria noastră scară –, vedem manifestându-se, triumfând, complexitatea. Supus gândirii sale analitice, omul contemporan traversează ca un străin o lume din ce în ce mai inexplicabilă.

În ciuda marii diversități ce caracterizează abordările Realității, se pot recunoaște totuși câteva idei-fortă comune.

¹ Auto-coerentă sau auto-consistentă.

Astfel, universul se poate concepe ca un Tot mare, ca o vastă matrice cosmică în care totul este în perpetuă mișcare și structurare energetică. Dar această unitate nu este statică, ea implică diferențierea, diversitatea, apariția nivelurilor ierarhizate, apariția sistemelor relativ independente, a obiectelor în calitate de configurații locale de energie.

Diferitele *sisteme* sunt ansambluri de elemente între care se exercită o *interacțiune* ce nu se poate reduce niciodată la zero: absența interacțiunii ar însemna moartea, dispariția unui sistem, descompunerea sa în elementele constitutive. Însăși existența unui sistem înseamnă că el mai mult decât suma părților sale.

Tocmai *deschiderea* sistemului, prin interacțiunea cu celelalte sisteme, împiedică degenerarea, moartea sa, prin degradarea inevitabilă a energiei, prin dezordinea crescândă. Se pot constitui astfel *sisteme de sisteme* pentru a construi întreaga diversitate a lumii, într-un perpetuu și universal schimb energetic, într-o vastă și neîncetată *neseparabilitate*, adevărată salvare a vieții sistemelor.

Spre deosebire de reductionism, care explică diversitatea printr-o substanță comună diferitelor sisteme, gândirea sistemică vorbește de o *organizare* comună. Aceasta este de natură energetică, *energia* apărând ca un concept unificator al *substanței* (formă *legată* de energie), al spațiu-timpului (formă *geometrică* a energiei) și a *informației* (formă *codificată* a energiei). *Materie* înseamnă astăzi complexul energie – substanță – spațiu-timp – informație.

Sistemele naturale se formează din ele însele, se creează în timp. Sistemele naturale evită echilibrul echivalent cu degenerarea și moartea, alegând, prin deschiderea spre celelalte sisteme, stabilitatea într-o stare de *dezechilibru*. Fluctuațiile devin astfel izvorul *evoluției* și al *creației*. *Autoorganizarea* și *autocreativitatea* sistemelor naturale sunt semnele neîndoielnice ale unei libertăți, dar această libertate se exercită în limitele conformității sale, ale compatibilității sale cu necesitățile dinamice ale Totului.

Unitatea în diversitate și diversitatea prin unitate – acesta pare a fi mesajul realității naturale.

Dar ce este Realitatea?

Dăm cuvântului „realitate” înțelesul său concomitent pragmatic și ontologic.

Înțelegem prin *Realitate* mai întâi ceea ce *rezistă* la experiențele, reprezentările, descrierile, imaginile sau formalizările noastre matematice.

De asemenea, trebuie să-i dăm o dimensiune ontologică noțiunii de Realitate, în măsura în care Natura participă la ființarea lumii.

Bineînțeles, trebuie să facem deosebire între *Real* și *Realitate*. *Realul* înseamnă *ceea ce este*, în timp ce *Realitatea* este legată de *rezistența* în experiența noastră umană. Realul este, prin definiție, ascuns pentru totdeauna, în timp ce Realitatea este accesibilă cunoașterii noastre.

Trebuie să înțelegem prin *niveluri de Realitate* un ansamblu de sisteme aflate mereu sub acțiunea unui număr de legi generale : de pildă, entitățile cuantice supuse legilor cuantice, care sunt radical diferite de legile lumii macrofizice. Înseamnă că două niveluri de Realitate sunt *diferite* dacă, trecând de la unul la altul, există o ruptură a legilor și o ruptură a conceptelor fundamentale (cum ar fi, spre exemplu, cauzalitatea).

Apariția a cel puțin trei niveluri de Realitate diferite în studiul sistemelor naturale – nivelul macrofizic, nivelul microfizic și ciber-spațiu-timpul (la care se cuvine adăugat un al patrulea, pentru moment pur teoretic, acela al supercorzilor, considerat de fizicieni ca fiind scheletul ultim al universului) – este un eveniment capital în istoria cunoașterii. Acest fapt poate să ne determine să ne regândim viața individuală și socială, să întreprindem o nouă lectură a vechilor cunoștințe, să explorăm altfel cunoașterea de noi înșine, aici și acum.

Un flux de informație este transmis în mod coerent de la un nivel de Realitate la un alt nivel de Realitate al universului nostru fizic. Ca exemplu de asemenea schimb vertical, se poate presupune că semnificația profundă a relațiilor de incertitudine ale lui **Error! Bookmark not defined**. Heisenberg este legată de schimbul posibil de informație între lumea particulelor și celelalte sisteme, de scară diferită. Caracterul probabilist al evenimentelor cuantice ar putea să capete astfel o explicație interesantă.

Coerenta este *orientată* : există o săgeată asociată cu transmiterea informației de la un nivel la altul. Drept urmare, dacă este limitată numai la nivelurile de Realitate, coerenta se oprește la nivelul cel mai „înalt” și la nivelul cel mai „jos”. Pentru a continua dincolo de aceste două niveluri-limită, pentru a exista o unitate deschisă a coerentei, trebuie să considerăm că ansamblul nivelurilor de Realitate se prelungește cu o *zonă de nonrezistentă* la experiențele, reprezentările, descrierile, imaginile sau formalizările noastre matematice. În această zonă nu există nici un nivel de Realitate.

Nonrezistența zonei de transparentă absolută se datorează, pur și simplu, limitelor corpului nostru și ale organelor noastre de simț, indiferent de instrumentele de măsură care prelungesc aceste organe de simț. Zona de nonrezistentă corespunde *sacruului*, adică la *ceea ce nu se supune nici*

unei rationalizări. Se cuvine să ne reamintim deosebirea importantă făcută de Edgar Morin între *rational* și *rationalizare*. Sacrul este rational, dar nu este rationalizabil.

Problema *sacrului*, înțeleasă ca prezentă a ceva de domeniul *realului ireductibil* în lume, este inevitabilă pentru orice abordare ratională a cunoașterii. Se poate nega sau afirma prezenta sacrului în lume și în noi însine, dar suntem întotdeauna obligați să ne referim la sacru pentru a elabora un discurs coerent asupra Realității.

Am folosit până acum cuvântul „informație” în sensul lui științific. Dar existența unei zone de nonrezistentă permite introducerea unui nou concept – *informație spirituală*.

Numim „informație spirituală” informația circulând simultan în zona de nonrezistentă între nivelurile de Realitate ale Obiectului, între nivelurile de Realitate ale Subiectului și, de asemenea, între Obiect și Subiect. Un asemenea concept va permite un dialog fecund între știință și spiritualitate, atât de necesar astăzi.

8. Evoluție sau involuție?

Pe lângă sentimentul de uimire pe care îl încercăm contemplând coerenta neîndoielnică a universului fizic, nu ne putem împiedica să încercăm, în același timp, o adâncă senzație de neliniște. La ce folosește toată această coerentă? La ce folosesc toate aceste potriviri extrem de fine și de exacte între diferiții parametri fizici, pentru ca universul să fie cel care este? De pildă, ar fi fost de ajuns ca procentul de expansiune a universului să fi fost cu foarte puțin mai mic sau mai mare decât cel observat, pentru ca universul să se prăbusească, să se piardă de mult, într-o totală risipire. De asemenea, este necesar un înalt grad de coerentă pentru ca uniformitatea distribuției materiei, la scară mare, observată experimental, să fie păstrată în timp. Cooperarea între scara cuantică și scara cosmologică este în măsură să asigure asemenea potriviri foarte fine. Dar toate acestea pentru a ajunge la moartea sigură a universului fizic, fie prin răcirea progresivă (în cazul unui univers deschis, în continuă expansiune), fie prin încălzirea progresivă (în cazul unui univers închis, care va sfârși prin a se micșora continuu)?

Ultimele observatii experimentale par să favorizeze scenariul unui univers plat, în expansiune accelerată. Pentru a asigura această expansiune, nici substanța vizibilă (din care suntem făcuți), nici substanța numită „neagră” (care nu emite lumină și nu intră în interacțiune cu substanța vizibilă) nu este suficientă. Trebuie postulată și existența unei *energii negre* a cărei natură nu i-o cunoaște încă nimeni. Substanța din care suntem făcuți este extrem de minoritară: 0,4 % din cantitatea totală, comparat cu 26,6 % pentru suubstanța neagră și 73 % pentru energia neagră.

Atâtea mistere pentru a ajunge la un univers străin (fiind format dintr-o materie străină celei a noastre), în care vom fi din ce în ce mai singuri, din ce în ce mai îndepărtati de alte concentrări cosmice...

Acest sentiment de neliniște este foarte bine exprimat de Steven Weinberg, când scrie : „Este aproape imposibil pentru ființele umane să nu creadă că există o relație specială între ele și univers, că viața nu este numai rezultatul grotesc al unei succesiuni de accidente care urcă în trecut până la primele trei minute și că, într-un chip anume, noi am fi fost concepuți de la început [...] Este și mai greu să înțelegem că acest univers a evoluat de la condiții inițiale atât de puțin familiare încât abia ni le putem imagina și trebuie să sfârșească prin a se stinge într-un frig interminabil sau într-o căldură infernală. Cu cât universul ni se pare mai de înțeles, cu atât pare mai absurd”.

Absurd, universul ? Poate dacă se trece cu vederea rolul vieții și al ființei umane. Trebuie să recunoaștem clar că nu avem în prezent nici o idee, pe teme științific, asupra rolului cosmologic eventual al vieții. Dar este logic de conceput că viața poate juca un rol cosmologic.

A emite păreri bine definite asupra rolului cosmologic al vieții ar însemna, în prezent, a face mai curând ficțiune științifică decât știință. E vorba de o problemă prin definiție transdisciplinară, pe care s-ar cuveni s-o studiem treptat în viitor.

Pentru moment, s-ar putea aborda o problemă mai puțin ambicioasă : aceea a locului ființei umane ca sistem natural.

O coerență remarcabilă pare să guverneze scara cuantică și scara cosmologică. Scara intermediară, cea a ființei umane, scapă oare unității, tot mai sesizabile, a lumii ? Violenta, anarhia, lipsa de coerență să fie oare soarta ființei umane, în contrast cu autoorganizarea și autoconsistența care par să domnească în alte sisteme naturale ?

O deosebire impo**Error! Bookmark not defined.**rtantă între ființa umană și majoritatea celorlalte sisteme naturale constă în capacitatea sa de a alege. Un automobil nu alege între a merge sau a nu merge. Un măr nu alege să fie sau să nu fie mâncat. Universul întreg, chiar, nu alege între

numeroasele evolutii posibile. Singura exceptie, în starea actuală a cunostintelor noastre, se manifestă la scară cuantică, ce este caracterizată printr-o *spontaneitate* fundamentală, locas al unei anumite libertăți. Numai la scară cuantică un eveniment este *neasteptat*, ne-predeterminat ; în acest sens se poate vorbi despre o anumită libertate.

Dar între libertatea cuantică si libertatea fiintei umane este o diferență importantă. Evenimentele cuantice nu aleg între a coopera sau nu între ele – neseparabilitatea lor le fortează să se supună acestei cooperări. În ansamblu, scara cuantică nu alege între a coopera sau a nu coopera cu scara cosmologică. Totul se petrece ca si cum autoorganizarea si autoconsistenta ar putea opera *până la un anumit punct*, acela al aparitiei vietii si a fiintei umane. De aici încolo intervine un nou tip de alegere : acela între evolutie si involutie. Fiinta umană apare ca fiind singurul sistem natural care are posibilitatea de a alege între evolutia speciei sale si distrugerea ei totală.

Dacă anumite fenomene noi, ca dezvoltarea rapidă a informaticii sau constientizarea unei interdependente economice, pot fi considerate semne încurajatoare ale unei manifestări treptate a *neseparabilității corpului umanității*, ele sunt totusi prea viciate de aspectele utilitare ca să poată fi înțelese în toată semnificatia lor.

Informatiile obtinute plecând de la studiul sistemelor naturale si integrarea lor într-o viziune transdisciplinară coerentă a lumii ar putea să determine o transformare, urgentă si necesară, a atitudinii noastre față de realitate. Astfel, va putea să înceapă o nouă perioadă a cunoasterii, perioadă în care studiul universului si studiul omului se vor sustine unul pe celălalt.