

IV. Proces și ireversibilitate. Sensul timpului

Stefan CELMARE

Tabloul teoretic –filozofic contemporan prefigurează un model al lumii constituit ca un proces al organizării în care se produce o tranziție de la dezordine la ordine, de la reversibilitate la ireversibilitate în dinamismul complex al naturii și societății.

Știința secolelor XV – XIX avea în vedere o natură reversibilă, fără, istorie, cu stări echivalente, față de care omul se putea situa ca observator și transformator exterior. Imaginea naturii în perspectiva filozofiei și raționalității științifice ale secolului XX este una a evoluției neliniare, a succesiunilor de stări în care apar „bifurcații”. Revoluția prin fizica secolului nostru a înlocuit în mare măsură vechile categorii și explicații ale mecanicii clasice cu o serie de concepte noi ca: proces, interconexiune, câmpuri de forță și energie radiantă.

A. N. Whitehead, unul dintre marii metafizicieni ai acestui secol, a considerat că dezvoltarea noului fundament al fizicii presupune o detașare față de vechile noțiuni și concepte, iar filozofia ar fi instrumentul necesar în satisfacerea unui asemenea deziderat. În lucrările sale filozoful britanic, stabilit în ultima parte a vieții în S.U.A., întreprinde atât o critică a sintezelor newtoniene cât și încercarea de a defini fundamentul pentru noua fizică, ce urma a fi o filozofie adecvată a naturii. Categoria fundamentală a noii fizici, după Whitehead, va fi aceea de proces.¹⁾ „Idea că realitatea trebuie înțeleasă ca proces este una veche, mergând înapoi cel puțin până la Heraclit, care spunea că totul curge. În timpurile mai moderne, Whitehead a fost primul care a dat acestei idei o dezvoltare sistematică și extensivă.”²⁾ Punctul de vedere susținut de Whitehead în primele decenii ale secolului trecut, este cultivat astăzi ca un model major în fizica particulelor elementare. Astfel, procesualitatea ca stare specifică microobiectelor o regăsim în „ipoteza *bootstrap*” conform căreia nu există o particulă fundamentală, „fiecare particulă participă la formarea celei care a generat-o.”³⁾ Întrucât natura nu poate fi redusă la entități fundamentale, „ea trebuie înțeleasă din perspectiva self – consistenței sale și a aspectului care face ca toate componentele sale să fie în același timp consistente cu ele însele și cu toate celelalte”⁴⁾. Whitehead distinge două tipuri esențial diferite de entități în natură: entitățile ce se caracterizează prin continuitate, evidențiind dezvoltarea,

transformarea și entități ce relevă caracterul discontinuu (în conformitate cu teoria atomistă) și static al naturii. Constatăm astfel o bifurcație a naturii în schimbare și permanență, evenimente și obiecte.⁵⁾ Obiectele nu sunt supuse transformărilor, fiind identice cu ele înseși în toate situațiile. Permanența este identitatea cu sine, ceea ce presupune o existență în afara spațiului și timpului, pe când evenimentele se definesc ca trecere în altceva, se referă la lucruri din perspectiva a ceea ce acestea au fost sau urmează să devină. Încât viziunea statică asupra lumii este suprapusă pe istoria sa, fapt ce-și află o adevărată incununare în ideea de Dumnezeu.⁶⁾ „Whitehead mai bine poate decât oricare altul, a înțeles că niciodată devenirea creativă a naturii, adică faptul ultim și ireductibil pe care-l presupune orice existență fizică, nu ar putea fi gândit dacă elementele care compun această natură ar fi fost definite ca entități individuale permanente, menținându-se în această identitate de-a lungul schimbărilor și interacțiunilor... Pentru Whitehead sarcina filozofiei avea să fie de a reconcilia permanența și devenirea, de a gândi lucrurile ca procese, de a gândi devenirea ca formată din entități identificabile, din entități individuale care se nasc și mor.⁷⁾”

Atunci când Whitehead scria *Process and Realty* (1929) nu se cunoșteau încă particulele elementare cu existență ireversibilă, de aceea singurele adevăruri pentru filozofia sa au venit din partea biologiei. Astăzi însă fizicienii constată că majoritatea particulelor elementare sunt existențe efemere, în perpetuă transformare, iar universul apare ca dezvoltându-se istoric ireversibil. D. Bohm sublinia, preluând și amplificând concepția lui Whitehead, că esența noțiunii de proces poate fi redată de enunțul: „Nu numai că orice se schimbă, dar totul este o continuă mișcare de curgere(flux)”⁸⁾.

La începutul deceniului al șaptelea Ilya Prigogine a descoperit că sistemele departe de echilibru nu pot fi descrise decât de ecuații liniare. Constatarea legăturii dintre stările „departe de echilibru” și „nonlinearitate” a deschis o direcție de cercetare care se va finaliza apoi cu elaborarea teoriei auto-organizării (*self – organization*). Între două stări ale sistemului, departe de echilibrul termodinamic materia începe să-și „perceapă” mediul, încât sensul, finalitatea, comunicarea vor fi relevate pentru prezentarea comportamentului Universului în general. În lucrarea *Noua alianță. Metamorfoza științei*, redactată în colaborare Isabelle Stengers și care i-a asigurat o mare notorietate, Prigogine descoperă prin descrierea „termodinamică” a lumii principala caracteristică a realului în

inversibilitate legată direct de „săgeata timpului”, de îmbinarea hazardului cu determinismul de introducerea alegerii în evoluția naturii. Din poziția de observator exterior al sistemelor naturii omul se situează acum în interiorul naturii; numai ca parte a naturii, ca element rezultat dintr-o evoluție a universului cu legi ireversibile fiind în măsură să cunoască realitatea. Termodinamica nonliniară descrie și explică autoorganizarea sistemelor deschise *dissiparea* devine *o_sursă* de *ordine*, se produce o puternică asociere între structurare și destructurare.⁹⁾

Potrivit teoriei lui Prigogine cel de al doilea principiu al termodinamicii permite să se distingă două tipuri de transformări: transformări care conservă entropia, compatibile cu starea de echilibru, reversibile și transformări generatoare de entropie, care dispar în momentul de entropie și sunt ireversibile. Prin urmare, comportamentul unui sistem în stare de echilibru este singurul pe care termodinamica îl admite ca fiind simetric față de timp. Reconcilierea acestor două transformări contradictorii își va găsi un punct de sprijin în caracterul stohastic al legilor fizicii.

Fizica modernă „descoperă necesitatea de a afirma în același timp deosebirea și interdependența unităților și relațiilor,”¹⁰⁾ funcție de existența particulelor elementare instabile care implică devenirea ireversibilă. În acest context apare ca deosebit de relevantă întemeierea ontologică și gnoseologică a probabilității.

Probabilitatea definește ceva nesigur, consecință a incompletitudinii cunoașterii. Totuși într-un sistem incomplet cunoscut există unele aspecte pe care reușim să le explicăm destul de precis, în comparație cu altele despre care se știe foarte puțin. În demersul cunoașterii separăm ceea ce este sigur de ceea ce este nesigur, apoi cu ajutorul legilor de probabilitate ajungem la aserțiuni exacte prin faptul că le limităm la partea ce poate fi cunoscută cu certitudine. Acest lucru este relevat de teorema numerelor mari a lui Bernoulli, invocată și de K. R. Popper.¹¹⁾ Teorema lui Bernoulli permite să se afle în mod empiric probabilități, cu număr finit în jurul cărora au tendința să se grupeze frecvențele evenimentelor din serii de probe suficient de mari în condiții determinate. Pe baza acestor serii de cercetări empirice se poate separa ceea ce poate fi prevăzut cu certitudine de ceea ce este nesigur; predictibilul este ceea ce rămâne neschimbat, pe când ceea ce nu poate fi prezis nu ascultă de nici o regulă. Constatăm, astfel că determinarea probabilităților cu ajutorul mediei a numeroase cazuri individuale se prezintă cu un proces de abstractizare.

Abstractizarea pune în evidență generalul, repetabilul, unifică obiecte diferite în clase pe baza trăsăturilor lor comune.

În conformitate cu legea numerelor mari, calcularea mediei duce la un rezultat cu atât mai determinat cu cât sunt mai mari grupurile de cazuri individuale comparabile între ele și independente unul de altul. Generalul scos la lumină prin abstractizare nu există pentru sine, el constituie cadrul în care unicul, singularul, se poate desfășura, spațiul de joc al posibilităților exprimat în cifre prin valorile probabilității. Deosebirea dintre legile dinamice, stricte și legile de probabilitate este sugerată de faptul că există legi la care spațiul de joc al posibilității este foarte mic. Deci nu este vorba de o altă calitate a legilor ci doar de deosebiri în ordinea de mărime a posibilității.

Observăm, prin urmare, că legile din știință trebuie înțelese ca abstractizări și astfel ca legi de probabilitate. Ele ne oferă doar aserțiuni, despre valori ale așteptării, despre posibilități. Probabilitatea ne spune ce poate fi, dar nu ce se va întâmpla realmente. Ontologic probabilitatea se întemeiază pe *procesualitate*, dacă avem în vedere faptul că obiectele singulare sunt supuse schimbărilor, încât trebuie să lucrăm cu clase pentru a surprinde legitatea, constanța și gnoseologic pe *abstractizare* prin care surprindem generalul, repetabilul din spațiul de joc al posibilității.¹²⁾ Demonstrarea legilor în natură ca structuri ordonatoare se impune a fi completată cu sublinierea că „fiecare dintre ele trebuie să includă, prin definiție, un reziduu de incertitudine, un element de nedeterminare. Nici o lege a naturii nu este complet determinată și nici un fenomen natural nu este complet determinat nici măcar în mintea lui Dumnezeu,¹³⁾ cum constatau încă gânditorii medievali și moderni. Cu toate acestea ideea n-a avut nici un răsunet în fizica clasică, ci înscrie un arc peste timp, aproximativ trei secole, și se apropie mai mult de spiritul fizicii moderne. Preocupat de problema observării în fizica atomică W. Heisenberg „a remarcat că informația ce se obține despre starea unui sistem atomic implică întotdeauna o „imprecizie” caracteristică.”¹⁴⁾

Noțiunea de probabilitate se aplică în enunțuri referitoare la desfășurarea proceselor, cât și în propoziții în care este vorba de existența unor stări. De exemplu evaluarea probabilității de stare se utilizează pentru explicarea legii entropiei. Evaluarea entropiei constă în stabilirea direcției cu sens unic a oricărui eveniment din natură.

Ordinea este totdeauna o limitare a posibilităților încât starea mai probabilă se realizează printr-o pierdere de ordine, deci creștere a entropiei.

Apoi, noțiunea de probabilitate are o importantă aplicare în teoria informației, deoarece conținutul informației este cu atât mai mare cu cât este mai redusă probabilitatea. Conținutul informației ca măsură a imprevizibilului, a imposibilității este similar gradului de ordine. Textual informație înseamnă forma transmisă, comunicată sau formație, formare înăuntru, considerată și ca ordine transmisă, comunicată. De aici decurge relația cu entropia: informația și entropia sunt două mărimi pentru probabilități cu semn opus; entropia crește odată cu probabilitatea iar informația dimpotrivă scade în timp ce probabilitatea crește.

Toate procesele progresează de la o stare mai improbabilă la una mai probabilă. În această evoluție se constituie treptat forme superior organizate, încât așa cum demonstrează Ilya Prigogine ordinea apare prin „fluctuație”, orice nouă structură are la bază o disipare. Totuși formarea structurilor disipative va fi cuplată cu o destructurare corespunzătoare, cu o pierdere mărită de informație față de cantitatea manifestată în procesul construirii formelor organizate. Universul în care suntem situați este extrem de improbabil. Deși cea mai improbabilă este starea inițială a „universului” calea spre starea termodinamică finală este încă foarte lungă, deoarece lumea în care trăim este înzestrată cu o mulțime imprevizibilă de negentropie, de informație¹⁵). Entropia și informația reprezintă parametri decisivi ai procesului evoluției. Legea entropiei nu conține, în fond, nici o afirmație despre structura proceselor, ci caracterizează stări; pe baza diferenței lor de entropie, adică funcție de distanța lor de echilibru termodinamic. Orice schimbare ca proces este legată de creșterea entropiei, dar de aici nu rezultă că principiul entropiei este cel care determină modul în care se produc modificările de stare ale sistemelor. Acesta depinde, în cele din urmă, de structura lucrurilor. De exemplu, în cazul evoluției organice construcția și deconstrucția sunt complementare, întrucât orice construcție organică se caracterizează printr-o degradare exprimată în metabolism, dar pe de altă parte, metabolismul este cel ce susține creșterea. La astfel de procese unde construcția și degradarea formează un cuplu, ca în lumea vie, mișcarea entropiei în procesul dezvoltării organismelor este compensată apoi prin mărirea entropiei metabolismului. Evoluția și entropia devin compatibile într-o lume, cum este lumea modernă, în care imaginea

nedeterministă este tot mai preferată celei deterministe. În locul imaginii despre revenirea ordonată a unei desfășurări uniforme a lucrurilor și evenimentelor, devine tot mai dominantă ideea imprevizibilului și relativismului, din perspectiva căreia totul este posibil. În momentul în care o structură disipativă ajunge într-un punct de instabilitate, numit „punct de bifurcare”, aceasta nu mai poate fi precis determinată, modul în care se va evolua este esențialmente impredictibil. Noua structură cu un grad superior de organizare și complexitate poate să apară spontan, urmare a interferenței nonechilibrului, ireversibilității și instabilității. Constatăm aici o similitudine cu natura umană, imprevizibilă și supusă influențelor mediului. La fel ca și în cazul ființelor umane, punerea în lumină a complexității și frumuseții naturii nu se poate înfăptui prin dominare și control, ci prin respect, cooperare și dialog; sugestiv în această direcție este însuși subtitlul „Noul dialog al omului cu natura” dat de Ilya Prigogine și Isabelle Stengers cunoscutei lor lucrări *Order out of Chaos*¹⁶⁾.

Cercetarea entropiei, informației, probabilității a evidențiat locul ce revine în știință și în imaginea filozofică a lumii, procesului sau devenirii înnoitoare ireversibilității, imprevizibilului și nondeductibilului.

Raportul dintre entropie și probabilitate este *direct proporțional*, cel dintre informație și probabilitate este *invers proporțional*. Entropia măsoară starea de nedeterminare și incertitudine, informația specifică tocmai reducerea incertitudinii și nedeterminării. În ambele cazuri însă este vorba de *probabilitatea* unor aserțiuni care se referă la aceleași stări ale sistemului. Este pusă astfel în lumină relația timpului cu entropia, probabilitatea, informația.

Timpul este factorul care ne determină și ne măsoară existența. Fără noțiunea de timp nu am putea formula legile naturii, nu am reuși să înțelegem infinita capacitate a acesteia de a fi și exista în nesfârșite forme și organizări. După cum arată I. Kant în *Critica rațiunii pure*, timpul, deși condiție subiectivă a intuiției noastre, este cu privire la toate fenomenele, deci și la toate lucrurile care ne pot fi date în experiență în mod necesar obiectiv.

Mecanica clasică, dar în special mecanica relativistă au asimilat timpul cu spațiul. În teoria relativității timpul devine a patra dimensiune a continuului spațio – temporal. Spațializarea timpului însă anulează specificul dimensiunii temporale a existenței. Încât

filozofic ar trebui susținută *teza eterogenității dintre spațiu și timp*¹⁷⁾. Timpul este o curgere, o direcție ireversibilă, care ne constrânge cu puterea fatalității; săgeata timpului diferențiază net timpul de spațiu.

Pentru ilustrarea sensului timpului, tipice sunt sistemele variabile, termodinamice, unde starea mai probabilă urmează stărilor mai puțin probabile. În timp ce echilibrul termodinamic corespunde unei stări de maximă probabilitate în biologie sau sociologie sensul evoluției este opus, referindu-se la transformări orientate spre *complexitate*, deci o organizare din ce în ce mai pronunțată implicând o descreștere a entropiei. Aceste sensuri diferite ale timpului au fost corelate de Ilya Prigogine, care consideră că pentru o reprezentare coerentă, a lumii, trebuie să aflăm posibilitatea de a trece de la o descriere la alta, în așa fel încât *timpul ca mișcare* – în dinamică -, *timpul orientat*, conducând la procese ireversibile – în termodinamică – și *timpul ca istorie* deci ca evoluție spre o complexitate crescândă – în biologie și sociologie – să apară ca aspecte distincte ale uneia și aceleași manifestări.

De-a lungul anilor părerile despre natura timpului s-au schimbat. Până la începutul acestui secol s-a crezut într-un timp *absolut*. Apoi, descoperirea faptului că viteza luminii este aceeași pentru orice observator, indiferent de modul în care se mișcă, a condus la teoria relativității – și în cadrul acesteia ideea existenței unui timp absolut a trebuit să fie abandonată. Timpul devine acum un concept mai personal, legat de observatorul care îl măsoară. Teoriile relativității și cuantică au pus cu stringență o problemă deosebită pentru discursul filozofic: *inseparabilitatea realității naturale de cea a existenței umane*.

Creșterea dezordinii sau entropiei ilustrează sensul (săgeata) timpului, ceva care diferențiază trecutul de viitor, dând timpului o direcție. Constatăm astfel, în principal trei sensuri diferite ale timpului: *sensul termodinamic*, în care dezvoltarea sau entropia crește; *sensul psihologic*, direcția în care noi simțim trecerea timpului, reamintindu-ne trecutul. În acest context trebuie menționată filozofia lui Henry Bergson care a deschis psihologiei noi orizonturi. Până la Bergson, ca și alte științe umaniste, psihologia a mers în cercetarea problemei timpului pe același drum cu fizicienii. Bergson face net distincția între timpul fizic și cel psihologic, între timpul cantitativ, sub semnul unor desfășurări numerice, și timpul calitativ, colorat, sub semnul conștiințelor umane. În lucrarea sa *Eseu*

asupra datelor imediate ale conștiinței, el vede timpul ca pe un fenomen simțit interior, durată concretă, cu însușiri deosebite și în determinarea căruia memoria joacă un rol preponderent. Cel de-al treilea sens al timpului este *sensul cosmologic*, expansiunea universului.

Studierea universului ca un întreg, cu milioanele lui de galaxii, la nivel cosmic a condus la descoperirea că universul nu este *static*, ci în *expansiune*. Analiza detaliată a spectrelor luminoase metagalactice a arătat că întregul roi de galaxii se află în expansiune, fapt ce se produce într-un mod orchestrat riguros. Conform legii lui Hubble, viteza de expansiune este direct proporțională cu distanța la care se află galaxia față de observatorul pământean. Această lege se aplică oricărui sistem de referință. În orice galaxie am fi situați se observă expansiunea celorlalte galaxii. Pe baza legii lui Hubble se poate calcula punctul de început, momentul inițial al expansiunii, cu alte cuvinte vârsta universului. Cei mai mulți cosmologi cred că universul s-a constituit printr-un eveniment dramatic cu aproximativ 20 de miliarde de ani în urmă când masa lui totală a explodat fiind concentrată într-o sferă de dimensiuni minime primordială în stare incandescentă. Actuala expansiune a universului este văzută ca o continuare a exploziei inițiale. Potrivit acestui model – „big - bang” – momentul mării explozii a marcat începutul universului, precum și începutul timpului. Dacă ne propunem să aflăm ce-a fost înaintea acestui moment, știința – fizica, astronomia, cosmologia – nu ne poate ajuta în nici un fel. „Primele trei minute ale universului” despre care vorbește Steven Weinberg, în cartea cu același titlu, se referă la perioada de după „big - bang”. Ne confruntăm cu o mare barieră a gândirii deoarece operăm cu ideea de timp înainte ca ea să fi existat în experiența noastră. Legile științei nu pot fi aplicate pentru a oferi o explicație în legătură cu cea ce a fost anterior singularității inițiale. Problema acestui „*dincolo*” aparține metafizicii și religiei. Când Platon spunea că „sufletul a contemplat Ideile înainte de nașterea sa”, acest „*înainte*” ne face să simțim zidul cu care ne înconjoară temporalitatea, să încercăm să percepem ceva ce se află dincolo de timp.

Unele modele de univers prevăd că expansiunea va continua în viitor; conform altora ea se va încetini și se va transforma eventual într-o contracție. Deci un univers *oscilant*, aflat în expansiune un timp, apoi contractându-se până când masa lui totală s-a

condensat într-o minimă sferă de materie, intrând apoi din nou în expansiune, și tot așa la infinit.

Ideea unei expansiuni și contracții periodice a universului o regăsim, de asemenea, în mitologia antică indiană. Reprezentându-și universul ca un cosmos organic și mișcându-se ritmic, hinduismul a fost capabil să dezvolte cosmologii evoluționiste apropiate de modelul științific modern.

A doua lege a termodinamicii rezultă din faptul că există întotdeauna mai multe stări dezordonate decât ordonate. Dacă presupunem că un sistem este la început într-o stare ordonată, atunci dezordinea tinde să crească odată cu timpul. În cazul în care sistemul se află inițial într-o stare dezordonată rezultă că odată cu trecerea timpului dezordinea va scădea. Într-un univers în care dezordinea ar scădea sensul psihologic al timpului ar fi îndreptat înapoi. Ne-am aminti – paradoxal – evenimente din viitor și nu din trecut.

Sensul subiectiv al direcției timpului, sensul psihologic este determinat de sensul termodinamic. Ne amintim evenimentele în ordinea în care este entropia. Dezordinea crește cu timpul, deoarece măsurăm timpul în direcția în care crește dezordinea.

Deci universul ar fi trebuit să înceapă într-o stare omogenă, ordonată și, apoi, ar fi devenit neomogen și dezordonat pe măsura trecerii timpului. Așa se explică sensul termodinamic al timpului care coincide cu cel cosmologic.

„Problema de a ști „de ce există ceva mai degrabă decât nimic” a fost numită problema filozofică prin excelență. Se poate spune că fizica a găsit azi mijloace pentru a o soluționa. Totuși, din punct de vedere filozofic, problema a suferit de fapt o deplasare. Ea s-ar putea formula astfel: „De ce există o săgeată a timpului?” Căci la capătul acestui drum pe parcursul căruia s-au spulberat, unul după altul, atâtea idealuri de eternitate, iar devenirea ireversibilă a luat, la toate nivelurile, locul permanenței, săgeata timpului se impune ca un nou mod de a gândi eternitatea”¹⁸⁾.

Ireversibilul nu este pur și simplu o trăsătură a timpului, ci însăși temporalitatea, esența acesteia.¹⁹⁾ Temporalitatea nu e un simplu predicat al existenței umane, modul de a fi al omului ca individ. Omul este integral devenire și prin aceasta un ireversibil. Ființa umană a trebuit să străbată un drum extrem de lung și spinos pentru a înțelege, în cele din urmă, că în Univers nu există nimic *etern* în afara *Universului* însuși. Totul este supus

transformării. Din esența acestor eterne schimbări din universul nesfârșit, omul și-a făurit conceptul de timp și implicit, de *irreversibilitate*. Timpul pe care nu putem nici să-l încetinim, nici să-l oprim, nici să-l inversăm, curge prin noi și peste noi. Nu există o unică experiență a timpului, experiențe diferite induc imagini, concepții diferite despre natura timpului și a raporturilor noastre cu el.

Set By T-D1 (yth_1100ro@yahoo.com)

Note

1. Vezi, A. N. Whitehead, *Process and Reality*, Macmillan New York, 1969.
2. David Bohm, *Plenitudinea lumii și ordinea ei*, Editura Humanitas, București, 1995, p.97.
3. G. F. Clew, M. Gell .- Mann and H. Rosefeld, „Stodgly Interacting Particles”, *Scientific American*, vol 210 (February 1964), p. 93. Apud Fritjof Capra, *The web of Life. A New Synthesis of Mind and Matter*, Flamingo, An Imprint of Harper Collins Publishers, London, 1997, p- 99, precum și Fritjof Capra, *Taofizica*, editura Tehnică, București, 1995, p. 258.
4. Fritjof Capra, *The Tao of Physics*, New York, 1977, p. 274, precum și traducerea în limba română mai sus citată, p. 249.

5. Vezi, H. K. Wells, *Process and Unreality*, New York, King's Crown Press, Columbia University, 1950, p. 55.
6. *Ibidem*, p.79.
7. Ilya Prigogine și Isabelle Stengers, *Noua alianță. Metamorfoza științei*, Editura Politică, București, 1984, p. 147.
8. David Bohm, *op. cit.* p.97.
9. Ilya Prigogine și Isabelle Stengers, *Order aut of Chaos*, Bantam, New York, 1984, pp. 142 – 143. Vezi și Alain Boutot, *Inventarea formelor*, Editura Nemira, București, 1997, pp. 42 – 48.
10. Ilya Prigogine și Isabelle Stengers, *Noua alianță. Metamorfoza științei*, pp. 147 – 148.
11. Vezi, Karl R. Popper, *The Logic of Scientific Discovery*, Hutchinson of London, 1968, chapter VIII, precum și traducerea în limba română apăruta la Editura Științifică și Enciclopedică, București, 1981.
12. Vezi, Hans Sachsse, *Kansalitat – Gestzlichkeit – Wahrschenlichkeit*, 1987.
13. Amos Funkenstein, *Teologie și imaginație științifică*, Editura Humanitas, București, 1998, p. 196.
14. Neils Bohr, *Fizica atomică și cunoașterea umană*, Editura Științifică, București, 1969, p. 55.
15. Vezi, Steven Weinberg, *Primele trei minute ale Universului*, Editura Politică, București, 1984; Stephen W. Hawking, *Scurtă istorie a timpului*, Editura Humanitas, București, 1994, pp. 143 – 186; Ilya Prigogine și Isabelle Stengers, *Între eternitate și timp*, Editura Humanitas, București, 1997, pp. 159 – 184.
16. Vezi, Fritjof Capra, *The Web of Life*, p. 188.
17. Vezi, P. Botezatu, *Spațiu și timp*, în *Interpretări logico – filozofice*, Editura Junimea, Iași, 1982, pp. 196 – 205.
18. Ilya Prigogine și Isabelle Stengers, *Între eternitate și timp*, p. 207.
19. Vladimir Jankélévitch, *Ireversibilul și nostalgia*, Editura Univers Enciclopedic, București, 1998, p.9.

