

# Asupra unor aspecte entropice ale sistemelor disipative

**Emil Dinga**

*Profesor universitar doctor*

Universitatea „Dimitrie Cantemir” București

**Abstract.** *This paper is aspiring to get a logical explanation on the entropy velocity (i.e. on the entropy acceleration) in a Universe “endowed” with a dissipative system. To this end, some concepts of dissipative structures emergence are analyzed, in a new paradigm of the logically vivid systems. In connection with the increasing global entropy, some crucial concepts as: the time arrow, the complexity degree, the specific time (that is, own time, or assigned to process time) are treated and correlated. The main objective of the paper is to find out a logical explanation for accelerating of the entropy by the entropic heterogeneity accompanying the dissipative structures arising. A few answers are proposed while many other questions are stimulated in the matter.*

**Key words:** entropy; time arrow; dissipative structure; heterogeneity; temporal tact.

**Clasificare JEL:** B41, Q01, Q57

## 1. Introducere

Legea entropiei induce, cum se știe, o săgeată a timpului în evoluție: timpul „curge” în direcția în care crește entropia globală<sup>(1)</sup>. Mai exact spus, săgeata timpului este orientată de la „lumea” în care entropia este mai mică spre „lumea” în care entropia este mai mare sau, ceea ce este același lucru, dinspre starea unei lumi cu o entropie mai mică spre starea unei lumi cu o entropie mai mare<sup>(2)</sup>. În absența sistemelor disipative, să acceptăm o creștere uniformă (cu accelerație nulă) a entropiei globale: vom nota viteza acestei creșteri cu  $\lambda_N$ . Să admitem apariția, la momentul  $t_0$ , a unui sistem disipativ<sup>(3)</sup>. Prin definiție, acesta va micșora viteza de creștere a entropiei, la nivel local, să spunem, până la valoarea  $\lambda_D$ . Să notăm cu  $\delta$  scăderea vitezei de creștere locală a entropiei:  $\delta = \lambda_D - \lambda_N < 0$  și să denumim acest proces ca fiind unul de dezentropizare<sup>(4)</sup>. Prin convenție, vom nota:  $\lambda_N = \frac{dE_G}{dt}$ <sup>(5)</sup>, unde cu  $E_G$  s-a notat nivelul entropiei globale, iar cu  $t$  s-a notat timpul fizic. În mod similar, se poate scrie:  $\lambda_D = \frac{dE_L}{dt}$ , unde cu  $E_L$  s-a notat nivelul entropiei locale (din interiorul sistemului disipativ).

Să mai notăm faptul că sistemul local disipativ este separat, din punct de vedere structural și, deci, funcțional, de mediul său (de mediul global) printr-o „membrană” care va reprezenta și un filtru sui-generis prin care se realizează schimbul de substanță, energie și informații (metabolism) dintre sistemul disipativ și mediul global. Faptul că entropia din interiorul sistemului disipativ are o viteză mai mică decât cea din mediul global<sup>(6)</sup> se datorează faptului că sistemul disipativ „extrage” din mediul său entropie joasă (resurse legate, adică având o anumită complexitate) și „varsă” în mediu entropie înaltă (resurse libere, adică având o complexitate mai mică decât resursele legate originare). Prin urmare, apare necesitatea de a măsura o nouă categorie de entropie, și anume entropia (mai exact, viteza ei) din mediul global care rămâne după ce am selectat, cu ajutorul membranei, sistemul disipativ. Să notăm viteza entropiei din acest mediu (pe care-l vom denumi, așadar, mediu complementar) cu  $\lambda_C$ . Prin urmare, se poate scrie:  $\lambda_C = \frac{dE_C}{dt}$ , unde cu  $E_C$  s-a notat nivelul entropiei din mediul complementar.

Pentru a înțelege legăturile cauzale care sunt generate de apariția unui sistem disipativ într-un sistem global este necesar să postulăm un *principiu de invarianță*. În acest scop, vom face apel la următoarele ipoteze de lucru:

a. un sistem disipativ este un sistem viu, în sens logic. Un sistem logic viu se definește prin două atribute: 1) o membrană care-l separă, substanțial, energetic și informațional, de mediul său; 2) o capacitate de autopoieză<sup>(7)</sup>;

b. în cazul existenței sistemelor vii, există un *invariant al gradului de simplitate*. Aceasta înseamnă că simplitatea internă a sistemului (structura sa internă, adică funcționarea sa internă, dincoace de membrană) este invers proporțională cu simplitatea sa externă sau simplitatea ecologică (interacțiunile de orice fel cu mediul aflat dincolo de membrană). Cu alte cuvinte, cu cât simplitatea internă este mai mare cu atât complexitatea ecologică este mai mare și invers. Acest principiu de invarianță a fost observat empiric și, din punct de vedere epistemologic, pare a fi un principiu logic, adică universal.

Întrucât sistemul disipativ „consumă” din entropia joasă din mediul complementar, el tinde să-și mențină, cel puțin, gradul intern de complexitate, împotriva degradării entropice universale. Cu alte cuvinte, sistemul disipativ își mărește, relativ la mediul complementar, gradul de complexitate internă (având în vedere faptul că, așa cum am spus mai sus, mediul complementar suferă cel puțin<sup>(8)</sup> o degradare entropică cu viteza  $\lambda_N$ ). Dar aceasta înseamnă, în virtutea principiului de invarianță a interacțiunii totale (interacțiunea internă și cea externă), că sistemul disipativ va trebui să-și micșoreze gradul de complexitate a interacțiunilor (adică metabolismul) cu mediul complementar. Vom spune că reducerea acestui grad de complexitate ecologică este măsurată de creșterea autonomiei ecologice a sistemului disipativ. Prin urmare, autonomia ecologică reprezintă reflexul metodologic al simplității ecologice: cu cât simplitatea ecologică crește (adică cu cât complexitatea ecologică scade) cu atât autonomia ecologică crește. Am obținut, așadar, o măsură (sau cel puțin o pseudomăsură, adică o cuantificare) a simplității ecologice a unui sistem disipativ (adică a unui sistem viu logic) prin intermediul gradului de autonomie<sup>(9)</sup>.

## 2. Structura vitezei entropiei

Să încercăm să analizăm impactul acestor procese (generate de apariția sistemului disipativ) asupra vitezei entropiei în mediul complementar și în mediul global.

Așadar, înainte de apariția sistemului disipativ<sup>(10)</sup>, în Univers aveam o singură viteză a entropiei (viteza naturală a entropiei globale,  $\lambda_N$ ), iar după apariția sistemului disipativ, avem trei viteze diferite ale entropiei: o viteză a entropiei locale,  $\lambda_D$ , o viteză a entropiei complementare,  $\lambda_C$  și o viteză nonnaturală a entropiei globale, pe care o

notăm cu  $\lambda_{\bar{N}}$ . De reținut că toate cele trei viteze sunt pozitive, chiar dacă au valori absolute diferite. Aceasta înseamnă că entropia crește atât în sistemul disipativ, cât și în mediul complementar al acestuia.

Pe baza principiului de invarianță a simplității totale, menționat mai sus, vom introduce un alt principiu de invarianță, și anume *principiul invarianței vitezei entropiei*. Să facem câteva considerații preliminare.

a. invarianța vitezei entropiei înseamnă să avem relația de identitate:  $\lambda_N = \lambda_{\bar{N}}$ ; aceasta înseamnă că toate efectele generate de apariția sistemului disipativ în Universul inițial (să-l numim Univers 0) se vor combina în așa fel încât în noul Univers (să-l numim Univers 1) viteza entropiei globale<sup>(11)</sup> este aceeași<sup>(12)</sup>;

b. nu are nicio importanță faptul că în Univers apare un singur sistem disipativ (o modificare insignifiantă a structurii Universului) sau, dimpotrivă, apare o mulțime imensă de asemenea sisteme<sup>(13)</sup>.

Rezultă, așadar, că o scădere a vitezei entropiei locale se va regăsi într-o creștere echivalentă a vitezei entropiei complementare, așa încât viteza entropiei globale să rămână neschimbată. Avem, cu alte cuvinte, o „curbură” entropică locală<sup>(14)</sup>. Problema este, însă, că mediul complementar al sistemului disipativ reprezintă tocmai restul universului în care a apărut acel sistem disipativ. Tragem concluzia că, de fapt, entropia este accelerată în tot restul universului, concomitent cu reducerea (sau menținerea, după caz) a vitezei entropiei în sistemul disipativ. Acesta este sensul riguros al multor afirmații conform cărora un sistem disipativ accelerează entropia globală. Prin aceste afirmații trebuie înțeles, în opinia noastră, doar faptul că viteza entropiei complementare crește în raport cu viteza entropiei globale naturale din Universul 0. Această creștere este dependentă de scăderea vitezei entropiei în sistemul disipativ.

Să ne referim, într-un mod mai punctualizat, la procesul prin care apare un sistem disipativ în Univers.

Este evident faptul că un sistem disipativ constituie pentru Universul 0 (univers omogen) o eterogenitate. Apariția unei eterogenități<sup>(15)</sup> „tulbură” omogenitatea Universului, omogenitate măsurată prin nivelul entropiei. Mai mult decât atât, o eterogenitate nu poate apărea ca un sistem local cu entropie mai înaltă decât cea a mediului în care ia naștere<sup>(16)</sup>, ci întotdeauna ca un sistem cu entropie mai joasă decât cea a mediului său complementar. Prin urmare, apariția unei eterogenități generează, prin chiar această „naștere”, o creștere a entropiei mediului complementar, asociată cu „stabilirea” unui nivel al entropiei locale mai scăzute decât cea din mediu. Să notăm că, de aici înainte, chiar dacă, în sistemul disipativ creat, viteza entropiei este aceeași cu cea din mediul complementar, gradientul (diferența de entropie) dintre cele două entități (sistemul disipativ și mediul complementar) se va menține sine die<sup>(17)</sup>. Să observăm câteva lucruri, aici:

a. apariția unui sistem disipativ a creat o „buclă” entropică locală, adică un gradient entropic, gradient întreținut prin intermediul membranei care diferențiază (localizează) sistemul disipativ în cauză;

b. crearea buclei entropice a fost generată de un transfer<sup>(18)</sup> de entropie scăzută din mediul original către sistemul disipativ<sup>(19)</sup>;

c. se pune problema: transferul „creativ” de entropie joasă din mediu către sistemul disipativ a avut vreun impact asupra vitezei cu care entropia continuă să crească? Aici apare o dificultate logică deosebită din cauza faptului că noi nu putem măsura entropia (nivelul ei absolut), ci putem doar cuantifica (deci, folosim o pseudomăsură) viteza ei<sup>(20)</sup>. Pentru a da un răspuns consistent ar trebui să avem o măsură a nivelului entropiei asociată stării de echilibru termodinamic<sup>(21)</sup>. Dar nici măcar cu această informație nu am putea determina viteza, deoarece ne-ar mai trebui perioada în care, din momentul analizei, urmează a fi atinsă starea de echilibru termodinamic. Aceste dificultăți ne vor determina să venim cu o propunere relativ radicală<sup>(22)</sup> pe baza căreia să încercăm un răspuns consistent.

Am putea considera, așadar, că apariția sistemului disipativ a mărit entropia din mediul complementar și, concomitent, a redus entropia din sistemul disipativ<sup>(23)</sup>. Rămâne de stabilit legătura cauzală care ar putea eventual, exista între variația entropiei și variația vitezei acesteia. Pozițiile standard din literatura dedicată materiei „stipulează” că, în sistemele disipative, viteza entropiei este mai mică decât în mediul complementar ba, mai mult, această scădere a vitezei entropiei în interiorul membranei sistemului disipativ se face cu „costul” creșterii vitezei entropiei în mediul complementar. Acest rezultat este, așa cum ne dăm seama, consistent cu principiul de invarianță a vitezei entropiei globale, deoarece stabilește o legătură cauzală reciprocă între variațiile celor două categorii de viteză a entropiei, dar nu s-a rezolvat, încă, chestiunea variației vitezei entropiei în funcție de variația nivelului entropiei (adică în funcție de variația gradului de complexitate, așa cum am convenit mai sus). Mai mult decât atât, din faptul că, la un moment dat (instantaneu, așa cum am convenit), apare acest gradient de entropie (ca urmare a membranei sistemului disipativ, vom considera că gradientul este ireversibil) nu rezultă, cu necesitate, că va apărea și un gradient de viteză. Ba pare, chiar, mai natural să considerăm că, odată apărut gradientul de entropie, cele două subsisteme (sistemul disipativ și mediul complementar) își vor menține vitezele entropiilor<sup>(25)</sup>. Întrucât această ipoteză este absurdă, rezultă că cele două subsisteme trebuie să sufere variații ale vitezelor entropiei. Dar în ce sens? La o primă vedere, întrucât sistemul disipativ are o entropie mai joasă decât mediul complementar, el ar trebui să-și accelereze degradarea entropică, pentru a putea ajunge la echilibru termodinamic odată cu mediul complementar (care în mod relativ își va

micșora viteza de degradare entropică<sup>(26)</sup>). Dar aceste concluzii sunt în dezacord absolut cu rezultatele obținute de cercetarea din domeniu și care indică, dimpotrivă, o scădere a vitezei entropiei în sistemului disipativ, concomitent cu o creștere a acestei viteze în mediul complementar.

După părerea noastră, impasul se datorează faptului că măsurăm ambele procese entropice (din sistemul disipativ și din mediul complementar) cu același ceas (indiferent de natura lui<sup>(27)</sup>). Utilizarea aceluiași ceas generează un timp exterior, imuabil și indiferent la procesul pe care-l măsoară<sup>(28)</sup>. Punctul nostru de vedere este următorul:

a. prin apariția eterogenității entropice (adică a gradientului entropic), timpul (considerat un contor de cuantificare a procesului căruia îi este asignat) suferă, la rândul său, o dedublare. Această dedublare se referă la tactul timpului în cauză. Tactul timpului este dependent de procesul căruia îi este asignat, și anume este cu atât mai accelerat cu cât procesul în cauză are o densitate mai mare. Prin densitate a procesului vom înțelege gradul de complexitate a acestuia sau, cu terminologia din materialul de față, gradul său de entropie (reamintind că gradul de complexitate și „gradul” de entropie sunt invers proporțional corelate<sup>(29)</sup>). Sistemul disipativ a „căpătat” o entropie mai mică decât a mediului complementar, deci o complexitate mai mare. În acest context, timpul asignat procesului din interiorul membranei sistemului disipativ se accelerează în raport cu tactul timpului care „măsoară” procesul din mediul complementar. De fapt, din punct de vedere relativ, noi nu putem stabili cu cât s-a accelerat tactul timpului din sistemul disipativ (și, desigur, nici cu cât s-a decelerat tactul timpului din mediul complementar) deoarece, așa cum am arătat mai sus, nu avem un benchmark (un cadru de referință) absolut<sup>(30)</sup>; cu toate acestea, din punct de vedere logic, este de așteptat să se producă și acest gradient de tact temporal. De data aceasta, însă, avem o „teorie” pentru trecerea gradientului entropic în gradient de tact temporal: postularea unei proporționalități directe între gradul de complexitate a procesului și tactul timpului asignat;

b. să notăm cu  $t_C^N$  tactul timpului în mediul complementar aflat în Universul 0 (se înțelege că mediul complementar coincide cu Universul 0), cu  $t_C^{\bar{N}}$  tactul timpului în mediul complementar după apariția sistemului disipativ și cu  $t_D^{\bar{N}}$  tactul timpului în sistemul disipativ<sup>(31)</sup>; atunci, având în vedere faptul că  $E_C^{t_0} > E_D^{t_0}$  sau, ceea ce este echivalent,  $A_C^{t_0} < A_D^{t_0}$ , (unde cu „A” s-a notat gradul de complexitate sau, ceea ce este același lucru, gradul de analiticitate, unde „D” semnifică sistemul disipativ, „C” semnifică mediul complementar, iar „t<sub>0</sub>” semnifică momentul apariției sistemului disipativ) se poate scrie:  $t_D^{\bar{N}} > t_C^{\bar{N}}$  <sup>(32)</sup>. Așadar, revenind la calculul vitezei entropiei pentru fiecare dintre cele trei entități conceptuale (Universul 0, sistemul disipativ și mediul complementar<sup>(33)</sup>),

putem scrie, succesiv:  $\lambda_D = \frac{dE_D}{t_D^{\bar{N}}}$ ,  $\lambda_C = \frac{dE_C}{t_C^{\bar{N}}}$  ;

c. într-o primă instanță, am putea considera că creșterea tactului temporal asignat unui proces este proporțională cu scăderea entropiei care caracterizează acel proces. Aceasta înseamnă că, de fapt,  $\lambda_D = \lambda_C = \lambda_N = \lambda_{\bar{N}}$ . Acest rezultat (care verifică principiul invarianței vitezei entropiei) este consistent și cu concluzia că Universul 1 va ajunge la echilibru termodinamic în același moment pentru toate structurile din care este format în acel moment; cu toate acestea, el este inconsistent cu toate intuițiile cercetătorilor care se ocupă de problematica entropiei și care susțin că apariția (și menținerea) unui (sau mai multor) sistem (e) disipativ (e) în Univers este de natură să accelereze entropia globală; cu alte cuvinte, cercetătorii evocați susțin că  $\lambda_{\bar{N}} > \lambda_N$ ;

d. pornind de la inconsistența de mai sus, într-o a doua instanță, ar trebui să ne întrebăm dacă apariția gradientului entropic (care marchează nașterea sistemului disipativ) are vreă influență asupra vitezei „medii” a entropiei. Cu alte cuvinte, se pune problema dacă implicația logică  $\lambda_D = \lambda_C \rightarrow \lambda_D = \lambda_C = \lambda_N = \lambda_{\bar{N}}$  este adevărată. Așadar, ne întrebăm dacă, din faptul că variația tactului în sistemul disipativ în raport cu tactul din mediul complementar determină viteze egale ale entropiei în sistemul disipativ și în mediul complementar, rezultă că viteza entropiei în Universul 1 este egală cu viteza entropiei în Universul 0, adică  $\lambda_N = \lambda_{\bar{N}}$ . Răspunsul nostru la această întrebare este negativ și-l vom argumenta în felul următor: 1) apariția unui sistem disipativ implică apariția unui gradient entropic (entropie mai scăzută în interiorul membranei sistemului disipativ, comparativ cu entropia din mediul complementar); 2) apariția acestui gradient, care reprezintă apariția unei eterogenități, implică un „cost”, adică un consum de entropie care să genereze diferențierea menționată; 3) acest consum de entropie<sup>(34)</sup> (mai exact de entropie joasă) va fi „suportat” de Universul 0 (mai exact, el va fi „contabilizat” în contul mediului complementar, deoarece formarea structurii disipative – și, implicit, formarea mediului complementar – am presupus-o instantanee); 4) așadar, mediul complementar se va confrunta nu doar cu o compensare proporțională și de semn opus a variației entropiei (cu cât scade entropia în sistemul disipativ, cu atât va crește entropia în mediul complementar), ci, în plus, va suporta și creșterea de entropie implicată de formarea eterogenității înseși; 5) rezultă, de aici, că tactul mediului complementar va fi mai mic, o dată ca urmare a creșterii entropiei de compensare<sup>(35)</sup> și apoi ca urmare a entropiei de eterogenizare<sup>(36)</sup>; dacă notăm cele două influențe asupra tactului temporal din mediul complementar cu:  $t_C^{\bar{N}}(co)$  și, respectiv,  $t_C^{\bar{N}}(et)$ , atunci va trebui să scriem, conform relațiilor

$$\text{lor anterioare: } \lambda_D = \frac{dE_D}{t_D^{\bar{N}}}, \text{ respectiv } \lambda_C(co) = \frac{dE_C}{t_C^{\bar{N}}(co)}. \text{ La}$$

acest nivel al relațiilor, într-adevăr, variația celor două tacturi temporale ( $t_D^{\bar{N}}$ , respectiv  $t_C^{\bar{N}}(co)$ ) este egală și de

semn contrar, compensând exact variația celor două entropii, care, așa cum am arătat, variază în sens invers proporțional sensului în care variază tacturile menționate. Așadar, în acest context, viteza entropiei în sistemul disipativ este egală cu viteza entropiei din mediul complementar (și, ca urmare, viteza entropiei globale este invariantă la apariția sistemelor

disipative<sup>(37)</sup>), adică putem scrie:  $\frac{dE_D}{t_D^{\bar{N}}} = \frac{dE_C}{t_C^{\bar{N}}(co)} \rightarrow \lambda_D = \lambda_C(co)$ ;

6) cum, însă, așa cum am arătat deja, tactul temporal al mediului complementar scade (întrucât entropia sa crește) cu o mărime suplimentară, generată de creșterea entropiei ca urmare a simplului fapt al apariției sistemului disipativ, apar elemente noi în discuție.

Pentru a exprima mai clar ceea ce vrem să spunem, vom face câteva notații noi:

Fie  $E(co)$  variația de entropie care se produce în momentul apariției unui sistem disipativ în Universul 0, la momentul  $t_0$ . Această variație reprezintă un transfer de energie joasă din mediul complementar către sistemul disipativ, adică avem:  $E_C^{\bar{N}} = E^N \times (1 + \alpha_{co})$ , unde cu  $\alpha_{co}$  s-a notat un coeficient de creștere a entropiei în mediul complementar ca urmare a apariției eterogenității entropice

( $\alpha_{co} = \frac{E(co)}{E^N}$ ), respectiv  $E_D^{\bar{N}} = E^N \times (1 - \alpha_{co})$ . Se vede ușor

că, ignorând consumul de entropie joasă pentru apariția sistemului disipativ, după momentul  $t_0$  nu avem decât o redistribuire a entropiei între sistemul disipativ și mediul complementar<sup>(38)</sup>. În acest caz, cum tactul temporal se modifică (tot instantaneu) în direcția inversă modificării entropiei, și anume în mod proporțional, avem, așa cum am arătat mai sus, invarianța vitezei entropiei. Să determinăm modul în care variază, în acest caz, tactul în cele două substructuri ale

Universului 1:  $\lambda_C^N = \frac{dE^N}{t^N}$ , de unde,  $dE_N = \lambda_C^N \times t^N$ . Dar

$$\lambda_C^{\bar{N}}(co) = \frac{dE_C^{\bar{N}}}{t_C^{\bar{N}}(co)} \text{ și, cum } E_C^{\bar{N}} = E^N \times (1 + \alpha_{co}), \text{ rezultă}$$

$$\lambda_C^{\bar{N}} = \frac{d[E^N \times (1 + \alpha_{co})]}{t_C^{\bar{N}}(co)} = \frac{(1 + \alpha_{co}) \times dE^N}{t_C^{\bar{N}}(co)} = \frac{(1 + \alpha_{co}) \times \lambda_C^N \times t^N}{t_C^{\bar{N}}(co)}.$$

Cum, încă, conform principiului invarianței vitezei entropiei globale,  $\lambda_C^{\bar{N}} = \lambda_C^N$ , obținem:  $\frac{t_C^{\bar{N}}(co)}{t^N} = 1 + \alpha_{co}$ , de unde

rezultă că rata tactului în mediul complementar (comparativ cu tactul natural, adică cu cel existent înainte de apariția sistemului disipativ) este  $R_{t(C)}^{\bar{N}}(co) = \frac{t_C^{\bar{N}}(co) - t^N}{t^N} = \alpha_{co}$ <sup>(39)</sup>.

Cum  $\alpha_{co} > 0$  prin definiție, rezultă că avem, în mediul complementar, o creștere a tactului temporal, ceea ce semnifică o „încetinire” a timpului propriu în raport cu timpul de ceas, adică o creștere a vitezei entropiei, măsurată după timpul universal (de ceas). Așadar, trebuie aduse două amendamente la principiul invarianței vitezei entropiei: 1) este vorba numai despre invarianța vitezei raportată la

entropia de compensare (deci nu cuprinde impactul entropiei de eterogenizare); 2) este vorba despre invarianța vitezei entropiei raportată la timpul propriu și nu la timpul de ceas (în raport cu care, așa cum am văzut, avem o creștere a vitezei entropiei în mediul complementar, deci o accelerație a entropiei, ca urmare a apariției sistemului disipativ). Procedând în mod similar, pentru sistemul

disipativ, putem scrie în mod succesiv:  $\lambda_D^N = \frac{dE^N}{t^N}$  (adică, înainte de apariția sistemului disipativ, viteza entropiei era aceeași în întregul Univers 0), de unde  $dE_N = \lambda_D^N \times t^N$ .

Dar  $\lambda_D^{\bar{N}} = \frac{dE_D^{\bar{N}}}{t_D^{\bar{N}}}$  și, cum  $E_D^{\bar{N}} = E^N \times (1 - \alpha_{co})$ , rezultă

$$\lambda_D^{\bar{N}} = \frac{dE^N \times (1 - \alpha_{co})}{t_D^{\bar{N}}} = \frac{\lambda_D^N \times t^N \times (1 - \alpha_{co})}{t_D^{\bar{N}}}. \text{ Cum, încă, con-}$$

form principiului invarianței vitezei entropiei globale,

$$\lambda_D^{\bar{N}} = \lambda_D^N \text{ obținem: } \frac{t_D^{\bar{N}}}{t^N} = 1 - \alpha_{co}, \text{ de unde rezultă că rata}$$

tactului în sistemul disipativ (comparativ cu tactul natural, adică cu cel existent înainte de apariția sistemului disipativ)

$$\text{este } R_{t(D)}^{\bar{N}} = \frac{t_D^{\bar{N}} - t^N}{t^N} = -\alpha_{co}^{(40)}. \text{ Cum } \alpha_{co} > 0 \text{ prin definiție,}$$

rezultă că avem în sistemul disipativ (înăuntrul membranei sale) o reducere a tactului temporal, ceea ce semnifică o „accelerare” a timpului propriu în raport cu timpul de ceas, adică o scădere a vitezei entropiei, măsurată după timpul universal (de ceas). Aceasta înseamnă că, în sistemul disipativ, se produce o decelerație a entropiei, măsurată după timpul de ceas.

Să observăm că accelerația entropiei în mediul complementar este egală cu decelerația entropiei în sistemul disipativ. Pe această bază, s-ar putea spune că apariția unui sistem disipativ nu a modificat viteza entropiei globale în Universul 1, ci a generat doar o distribuție inegală a ei între cele două substructuri (sistemul disipativ și mediul complementar). Concluzia aceasta nu este, însă, corectă, deoarece asupra vitezei entropiei din mediul complementar mai acționează și entropia de eterogenizare (o anumită creștere a entropiei ca urmare a „nașterii” sistemului disipativ<sup>(41)</sup>). Dacă introducem și acest impact, rezultă:

$$E_C^{\bar{N}} = E^N \times (1 + \alpha_{co} + \alpha_{et}), \text{ cu } \alpha_{et} = \frac{E(et)}{E^N}. \text{ Înlocuind,}$$

$$\text{obținem următoarea relație: } \lambda_C^{\bar{N}} = \frac{d[E^N \times (1 + \alpha_{co} + \alpha_{et})]}{t_C^{\bar{N}}} =$$

$$= \frac{(1 + \alpha_{co} + \alpha_{et}) \times dE^N}{t_C^{\bar{N}}} = \frac{(1 + \alpha_{co} + \alpha_{et}) \times \lambda_C^N \times t^N}{t_C^{\bar{N}}}. \text{ Cum,}$$

încă, conform principiului invarianței vitezei entropiei

$$\text{globale, } \lambda_C^{\bar{N}} = \lambda_C^N, \text{ rezultă } \frac{t_C^{\bar{N}}}{t^N} = 1 + \alpha_{co} + \alpha_{et}. \text{ Folosind un}$$

rezultat anterior, avem  $\frac{t_C^{\bar{N}}}{t^N} - \frac{t_C^{\bar{N}}(co)}{t^N} = \alpha_{et}$ . Cum  $\alpha_{et} > 0$  prin

definiție, rezultă că  $t_C^{\bar{N}} > t_C^{\bar{N}}(co)$ , ceea ce arată o creștere a tactului temporal în mediul complementar mai mare decât creșterea indicată de simpla entropie de compensare. De asemenea, mai putem scrie:  $R_{t(C)}^{\bar{N}} = R_{t(C)}^{\bar{N}}(co) + \alpha_{et}$ . Aceasta arată că, de fapt, la nivelul acțiunii concomitente a celor două entropii (entropia de compensare și entropia de eterogenizare), între vitezele entropiei în cele două substructuri ale Universului 1 (sistemul disipativ și mediul complementar) nu mai există o simplă diferență relativă, ci este vorba despre o diferență absolută de tact temporal (deci de viteză a entropiei). Aceasta este explicația pentru care se acceptă, la nivel calitativ, faptul că apariția sistemelor disipative accelerează entropia globală a Universului 1.

### Unele concluzii

Apariția sistemelor disipative rupe simetria entropică a Universului, creând două structuri: sistemul disipativ, pe de o parte și mediul complementar sistemului disipativ, pe de altă parte. Această eterogenizare entropică generează o redistribuire a „masei” de entropie, și anume separă o entropie joasă (adică un grad de complexitate superior) în interiorul membranei sistemului disipativ de o entropie înaltă (adică un grad de complexitate scăzut) în mediul complementar. Creșterea complexității micșorează, însă, tactul timpului propriu (specific, dependent de proces) în sistemul disipativ, adică reduce viteza entropiei (decelerând-o) și mărește tactul timpului propriu în mediul complementar, adică crește viteza entropiei (accelerând-o). Principiul invarianței entropiei globale acționează doar în cazul luării în considerare a simplei redistribuirii a entropiei cu „ocazia” apariției sistemului disipativ (adică doar pe baza entropiei de compensare). „Nașterea”, însăși, a sistemului disipativ necesită un consum de entropie joasă din mediul complementar sau (ceea ce este același lucru, adică este echivalent logic) necesită o „producție” de entropie înaltă în mediul complementar. Astfel, între cele două substructuri ale Universului (sistemul disipativ, respectiv mediul complementar) apare nu doar o diferență relativă de viteză a entropiei (generată de măsurarea inadecvată, cu timpul de ceas) a celor două viteze<sup>(42)</sup> ci apare o diferență absolută de viteză a entropiei. Această diferență absolută este cea care conduce la accelerația entropiei globale (la nivelul ambelor substructuri evocate). Aceasta înseamnă că procesul de apariție a sistemelor disipative<sup>(43)</sup> modifică, de fapt, la nivel absolut, viteza entropiei globale.

Considerațiile de mai sus nasc, la rândul lor, o mulțime de alte chestiuni care au rămas fără răspuns sau, în cel mai bun caz, fără un răspuns concludent. Enumerăm doar

câteva: a) are vreo importanță vârsta<sup>(45)</sup>. Universului 0 pentru momentul de apariție a sistemului disipativ? Cum anume exercită o asemenea influență, din punctul de vedere al vitezelor și accelerațiilor entropiei?; b) este posibil un sistem disipativ în care viteza entropiei să devină negativă, adică entropia să scadă<sup>(46)</sup>? Ce semnificație ar trebui să aibă această situație din perspectiva problemei săgeții timpului?; c) are vreo importanță dacă în Universul 0 apare un sistem disipativ sau mai multe? Cum influențează această situație viteza entropiei globale?

### Note, comentarii și referințe bibliografice

- (1) Aici este foarte important cuvântul global, deoarece în sistemele disipative (care pot fi, prin definiție, doar locale) avem scăderi ale entropiei fără ca, prin aceasta, să se fi inversat săgeata timpului. Totuși, în cazul acesta, apare o întrebare de ordin metodologic: cum anume știm că, deși entropia nu crește (sau chiar scade), într-o anumită zonă a universului, nu avem de-a face, totuși, cu un „colț” de univers în care săgeata timpului este inversată, ci, de fapt, ne aflăm într-un sistem disipativ? Aici este nevoie, după cum se vede (și vom aborda în continuare această chestiune), de un criteriu de recunoaștere între situația de inversare a săgeții timpului și cea de sistem disipativ, pur și simplu. Desigur, problema nu poate fi rezolvată fără a lua în calcul situația din mecanica cuantică în care avem, după cum se știe, inversări efective ale săgeții timpului, dar doar din perspectiva cauzalității definite independent de entropie.
- (2) Întrucât intenționăm să discutăm despre sisteme mixte (sisteme care îmbină caracterul natural cu caracterul disipativ), prin entropie vom înțelege un anumit grad de organizare (de complexitate). Într-un mod metaforic, pentru a reface legătura cu termodinamica, se poate spune că avem în vedere o anumită „temperatură” a unui sistem, „temperatură” care crește pe măsură ce crește gradul de complexitate și invers.
- (3) Nu contează, pentru moment, dacă acesta este de tip uman sau nonuman. După cum se știe, prezența unui sistem disipativ este detectată doar de prezența accelerației entropiei în mediul acelui sistem disipativ. În felul acesta, se poate spune, desigur, că accelerația entropiei în mediul sistemului disipativ reprezintă marca sistemului disipativ în cauză. Marca unui sistem disipativ are un caracter necesar și immanent.
- (4) Este ușor de observat faptul că acest fenomen este similar cu fenomenul pe care îl numim, în macroeconomie, dezinflație: într-adevăr, dezinflația reprezintă o scădere a vitezei de creștere a inflației: dacă asimilăm inflația cu o entropie sui-generis, atunci scăderea inflației (inflația este, la rândul ei, cum se știe, o viteză, și anume viteza de creștere a prețului mediu) este de tipul scăderii vitezei de creștere a acestei entropii sui-generis (problema asimilării inflației cu entropia este, totuși, una prea complicată pentru a putea fi dezvoltată în cadrul acestui studiu; de exemplu, s-ar putea spune, oare, că dezinflația locală – de exemplu, la nivel național, nivel care se află într-o structură integrată, cum este cea a UE – accelerează inflația de la nivelul structurii economice integrate? Sau, se poate vorbi,

Considerațiile propuse în studiul de față (inclusiv întrebările formulate în urma analizelor noastre) nu au doar o semnificație academică, de natura filosofică (sau chiar metafizică). Globalizarea și problemele pe care ea le antrenează (sau le pune în evidență într-un mod mai acut și mai insistent), și care este un proces de natură pragmatică (generată, așadar, de practica socială), indică necesitatea acelorași preocupări față de „mediul complementar” pe care sistemele disipative de tip uman l-au creat în lumea sublinară (pentru moment).

aici, nu despre o accelerație a inflației în spațiu, ci despre una în timp, cu alte cuvinte, dacă dezentropia are impact interspațial, dezinflația are un impact intertemporal? etc.).

- (5) Pentru moment, considerăm un timp nediferențiat în raport cu procesul cărui îi este asignat, adică avem, aici, un timp exterior, de ceas, pur cronologic (adică un contor ca oricare altul). Ulterior, vom constata că tocmai această presupunere va furniza, prin negație, cheia soluției pe care o preconizăm cu privire la variația vitezei entropiei generate de apariția sistemelor disipative în Univers.
- (6) La drept vorbind, mediul global se schimbă calitativ după apariția unui sistem disipativ, de aceea, în acest din urmă caz ar trebui să vorbim despre un mediu complementar, adică despre „restul” mediului care rămâne din mediul global după ce am extras, din punct de vedere metodologic, sistemul disipativ (sistemul mărginit de membrana menționată).
- (7) Prin capacitate autopoietică se înțelege capacitatea de autogenerare și autoregenerare (autoorganizare, mai general).
- (8) Vom vedea, în paragraful următor, semnificația expresiei „cel puțin” folosite aici.
- (9) În studiul nostru „Sustenabilitatea sursei financiare” în curs de apariție la Editura Expert (un extras va apărea și în publicația Oeconomica, nr. 4/2006) am indicat o relație logică predicativă care poate obține atributul de autonomie pentru un sistem oarecare dat (în Figura 1 redăm o adaptare a acestui punct de vedere):

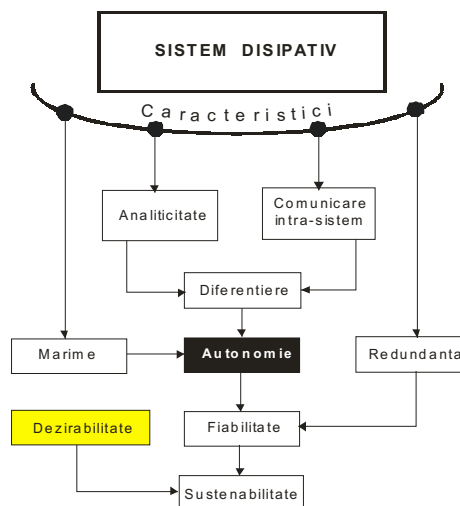


Figura 1. Generarea autonomiei (simplificată ecologică)

- <sup>(10)</sup> Este evident că, în modul cel mai simplu, prin sistem disipativ vom înțelege sistemul care are capacitatea de a se opune vitezei de creștere a entropiei globale (sau, cu alte cuvinte, care are capacitatea de a asigura, în interiorul membranei sale, o viteză a entropiei mai mică decât în mediul său complementar). Problema posibilității scăderii entropiei în interiorul membranei unui sistem disipativ va fi discutată separat, deoarece ea deschide chestiunea posibilității inversării locale a săgeții timpului.
- <sup>(11)</sup> Pe parcursul studiului, vom arăta că principiul invarianței vitezei entropiei globale trebuie limitat la un anumit fenomen de „producere” a entropiei.
- <sup>(12)</sup> Să observăm că postularea unui asemenea principiu nu împietăzesc cu nimic asupra principiului săgeții timpului, indicată de creșterea entropiei globale. Într-adevăr, este vorba doar despre o structurare (locală) a vitezei entropiei (pe diferite clase de entropie) și nu despre vreo influență asupra vitezei globale a entropiei. Necesitatea unui asemenea postulat este una logică: se admite că un sistem disipativ va accelera entropia din mediul său complementar (îi va crește viteza), concomitent cu decelerarea entropiei în interiorul membranei acelui sistem (scăderea vitezei). Se pune problema: cum știm că în interiorul membranei sistemului disipativ avem o decelerare a entropiei, în timp ce în afara lui (în mediul complementar, conform terminologiei propuse anterior) avem o accelerare a entropiei? Nu putem ști asta decât dacă avem o referință independentă, un benchmark, iar această referință nu poate fi decât viteza naturală a entropiei (după cum se știe, două sisteme care se „mișcă” unul față de altul introduc o indiscernabilitate cu privire la viteza absolută a fiecărui sistem). Așadar, postularea invarianței vitezei entropiei naturale după apariția sistemului disipativ este o necesitate logică.
- <sup>(13)</sup> Impactul apariției sistemelor disipative asupra variației vitezei entropiei este una calitativă și nu cantitativă (cu alte cuvinte, nu vom determina viteza rezultantă a entropiei după apariția sistemelor disipative ca pe un rezultat ponderat cu numărul – sau mărimea – acestora). De notat că, totuși, conform notei (9), mărimea unui sistem disipativ are importanță în generarea autonomiei sale în raport cu mediul complementar.
- <sup>(14)</sup> Într-un mod analog curburii spațiului fizic generat de neomogenitatea repartizării maselor gravitaționale (așa cum este ea descrisă în geometriile non-euclidiene sau în teoria generală a relativității).
- <sup>(15)</sup> Vezi considerații logice detaliate despre geneza și impactul eterogenităților în Ștefan Lupașcu, *Logica dinamică a contradictoriului*, Editura Politică, București, 1984.
- <sup>(16)</sup> Așa cum am menționat mai sus, entropia poate fi (pseudo)-măsurată prin intermediul complexității (organizării). Să notăm, în acest punct, faptul că prin complexitate vom înțelege o măsură a densității de conexiuni structurale (de orice natură) în interiorul membranei sistemului în cauză. A admite că un sistem disipativ ia naștere la un nivel de complexitate mai mic (adică la un nivel al entropiei mai mare) decât cel al mediului său ar însemna, din punct de vedere logic, că acest sistem „pompează” entropie scăzută (mai scăzută decât entropia medie, omogenă, a mediului originar) în mediu. Prin pomparea de entropie scăzută în mediu, sistemul în cauză „reuşește” să atingă un nivel al entropiei locale mai mare decât cel al entropiei mediului său complementar. Or, pentru a face asta, sistemul în cauză trebuie să consume de undeva tocmai entropie scăzută (mai scăzută decât cea a mediului său). Ajungem, astfel, într-un impas logic. Consecința este aceea că, în mod necesar, apariția unei eterogenități în Universul 0 va avea loc la un nivel de entropie mai scăzută (adică la un nivel de complexitate mai ridicat) decât cea a mediului complementar. Aceasta se realizează, desigur, prin „extragerea” de entropie scăzută din mediu și „pomparea” echivalentă de entropie ridicată în mediu.
- <sup>(17)</sup> De fapt, această conservare a gradientului va avea loc doar până în momentul în care se va produce o accelerare/decelerare a entropiei în sistemul disipativ. Aceste „evenimente” sunt echivalente, din punct de vedere logic (cum vom arăta spre sfârșitul studiului), cu apariția unor sisteme disipative distincte.
- <sup>(18)</sup> Pentru a evita unele complicații logice, vom considera că acest transfer se realizează instantaneu.
- <sup>(19)</sup> Rămâne în suspensie, desigur, problema cauzalității apariției acestei eterogenități entropice. Asupra ei va trebui să revenim, pe larg, cu altă ocazie (pentru moment, punem această chestiune între paranteze).
- <sup>(20)</sup> Fără să mai spunem că, de fapt, nu cuantificăm nici măcar viteza, ci doar variația ei, adică accelerația entropiei.
- <sup>(21)</sup> Să reținem, aici, ideea că apariția unei eterogenități entropice nu este posibilă în Universul 0 decât dacă acesta nu se află deja în starea de echilibru termodinamic. Așa cum se arată în literatura de specialitate (vezi, de exemplu, Ilya Prigogine și Isabelle Stengers, *Noua Alianță – Metamorfoza științei*, Editura Politică, București, 1984) sistemele disipative sunt sisteme departe de echilibru. Totuși, niciun sistem departe de echilibru nu poate apărea într-un univers care se află în echilibru termodinamic. Prin urmare, apariția unei eterogenități entropice implică existența unei anumite potențialități (virtualități) a universului. Cum anume ar trebui să înțelegem (adică să descriem în termeni logici) această potențialitate? <sup>(24)</sup> Această întrebare va rămâne, în cadrul discuției de față, fără un răspuns neambiguu.
- <sup>(22)</sup> Desigur, nu atât de radicală încât să nu mai fi fost evocată (și chiar dezbătută, în anumite contexte) în literatura de specialitate dedicată acestei chestiuni.
- <sup>(23)</sup> Dacă nu s-ar întâmpla astfel, nu am putea detecta sistemul disipativ (în plus, așa cum am arătat, sistemul disipativ nu se poate caracteriza printr-o creștere a entropiei în raport cu cea a mediului complementar).
- <sup>(24)</sup> Aici avem de-a face cu o dificultate enormă, deoarece, așa cum am spus, chestiunea conține întrebarea despre cauzalitatea apariției eterogenității. Așa cum ne dăm seama, pot exista trei răspunsuri la întrebarea privind conținutul expresiei „potențial de apariție a eterogenităților entropice”: a) decizia divină; b) cauzalitatea deterministă (nu se pune, desigur, problema apelului la o cauzalitate statistică – adică, probabilistă – aceasta nefiind, în opinia noastră, decât un subterfugiu metodologic lipsit de orice semnificație epistemologică, deși de o oarecare utilitate instrumentală; c) spontaneitatea imanentă a universului. Pentru moment, preferăm să „punem între paranteze” această chestiune (crucială, totuși, pentru o discuție completă) și să acceptăm,

- tacit, soluția a treia menționată mai sus. Chestiunea înțelegerii raționale a spontaneității apariției eterogenității este, și ea, una care ne va interesa în materiale viitoare.
- (25) Inclusiv, de exemplu, la nivelul vitezei „originare”,  $\lambda_N$ . Aceasta conduce, însă, la un rezultat absurd: ar însemna ca sistemul disipativ să dănuie mai mult decât mediul complementar (întrucât sistemul disipativ are o cantitate mai mare de entropie joasă de degradat decât mediul complementar). Or, asta ar însemna că echilibrul termodinamic se atinge separat pentru sistemul disipativ și pentru mediul complementar (rezultat, evident, inacceptabil).
- (26) Să observăm, aici, din nou, indiscernabilitatea despre care am vorbit mai sus, ca urmare a faptului că nu avem un cadru de referință la care să se raporteze, concomitent, sistemul disipativ și mediul complementar, din perspectiva vitezelor înregistrate la entropiile lor.
- (27) Fără să mai spunem că ceasul în cauză este un ceas impropriu (în sensul... propriu al termenului), adică este un ceas cu tactul independent de procesul pe care-l contorizează.
- (28) În lucrarea autorului, *Fenomenul inerțial în procesul economic*, Editura Economică, București, 2001, se discută pe larg chestiunea timpului interior (pe exemplul timpului economic), indicându-se și consecințele epistemologice și metodologice ale considerării unui timp dependent de procesul pe care-l „măsoară”.
- (29) Ne referim, desigur, la o corelare pur metodologică – ba chiar la una de definiție – și nu la o corelație de tip causal.
- (30) Motivul este simplu: nu există altceva, în Univers, decât sistemul disipativ și mediul complementar, cu excepția divinității, desigur (dar doar dacă divinitatea este considerată într-un sens transcendent în raport cu Universul).
- (31) Evident, dacă notăm cu  $t_G^N$  tactul timpului în Universul 0, atunci trebuie să avem cu necesitate:  $t_G^N \equiv t_C^N$ .
- (32) Să observăm că, pe această bază,  $dt = t$ , adică variația standard a timpului (evident, aici nu are niciun sens trecerea la limită, adică considerarea unui moment generat de  $dt \rightarrow 0$ ) indică tocmai tactul timpului. Specificând, obținem:  $dt_G^N = t_G^N$ ,  $dt_C^N = t_C^N$ ,  $dt_D^N = t_D^N$ .
- (33) De observat că Universul 1 reprezintă o acoperire compactă a Universului 0 cu cele două entități generate de apariția sistemului disipativ: sistemul disipativ însuși și mediul complementar (de exemplu, în sensul topologic al termenului).
- (34) Am putea să-l denumim, metaforic, „costul eterogenizării” Universului 0.
- (35) Numim entropie de compensare entropia care este antrenată de scăderea entropiei din sistemul disipativ.
- (36) Numim entropie de eterogenizare entropia care este necesară apariției eterogenității entropice (apariției sistemului disipativ).
- (37) Problema dacă relația este simetrică (adică dacă se produc fenomene inverse în cazul dispariției unui sistem disipativ) merită discutată, dar vom face acest lucru cu un alt prilej.
- (38) Faptul că apariția sistemului disipativ se produce instantaneu ne scutește de complicațiile legate de creșterea entropiei pe perioada în care se formează structura disipativă în discuție, deși, într-o analiză mai generală, poate fi luat în considerare și acest caz.
- (39) Așadar, rata tactului temporal este aceeași cu rata entropiei de compensare „primită” de mediul complementar.
- (40) Așadar, rata tactului temporal este aceeași cu rata entropiei de compensare „pierdută” de sistemul disipativ.
- (41) Acest efect ar putea fi ignorat dacă am accepta ipoteza „bobârnacului inițial” divin în crearea sistemelor disipative (atât a celor nonumane, cât și a celor umane). În acest caz, nu ar mai fi nevoie să se consume entropie joasă din mediul complementar, deoarece această energie ar veni din afara Universului 0 (întrucât, evident, ipoteza „bobârnacului inițial” divin nu poate fi disociată de ipoteza unui Dumnezeu transcendent; or, dacă Dumnezeu este transcendent, înseamnă că energia de constituire a sistemelor disipative vine din afara Universului 0).
- (42) Pe când, prin măsurarea cu ceasurile proprii (bazate pe tactul timpului propriu al fiecărei substructuri), avem verificarea principiului invarianței vitezei entropiei.
- (43) Din punct de vedere logic, apariția de sisteme disipative este echivalentă cu „perfecționarea” sistemelor disipative existente sub aspectul decelerării entropiei în raport cu viteza globală atinsă în momentul respectiv, deoarece impactul asupra entropiei de eterogenizare este același<sup>(44)</sup>.
- (44) Este demn de reținut faptul că un sistem disipativ se poate afla în următoarele „situații entropice”: a) viteza entropiei din interiorul membranei sale este egală cu viteza entropiei globale (adică nu avem variații de viteză a entropiei în raport cu mediul complementar); b) viteza entropiei scade sub cea a entropiei globale (avem un consum de entropie joasă din mediul complementar, de natura entropiei de eterogenizare, pentru a asigura acest diferențial de viteză); c) viteza entropiei devine zero, sistemul devine staționar din punct de vedere entropic (avem un consum de entropie joasă din mediul complementar, de natura entropiei de eterogenizare, pentru a asigura această stagnare a gradului de complexitate); d) viteza entropiei devine negativă, adică sistemul își sporește gradul de complexitate; nu numai că avem un consum de entropie joasă din mediul complementar pentru a realiza acest „obiectiv”, dar apare și spinoasa problemă a săgeții timpului (să observăm faptul că săgeata timpului se pune, evident, din perspectiva timpului de ceas, adică a unui timp impropriu).
- (45) Este ușor de observat faptul că vârsta Universului 0 trimite la gradul de entropizare al Universului 0 la momentul apariției unui sistem disipativ. O întrebare suplimentară care poate apărea aici este: oare viteza entropiei este „catalizată” de gradul de entropizare sau este o mărime constantă? Întrebarea aceasta este de o importanță crucială în întreaga economie a dezbaterii propuse în acest material.
- (46) Să observăm că aici intervine importanța distincției dintre sistemele disipative non-umane (care „merg” până la anularea vitezei entropiei, în principiu) și sistemele disipative umane (care, mai ales prin construcția socială, pare că reduc entropia, asigurând viteze negative ale acesteia). În mod curios, din perspectiva timpului de ceas, nu a apărut, încă, nicio angoasă existențială legată de inversarea săgeții timpului. Este posibil, totuși, ca explicația să nu comporte doar considerente logice, ci și aspecte de natură psihologică.