

C1 UNIVERSUL FIZIC (EXISTENȚA NEVIE)

Conspect întocmit de Valentin Inceu

Lumea nu trebuie înțeleasă ca un ansamblu de lucruri definitive, ci ca o multitudine de procese înălțuite, în care lucrurile în aparență stabile, ca și reflectarea lor mintală în capul nostru - noțiunile, se află în neîntreruptă transformare. Ea reprezintă un ansamblu unitar, complex structurat și (auto)organizat.

Fizica atomică a fost și este baza înțelegerii structurii materiei. De la nivel atomic în sus construim agregate de atomi (molecule, corpuri solide și lichide) care se studiază în capitole speciale: fizica moleculară, fizica solidelor și fizica lichidelor.

La o scară mai ridicată se studiază agregatele macroscopice ca planetele, stelele și galaxiile.

La o scară mai mică decât cea atomică se studiază nucleul și particulele subnucleare, ca și interacțiunile fundamentale dintre ele.

Scara atomică este aceea care a reprezentat deschiderea efectuată de inteligența umană pentru înțelegerea structurii materiei.

Așa cum se redă mai jos nivelurile de organizare ale universului fizic pot fi delimitate în primul rând dimensional-spațial astfel că există: un micro-, un macro- și un mega-cosmos.

La rândul lui fiecare nivel dimensional poate fi delimitat în funcție de gradul de complexitate al structurilor pe care le include.

Se observă imediat că nivelurile structurale ale realității fizice sunt ierarhice și așa cum vom vedea ele se dezvoltă eșalonat în timp printr-un proces evolutiv, ale cărui secvențe se desfășoară și acum în diverse puncte ale universului.

Existența Nevie, fizico-chimică (abiotică)

- **Scara microscopică (micro-univers):** accesibilă prin efectele sale la nivel macroscopic
 - Corzi energetice
 - Particule elementare sau compuse și forțe cuantice
 - Atomi
 - Molecule
- **Scara macroscopică (macro-univers):** corespunde simțurilor și experienței umane cotidiene
 - Substanțe și stări de agregare
 - Corpuri, forțe și câmpuri de forțe
 - Geosisteme
- **Scara megascopă (mega-univers):** accesibilă prin efectele sale la nivel macroscopic
 - Planete, stele, radiații/câmpuri
 - Sisteme planetare
 - Galaxii și grupuri de galaxii

CUPRINS

SCARA MICROSCOPICĂ	3
Atomi	3
Molecule	9
Plasma.....	10
Cuarci și electroni.....	11
Corzi energetice	12
Concluzii privind nivelul microscopic.....	14
SCARA MACROSCOPICĂ	16
Substanțe chimice	16
Corpuri fizice și forțe de interacținune	18
Geosistemul terestru	19
Sisteme termodinamice.....	23
Concluzii privind nivelul macroscopic	25
SCARA MEGASCOPICĂ	28
Planeta Pământ.....	28
Soarele	31
Sistemul Solar.....	33
Galaxiile.....	35
Structura părții vizibile a Universului.....	37
Concluzii privind nivelul megascopic	38
Concluzii sintetice privind existența nevie	39

SCARA MICROSCOPICĂ

Teoria modernă a originilor cosmosului susține următoarele ca acum 15 miliarde de ani, universul a apărut în urma unui eveniment violent energetic botezat Big Bang (marea explozie) care a produs tot spațiul și toată materia. Nu trebuie să căutăm prea mult pentru a afla locul unde s-a petrecut big bang-ul - el s-a produs acolo unde suntem noi acum și pretutindeni; la început, toate pozițiile pe care acum le vedem separate erau în același loc.

La 10^{-43} secunde de la Big Bang, după așa-numitul timp Planck, temperatura universului, conform calculelor, era de aproximativ 10^{32} grade Kelvin, de vreo 10 milioane de miliarde de miliarde de ori mai mare decât în interiorul Soarelui. Cu trecerea timpului, universul s-a extins și s-a răcit, iar plasma cosmică primordială, era formată din cuarci, electroni și fotoni.

La aproximativ o sutime de miime de secundă după Big Bang materia se răcise suficient (până la 10 mii de miliarde de grade Kelvin, cam de un milion de ori mai fierbinte decât interiorul Soarelui), așa încât cuarcii să se unească în grupuri de trei, formând protoni și neutroni sub acțiunea forței nucleare tari. Cuarci se asociază la întâmplare dar anumite combinații nu rezistă. Dacă se assemblează doi câte doi, cuplurile formate sînt instabile și se dezintegrează rapid. Numai două tipuri de triouri sunt stabile: o combinație de doi cuarci de tip „up” și unul de tip „down”, care formează un proton, și doi tip „down” și unul „up”, care alcătuiesc un neutron.

O sutime de secundă mai târziu, forța nucleară tare determină ca nucleeele unora dintre cele mai ușoare elemente ale tabelului periodic să înceapă să se formeze prin asocierea de protoni și neutroni.

În următoarele trei minute, cum universul s-a răcit până la aproape un miliard de grade, nucleeele predominante erau cele de hidrogen (H) și heliu (He). De exemplu nucleul de heliu este format doi protoni și doi neutroni. Această perioadă este cunoscută sub numele de nucleosinteza primordială.

În următoarele câteva sute de mii de ani nu s-au întâmplat prea multe lucruri, în afara continuei expansiuni și răcirii a universului.

Dar apoi, când temperatura coboară sub 3000 de grade, intră în funcțiune forța electromagnetică, care are ca efect atracția dintre particulele care posedă sarcină electrică opusă

Mișcarea termică violentă a electronilor se reduce iar nucleeele de hidrogen și heliu pot atrage electronii, formând primii atomi neutri din punct de vedere electric.

Bariera de nuclee pozitive și electroni negativi nu permitea mișcarea liberă a fotonilor așa că universul era complet opac. Odată ce electronii liberi au început să orbiteze în jurul nucleelor formând primii atomi universul devine transparent pentru lumina formată din fluxuri de fotoni.

Pe planul organizării materiei în univers nu se va petrece nimic spectaculos timp de sute de milioane de ani.

Atomi

Fizica atomică a demonstrat că substanțele și corpurile pe care le percepem cu ajutorul simțurilor ca un mediu continuu au la nivel microscopic o structură granulară. Ele sunt formate din corpusculi cu dimensiuni minuscule de zece milioane de ori mai mici decât un milimetru (10^{-10} m) numiți atomi (cuvântul *atom* provine din limba greacă și înseamnă indivizibil).

La rândul lor atomii sunt alcătuiți din nuclee, formate din **protoni**, **neutroni** și din **electroni**. Funcție de proprietățile lor specifice atomii se grupează formând **molecule**.

Masa atomului este concentrată într-un nucleu alcătuit din protoni și neutroni. **Nucleul are o sarcină globală pozitivă** și dimensiuni de circa zece mii de ori mai mici decât cele ale atomului. În jurul lui se rotesc **electroni cu sarcină elementară negativă** având masa foarte mică (ca dimensiuni, ei sunt de peste zece mii de ori mai mici decât nucleul).

Fizica nucleară a arătat apoi că atât protonii, cu sarcină elementară pozitivă cât și neutronii, care nu au sarcină electrică sunt formați din niște particule cu dimensiuni și mai reduse denumite **cuarci**.

Descrierea noastră va începe cu **atomii** va urca un pas pe scara complexității la **molecule** și va coborî apoi la **niveluri de complexitate mai redusă**.

Pentru fiecare particulă în parte se prezintă **elementele componente** și **interacțiunile** dintre ele, **interacțiunea particulei cu mediul** său exterior, **durata de viață**, **mișcarea** și **transformarea** acesteia.

ATOMUL - ca sistem (neutru din punct de vedere electric dar cu sarcina pozitivă a nucleului incomplet ecranată de norul electronic-centrele de greutate ale sarcinilor spațiale +/- nu coincid):

- *Elemente:* particule subatomice de masă (masă nenulă), separate spațial, care efectuează mișcări repetitive într-un spațiu de mici dimensiuni - formează o pereche de contrarii/sarcini electrice opuse
 - Nucleul, sarcină electrică pozitivă, concentrează practic toată masa atomului
 - Electroni, sarcină negativă, masă foarte mică
 - Contrariile electrice (nucleu+electroni) + interacțiune/forțe electromagnetice+mișcare orbitală = salt/transformare calitativă (formarea atomului) Ex. datorită extinderii Universului după 1 milion de ani de la Big Bang temperatura a scăzut la câteva mii de grade și electronii și nucleele nu mai aveau suficientă energie pentru a depăși atracția electromagnetică dintre ele iar electronilor liberi s-au legat de nucleele de H și He, formând atomi. (Universul a trecut din stadiul plasmatic de electroni liberi și nuclee într-un gaz atomic format din H și He).
- *Relații/interacțiuni intra-sistem:*
 - Forțe electromagnetice de atragere între nucleu și electroni care determină dispunerea pe straturi a electronilor (**manifestate prin particule de forță/schimb cu masă nulă - fotoni virtuali** ce acționează doar în interiorul atomului (*particulă virtuală*: o particulă care nu poate fi niciodată detectată direct, dar a cărei existență are efecte măsurabile).
 - **Când electronii se apropie prea mult de nucleu**, forța electrică de atracție dintre ei scade cu distanța după o lege ce permite atomilor să fie stabili (electronii nu cad pe nucleu).
 - **Interacțiune electromagnetică asigură compensarea dinamică a contrariilor în spațiul interior**

- Dacă influențele externe se mențin sub energia de legătură de fracțiuni-sute eV, echilibrul dinamic intern al atomilor se menține pe timp nedefinit (fără a necesita un aport energetic din exterior)
- *Cauzalitatea:*
 - Internă de stabilizare, de tip circular-simetric/reacție inversă negativă „totală” cu mărirea de ieșire egală și de sens contrar cu cea de intrare (electronul absoarbe un foton virtual emis de nucleu își schimbă micro-nivelul energetic, revine apoi la nivelul inițial și îl radiază înapoi către nucleu, și așa mai departe)
 - Circularitatea cauză-efect, care se repetă identic la nesfârșit în absența unor influențe exterioare asigură autoconservarea pe timp nedefinit a sistemului (efectul influențează cauza care l-a produs printr-o reacție inversă negativă)
 - *Principiul antagonismului* : un dinamism, o energie, implică obligatoriu existența unei a doua energii, unui al doilea dinamism antagonist, căruia îi permite actualizarea prin potențializarea sa și care, invers, este potențializat prin actualizarea primului.
- *Mediul exterior atomului:*
 - alți atomi similari sau nu:
 - forțe chimice și electromagnetice
 - forțe gravitaționale de atracție între atomi (au valoare mică):
 - devin influente la temperaturile foarte mici din spațiul cosmic când agitația termică este redusă favorizând concentrarea spațială a atomilor
 - devin determinante în spațiul terestru în condițiile concentrării spațiale a materiei favorizând separarea în funcție de masă a atomilor
 - radiație corpusculară cosmică ionizantă/particule de masă subatomice
 - radiație electromagnetică/fotoni reali
- *Relații/interacțiuni cu mediul:*
 - interacțiuni de masă/ciocniri – cu radiația corpusculară cosmică (alfa/nuclee de He, neutroni, protoni, electroni)
 - interacțiuni electromagnetice/energetice - absorbție și emisie de fotoni reali
 - forțe electromagnetice reziduale pe distanțe mici – materializate prin punerea în comun a electronilor de către atomi cu formare de molecule (reacții chimice)
- *Structura:*
 - ansamblu de interacțiuni interne invariant la anumite transformări cantitative, coordonând **elemente** într-un **sistem** /totalitate.
 - Ex. tranziția atomului între două stări energetice discrete datorată **fotonilor reali absorbiti/emisi** fără schimbarea calitativă a relațiilor nucleu-electroni
- *Mișcarea/transformarea:*
 - deplasarea electronilor pe orbite discrete în jurul nucleelor

- saltul electronilor de pe o orbită pe alta la absorbția/emisia unui foton (salt energetic/cantitativ)
 - transformare prin salt calitativ: Ex. atomul devine ion pozitiv/negativ (pierde sau câștiga un electron) sau atomul stabilește legături covalente cu alți atomi și formează molecule)
 - transformarea chimică: stabilirea de legături chimice (covalente sau ionice) între atomi cu formarea de molecule
- *Evoluția:*
- Determinată de evoluția stelară (succesiunea generațiilor de stele cu generarea unor elemente chimice din ce în ce mai grele)
 - Formarea unor atomi din ce în ce mai grei/complecși prin creșterea numărului de nucleoni și electroni
- *Durata de viață/stabilitatea în timp:*
- La asociere chimică: depinde de numărul de electroni de pe ultimul strat
 - La disociere: energia de legătură este $3,9 - 10^3$ eV
 - Alternanța actualizare-potențializare întreține un perpetuu antagonism care conduce la un echilibru dinamic al sistemelor (stabilitatea unui sistem este cu atât mai mare cu cât le este mai greu forțelor antagoniste de a scăpa din acest echilibru care determină intensitatea lor egală).
- *Sistemul ca totalitate:*
- atomul este un sistem care își conservă structura internă – elementele componente antagonice/sarcini electrice opuse se află într-o mișcare/transformare perpetuă
 - transformările interne sunt repetabile, identice cu ele însele și nelimitate în timp dacă un intervin cauze externe.

NUCLEUL - ca sistem (pozitiv din punct de vedere electric):

- *Elemente:*
- protoni cu sarcină elementară pozitivă
 - neutroni – electric neutri
 - Contrarii care datorită forțelor nucleare/tari formează un tot/salt calitativ: (neutronul și protonul sînt considerați ca două stări ale unei singure particule - nucleonul)
 - Contrarii antagoniste (proton-proton)
 - Contrarii neantagoniste (proton-neutron)
 - Contrarii conectate prin interacțiuni electromagnetice și nucleare aflate în echilibru dinamic stabil într-un spațiu de foarte mici dimensiuni
 - La circa o sută de secunde după Big Bang, temperatura ar fi scăzut la un miliard de grade, temperatura din interiorul celor mai fierbinți stele. La această temperatură protonii și neutronii nu ar mai avea energie suficientă pentru a scăpa de atracția interacției nucleare tari și ar fi început să se combine producînd

nucleele

- *Relații/interacțiuni intra-sistem:*

- sarcinile pozitive elementare migrează între nucleoni pentru că protonii se transformă continuu în neutroni și invers - Pe bază experimentală nu se poate dovedi că protonii și neutronii ar exista ca atare, ceea ce arată că de fapt norul sarcinilor pozitive este răspândit peste toți nucleonii.
- Pentru a menține nucleonii legați între ei într-un nucleu de dimensiuni extrem de mici (10^{-15}m) în situația în care există sarcini electrice pozitive care s-ar respinge, sunt necesare forțe nucleare extrem de puternice. Datorită lor nucleonii își schimbă caracterul de 10^{16} ori pe secundă prin tranziția sarcinilor pozitive de la un nucleon la altul.
- În nucleul atomic, antagonismul este mai puternic decât la nivelul atomului, deci nucleul este mai rezistent decât atomul („pornind de la nucleul atomic, sistemele cresc în complexitate, pe dar manifestă o rezistență descrescătoare la dezintegrare și transformare”).
- Interacțiunile prin forțe electromagnetice și forțe tari se compensează reciproc dinamic în spațiul interior
- De aceea, dacă influențele externe se mențin sub energia de legătură de zeci-sute eV, echilibrul dinamic intern al atomilor și moleculelor se menține pe timp nedefinit (fără a necesita un aport energetic din exterior)
- În exterior, contrariile antagoniste nu sunt compensate (sarcinile electrice pozitive ale protonilor se însumează) și ca urmare nucleele se combină cu electronii negativi formând atomi

- *Relații/interacțiuni cu mediul:*

- Mediul nemijlocit este format din norul de electroni al atomului
- Interacțiunea înseamnă câmpul de forțe electromagnetice de atragere între nucleu și electroni (se manifestă prin fotoni virtuali ca particulă de câmp/de schimb)

- *Cauzalitatea: de tip circular* datorită forțelor nucleare care sunt forțe de schimb/forța tare are gluonul ca particulă de schimb cu masă nulă

- Sarcina elementară pozitivă care migrează de la un nucleon la altul nu este pozitronul (antiparticula electronului) ci un *nor mezon* de sarcină egală cu unitatea elementară. Mezonii au masa între masa nucleonului și masa electronului.
- Cauzalitatea poate să nu mai aibă sens în înțelesul obișnuit pentru **domeniul dimensiunilor extrem de mici**; în condițiile transformabilității reciproce după legi bine stabilite a particulelor elementare iese în prim plan o **formă mai profundă și mai generală a conexiunii — interacțiunea**. Ea se înfățișează însă nu ca o permanentă schimbare a cauzei în efect, ci ca bază a lor și tot unitar care le dă naștere.
- Particulele care interacționează sunt sursa câmpului, ale cărui cuante vehiculează această interacțiune. În timpul interacțiunii particulele fac schimb de cuante virtuale ale câmpului; particulele elementare se transformă unele în albe, unele în negre.

respectând anumite legi de conservare (care nu permit orice fel de reacții între particulele elementare). Pe aceste legi de conservare care sînt totodată și legile de transformare a particulelor elementare se bazează tocmai stabilitatea din natură (cît și relativitatea acestei stabilități).

- *Mișcarea/transformarea: procese nucleare ca succesiune de stări cantitativ-calitative:*

- **fuziune nucleară:** Procesul în care mai multe nuclee se contopesc pentru a forma un nucleu mai greu (pentru realizarea contopirii se consumă o mare cantitate de energie; dar, o dată cu contopirea se degajă o cantitate de energie mai mare decît cea consumată.) **Ex. reacțiile termonucleare stelare: 4 nuclee de H formează un nucleu de He**
- **fisiune nucleară:** Reacție nucleară în care nucleul unui atom greu se dezintegrează în nuclei mai ușori, frecvent cu producerea de neutroni liberi și de fotoni gama (proces care eliberează energie)
 - **fisiunea nucleară naturală:** dezagregarea nucleelor grele instabile în nuclee mai ușoare și mai stabile **cu degajare de energie**
 - **fisiunea nucleară artificială** - determinată și controlată **prin aport energetic extern**)

- *Evoluția ca autostructurare: în sens de creștere a complexității*

- Scăderea temperaturii universului prin extindere a permis **formarea nucleului de deuteriu (hidrogenul greu), care conține un proton și un neutron. Nucleele de deuteriu s-au combinat apoi cu mai mulți protoni și neutroni formînd nucleele de heliu, etc.**
- **Un proces incipient de evoluție** (nuclee tot mai complexe) **prin aport energetic extern continuu** (reacții termonucleare stelare sintetizează succesiv nuclee tot mai grele pe care le expulzează- la temperaturi mai joase nucleele se combină cu electroni liberi formînd atomi tot mai grei)

- *Durata de viață/stabilitatea în timp:*

- **Un nucleu stabil** are un raport optim între numărul de neutroni și cel de protoni. La nucleele ușoare (cu excepția hidrogenului), numărul de protoni este egal cu numărul de neutroni. Când atomul devine mai greu, numărul de neutroni trebuie să fie mai mare decît numărul de protoni.
- **Existența nucleelor stabile** care alcătuiesc cele peste o sută de elemente ale tabelului periodic depind de raportul dintre puterea forței tari și cea a forței electromagnetice. Forța tare care acționează asupra cuarcilor constituenți ai protonilor și neutronilor anihilează respingere electrostatică și menține protonii strîns legați.
- În „reactoarele” termonucleare naturale ale stelelor mari **se sintetizează continuu nuclee din ce în ce mai grele, începînd cu heliul, energia medie de legătură internucleonică fiind de 8 MeV. Prin ejectarea în spațiul galactic a materiei stelare (în urma exploziilor gigantice de tip supernovă), se realizează — în absența proceselor termonucleare — condiții energetice mult mai moderate și stabile, care permit**

Molecule

Ca sistem, molecula este **particula cea mai mică, neutră din punct de vedere electric**, ce intră în componența substanței, **posedând proprietăți chimice**. Moleculele sunt formate din atomi, care se combină unii cu alții în anumite raporturi):

- *Elemente:*

- doi sau mai mulți atomi „complementari”/cu afinitate chimică: **suma numărului de electroni de valență ai atomilor complementari este opt** (configurația de octet a ultimului strat electronic este stabilă) între care se stabilesc:
 - legături ionice prin **transfer de electroni** între atomi
 - legături covalente prin **punerea în comun de electroni** între atomi
- atomii cu configurații electronice stabile (gazele nobile) **nu au afinitate chimică**
- Moleculele substanțelor simple se compun **din același fel de atomi** (O₂, O₃, N₂), moleculele substanțelor compuse – **din atomi diferiți** (HCl, NaOH, CuSO₄).
- atomii +legături chimice = salt calitativ-molecula

- *Relații intra-sistem/legături interatomice:*

- **Legătura chimică între atomi** este posibilă datorită concentrării centrului de sarcină pozitivă din atomi într-un volum mic și dispersării norului electronic într-un volum mai mare.
- **Nu există o ecranare totală** și se pot exercita forțe electromagnetice între câmpul nuclear al unui atom și norul electronic al altui atom,
- **Când distanțele interatomice se micșorează**, se modifică distribuția norilor electronici de valență (de pe ultimul strat) și se formează legătura covalentă/chimică (apar **forțe electromagnetice reziduale prin punerea în comun a electronilor cu formare de molecule**).

- *Mediul exterior moleculei:*

- **atomi și alte molecule similare sau nu**
- **radiație corpusculară cosmică-particule de masă subatomică**
- **radiație electromagnetică-fotoni reali**

- *Relații/interacțiuni cu mediul/externe:*

- **legături intermoleculare**
- **ciocniri cu particule de masă subatomică**
- **interacțiuni electromagnetice/energetice - absorbție și emisie de fotoni reali**
- **interacțiuni chimice: între molecule diferite care prezintă afinitate chimică, atunci când există condiții de mediu favorabile (temperatură presiune)**

- *Cauzalitatea: de tip circular* Moleculele se formează prin reacții chimice (ce creează legături între atomii existenți) și nu prin reacții nucleare (ce creează atomi noi).

- *Mișcarea/transformarea:* agitație termică + reacții chimice
 - Moleculele se află în **continuă mișcare termică**
 - Între molecule acționează **forțe de atracție și de respingere**
 - În reacțiile chimice **componenta moleculelor se modifică** cu schimbarea ordinii atomilor, ceea ce duce la formarea substanței noi.
- *Evoluția:*
 - Funcție de modificarea condițiilor fizice ale mediului
 - Atomii se combină prin legături chimice formând molecule
 - Moleculele se agregă formând substanțe și corpuri (substanțe delimitate spațial)
 - Un proces incipient de evoluție (apar atomi și molecule cu structură tot mai complexă) prin aport energetic continuu din mediul exterior
- *Durata de viață/stabilitatea în timp:*
 - Dacă atomii s-au „legat” covalent, prin punerea în comun a unor electroni periferici, energia de legătură (necesară „desfacerii” lor) este de 2—7 eV.
 - Dacă transferul electronilor între atomi este efectiv, **legătura este de tip ionic, mai slabă decât cea covalentă: 0,1—5,2 eV.**

Plasma

Deoarece starea de plasmă este caracteristică atât corpurilor solide, cât și celor lichide și gazoase, uneori se spune despre aceasta că este **a patra stare de agregare a materiei**.

Dar, **în cazul plasmei gazoase** mai ales, se poate spune că ea reprezintă o **a patra stare energetică a materiei**, și iată de ce.

Să ne imaginăm că unui **corp în stare solidă**, care se află într-o incintă închisă, i se furnizează suficientă energie pentru a se topi și a **trece în stare lichidă**, procesul continuând apoi până la vaporizarea completă a lichidului. S-a obținut astfel starea gazoasă folosind pentru fiecare etapă de tranziție o energie de aproximativ 10^{-2} eV/particulă.

Dacă se furnizează în continuare energie gazului, atunci, dacă ea este mai mare decât energia de ionizare a acestuia (1-30 eV/particulă), o mare parte dintre atomii (sau moleculele) gazului se vor ioniza, gazul trecând **în starea de plasmă gazoasă**. Din punct de vedere termic acestei energii i se poate asocia o temperatură cuprinsă în domeniul 10^4 - 10^5 K.

Se poate deci observa că **energia ce revine unei particule pentru a trece de la starea gazoasă la starea de plasmă** este cu aproximativ două ordine de mărime mai mare decât cea **necesară tranziției solid-lichid sau lichid-gaz**. Deoarece această energie se regăsește sub diferite forme în plasmă, ea poate fi considerată ca o stare de energie mai înaltă a corpului inițial.

Dacă s-ar furniza în continuare energie atomilor și ionilor din plasmă, energie care să fie mai mare decât energia de legătură a nucleonilor în nucleu (≈ 8 MeV/nucleon), atunci s-ar obține cea de-a **cincea stare energetică** a materiei formată numai din electroni și nucleoni, și care ar putea fi **denumită gaz nucleonic**. Acestei energii i se pot asocia temperaturi de ordinul 10^{12} - 10^{13} K, temperaturi imposibil de obținut cu tehnologiile actuale, astfel încât gazul nucleonic rămâne doar o stare ipotetică.

Astăzi se știe că cea mai mare parte a substanței universului observabil (cea 98%) există sub formă de plasmă stelară sau nebulară, această materie „degenerată”, amestec fabulos de particule elementare, nuclee, electroni liberi și fotoni, a căror „zbatere” halucinantă implică temperaturi uriașe, de ordinul zecilor și chiar sutelor de milioane de grade.

Asocierea unui număr uriaș de molecule (sau atomi) a dus, în sfârșit, la nivelul de organizare numit macroscopic, la mediile corporale planetare (în particular, terestre), cu stările de agregare solidă, lichidă sau gazoasă. Pentru transformarea solid—lichid sau lichid—vapori este necesară o energie și mai mică, de ordinul 10^{-2} eV/particulă.

Cuarci și electroni

CUARCII sunt particule care nu există în stare liberă asupra cărora acționează forța tare și forța electromagnetică.

- Elemente:

○ Caracteristici al cuarcilor:

- nu există liberi doar în nucleoni (protoni și neutroni)
- cu dimensiuni 10^{-19} m
- trei tipuri de sarcini (electrică, spin, culoare), complet compensate în afara nucleonilor
- delimitare spațială vagă în nucleoni de 10^{-15} m

○ Un proton e alcătuit din doi cuarci "up", fiecare avînd sarcină electrică pozitivă și egală cu două treimi din sarcina electronului, și unul "down", care are sarcină negativă și egală cu o treime din sarcina electronului.

○ Un neutron e alcătuit din doi cuarci "down" și unul "up".

○ Un mezon este format dintre un cuarc și un anticuarc (particulă de schimb între nucleoni și norul de sarcină pozitivă al nucleului)

- Contrariile (cuarci u, cuarci d, anticuarci) + interacțiune tare + interacțiune electromagnetică = salt/transformare calitativă (formarea protonului, neutronului, mezonului și a nucleului)

- Relații/interacțiuni intra-sistem:

- **interacția tare:** cuarcii interacționează între ei prin schimb de gluoni de masă nulă și rază mică de acțiune (10^{-15} m)-forța tare de atracție
- datorită sarcinii electrice cuarcii interacționează între ei și prin fotoni
- Atracția dintre cuarci are o rază de acțiune foarte scurtă, deoarece gluonii se pot deplasa în interiorul protonilor și al neutronilor (cea ce explică dimensiunilor lor). Dar o mică parte din atracție ajunge la particulele învecinate din nucleu suficient pentru a învinge respingerea electrică de valoare mică dintre protoni.

- Mediul exterior:

- Alți cuarcii și anticuarci din cadrul nucleonilor (protoni și neutroni) și mezonilor
- Alți nucleonii și mezoni din nucleu
- *Relații/interacțiuni cu mediul:* **cuarcii și anticuarci nu există în stare liberă**
- *Cauzalitatea:* **de tip circular**
- *Durata de viață/stabilitatea în timp:*
 - sunt foarte stabili datorită **confinării**: forța dintre cuarci nu se micșorează când distanța dintre ei crește - e nevoie de o energie infinită pentru a separa doi cuarci
 - **Energiile de legătură** ale cuarcilor sunt de 20 GeV (1 GeV=10⁹ eV).

ELECTRONII sunt particule care există în stare liberă asupra cărora acționează forța tare și forța electromagnetică:

- au dimensiuni de 10⁻¹⁸m
- au sarcină electrică negativă necompensată în exterior
- au delimitare spațială (de 10⁻¹⁰m) și energetică nete în cadrul atomilor
- sunt extrem de stabili cu energie de legătură de 20 GeV (1 Giga electron Volt = 10⁹ eV).

Corzi energetice

Teoria supercorzilor folosește ca elemente fundamentale **linii sau bucle de energie**. Prefixul „super” se referă la simetria specială pe care aceste corzi o posedă și grație căreia pot conduce la **unificarea descrierii particulelor elementare de materie și diferitelor forme de radiație**

Se manifesta la scară ultramicroscopică (energie, timp, distanță și masă Planck):

- *Elemente:*
 - **buclele posedă o tensiune** care depinde de temperatura/energia mediului. (la temperatură joasă, tensiunea devine foarte înaltă, iar buclele se vor contracta comportându-se ca niște puncte - în condițiile relativ moderate care există astăzi în univers, corzile au cu o foarte bună aproximație un comportament de puncte și sunt în acord cu predicțiile fizicii energiilor joase, la fel ca particulele elementare punctiforme).
 - **vibrația unei corzi energetice** se manifestă ca o particulă a cărei masă și sarcină de forță sunt determinate de modul de oscilație a corzii (fie particule de structură - electroni, cuarci, protoni, neutroni, fie particule de schimb – fotoni, gravitoni, gluoni).
 - **Descrierea punctiformă conduce la rezultate absurde** când o aplicăm la condițiile de energie sau temperatură foarte ridicate. Teoria corzilor **funcționează la energii**

ridicate, iar gravitația — departe de a fi exclusă — e necesar să fie prezentă pentru a se uni cu celelalte forțe din natură.

- Fiecare particulă elementară este alcătuită dintr-o singură coardă - sau, mai bine zis, fiecare particulă este o coardă unică – și toate corzile sunt identice. Diferențele dintre particule apar deoarece corzile care le corespund se află frecvente de rezonanță/vibrație diferite.

- *Structura:*

- Unicul număr care definește scara globală a unei corzi este tensiunea din bucla sa.
- Tensiunea suportată de coarda are valoarea de o mie de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde de miliarde (10^{39}) de tone forță - tensiune Planck
- Tensiunea imensă dintr-o coardă face ca bucele acesteia să se contracte până la lungimea Planck - 10^{-33} centimetri

- *Mișcarea/transformarea:*

- O coardă oscilantă tipică ar corespunde unei particule a cărei masă este de 10^{19} mai mare decât cea a protonului ceea ce corespunde unei energii enorme/energia Planck.
- Pe de altă parte orice coardă are întotdeauna o vibrație cuantică - energia asociată cu mișcarea cuantică a unei corzi este negativă, și micșorează mult energia Planck a corzii – Ex, pentru modul de vibrație ce corespunde gravitonului, reducerea de energie este totală, rezultând o particulă mesager a forței gravitaționale de masă zero care se poate propaga la distanțe infinite.

- *Durata de viață/stabilitatea în timp:*

- lungimea Planck: 10^{-33} cm
- timpul Planck: 10^{-43} s/necesar fotonului pentru a parcurge lungimea Planck
- energia Planck: $1,22 \times 10^{28}$ eV
- temperatura Planck: 10^{32} grade
- masa Planck: $2,17 \times 10^{-8}$ kg
- tensiune Planck: 10^{39} tf
- constanta Planck: $h=6.62 \times 10^{-34}$ Js ($E=hf$)

Principiul de nedeterminare ne asigură că nimic nu poate fi în repaus total. Toate obiectele au un anumit „tremur” cuantic, fiindcă dacă nu l-ar avea am cunoaște cu precizie absolută atât unde se află, cât și cu ce viteză se mișcă, contrazicând astfel principiul lui Heisenberg.

Energia este moneda convertibilă fundamentală. Ecuația $E=mc^2$ ne spune că energia poate fi transformată în materie și viceversa. Astfel, dacă o fluctuație de energie este suficient de mare, ea poate face să apară instantaneu, de exemplu, un electron împreună cu corespondentul său de antimaterie, pozitronul, chiar dacă regiunea din spațiu era inițial goală!

Cum această energie va trebui returnată rapid, aceste particule se vor anula reciproc după o perioadă de timp, eliberând energia împrumutată la crearea lor.

Același lucru este valabil pentru toate celelalte forme pe care le pot lua energia - alte erupții și anihilări de particule, oscilații necontrolate ale câmpului electromagnetic, fluctuații ale câmpurilor de forțe tari și slabe; incertitudinea cuantică ne spune că **la scări ultra-microscopice universul este o scenă haotică și frenetică.**

La scara ultramicroscopică, trăsătura centrală a **mecanicii cuantice** - principiul de incertitudine - este **în conflict direct cu** principiul de bază al **teoriei generale a relativității**- modelul neted al spațiului geometric (și al spațiu-timpului).

De aceea **teoria generală a relativității** funcționează doar **la scări de dimensiuni (și de timp) suficient de mari** - scări relevante pentru aplicații astronomice tipice -, dar devine inaplicabilă în cazul distanțelor (și intervalelor temporale) mici.

Principiul central, cel al unei geometrii ușor curbate, este justificat în domeniul distanțelor mari, dar este distrus de fluctuațiile cuantice când intrăm în zona distanțelor mici (gravitonul corespunde unei fluctuații cuantice a spațiului corespunzător lungimii Planck).

Valoarea mică a constantei lui Planck - cea care guvernează intensitatea efectelor cuantice - și **valoarea mică a interacției gravitaționale** concură la un rezultat, numit **lungimea Planck, care este inimaginabil de mică**: de un milion de miliarde de miliarde de miliarde de ori mai mic decât un centimetru (10^{-33} cm).

Vedem astfel că incompatibilitatea dintre teoria generală a relativității și mecanica cuantică devine sesizabilă doar într-un domeniu infinit de mic al universului.

După cum am văzut în capitolele anterioare, **teoria cuantică de câmp a particulelor punctiforme poate fi aplicată până când energiile particulelor ajung în jurul energiei Planck**. În context cosmic, aceasta s-a petrecut **când întregul univers avea mărimea unui grăunte de dimensiuni Planck**, cu o densitate pentru care nu există metaforă sau analogie: densitatea universului la timpul Planck era pur și simplu colosală.

La asemenea energii și densități gravitația și mecanica cuantică nu mai pot fi tratate ca două entități separate, așa cum se întâmplă în teoria cuantică de câmp a particulelor punctiforme, ci **va trebui să folosim teoria corzilor** la și dincolo de aceste energii uriașe. În termeni temporali, **întâlnim aceste energii și densități pentru perioade mai timpurii decât timpul Planck de 10^{-43} secunde** după big bang, deci această epocă este arena cosmologică a teoriei corzilor.

Concluzii privind nivelul microscopic

În continuare sunt redate în mod sintetic atât **concluziile privind particulele și corpusculii** la scară microscopică cât și **concluziile privind forțele fizice care se manifestă în univers.**

Concluzii privind nivelul microscopic - particule și corpusculi

- **scara dimensională**: 10^{-19} m/cuarci - 10^{-9} m/molecule
- **gama energiilor de legătură**: 10^{10} eV/cuarci – 7 eV/molecule
- **diferențierea între masă și interacțiune** (energie cinetică și potențială):
 - o există particule de masă/structură (cuarci, electroni)
 - o există particulelor de interacțiune/forță (gluoni, fotoni, gravitoni)

- dar nu separat ci doar împreună (particule de masă + particule de interacțiune=corpuscul)
 - la nivel microscopic particulele de interacțiune sunt virtuale
- particulele de masă și de interacțiune se auto-organizează formând sisteme de particule/corpusculi (protoni, neutroni, nuclee, atomi, molecule)
- natura discontinuă a particulelor și corpusculilor și cuantizarea energiei de interacțiune interne și externe corpusculilor (existența cuantelor de energie electromagnetică)
- auto-structurarea se bazează pe proprietățile de sarcină (electrică, spin, culoare) opuse sau complementare ale particulelor de masă și interacțiune
- ele se compensează dinamic reciproc în cadrul sistemului dar sunt doar parțial compensate în exteriorul structurii (devin astfel posibile noi nivele de auto-organizare)
- automișcarea intra-sistem rezultată din interacțiunea particulelor de masă prin intermediul particulelor de schimb (fără aport energetic exterior sistemului)
- automișcarea/auto-transformarea are două componente:
 - automișcarea cuantică dezordonată a particulelor (conform principiului de incertitudine)
 - peste care se suprapune automișcarea ordonată determinată de interacțiuni între particule din sistem
 - peste care se suprapune mișcarea ordonată/schimbarea stării sistemului determinată de interacțiuni externe (salt energetic al electronului pe o orbită superioară a atomului, la absorbția de fotoni)
- Tipuri de interacțiuni interne/*externe*
 - nucleu: preponderent nucleare + electromagnetice/*electromagnetice*
 - atom: electromagnetice/*electrochimice - legătură chimică*
 - moleculă: electrochimice - legături chimice /*electrochimice – reacții chimice*
 - substanță/corp: electromagnetice – atracție/repingere intermoleculară + gravitaționale - presiune/*electrochimice – reacții chimice + gravitaționale - accelerație + electromagnetice - termice*
- creșterea complexității corpusculilor implică creșterea dimensiunilor acestora și scăderea energiei de legătură/corpuscul
 - pe verticală creșterea complexității poate fi privită ca integrare a nivelurilor de organizare a particulelor și corpusculilor (molecule includ atomi, care includ nuclee, care includ nucleoni, care includ cuarci)
 - pe orizontală creșterea complexității poate fi privită ca o evoluție structurală (folosind aceleași „cărămizi și mortar”- particule de masă și schimb - se construiesc atât nuclee, cât și atomi și molecule tot mai grele și mai complicate)
- evoluția structurală reprezintă o „istorie a structurii” și implică un aport exterior continuu de masă și energie (laboratoarele sunt generațiile succesive de stele care au propria lor „istorie”)
- schimbul de masă și energie cu exteriorul (radiație corpusculară și radiație electromagnetică) determină la nivele sub energia de legătură schimbarea stării sistemului (excitarea atomului) iar la nivele peste energia de legătură transformarea sistemului de particule (transformarea atomului în ion)

Concluzii privind forțele care se manifestă în univers

- Forța electromagnetică este forța de atracție și de respingere care determină totul (de la parfumul florilor până la gândurile omului) – această forță influențează particulele care posedă sarcină și este legată de fenomene magnetice, electrice, optice, termice, mecanice, chimice, biotice, în plasmă, în gaz, în lichide și în solide/cristale (prin fotoni: timpul de interacțiune tipic de $\approx 10^{-20}$ s, raza de acțiune infinită)
- Forța tare nucleară este forța care asigură coeziunea nucleelor atomice – această forță este legată de comprimarea quarkurilor și nucleonilor, fuziunea și fisiunea nucleelor, și poate fi detectată doar în imediata vecinătate a particulelor (timpul de interacțiune (viața medie) este tipic de $\approx 10^{-23}$ s, raza efectivă de acțiune este $R \approx 10^{-15}$ m)
- Forța slabă nucleară forța care guvernează și generează unele tipuri de radioactivitate – această forță este legată de dezintegrarea beta și poate fi detectată numai în vecinătatea particulelor elementare
- Forța gravitațională este cea mai slabă dintre forțele fundamentale – această forță atrage toate masele una către alta, influențează toate particulele și este legată de gravitația terestră, de mișcarea planetelor, de fenomene în stele și galaxii, de structura Universului. (interacțiunea gravitațională se manifestă între toate perechile de obiecte care au energie: particule cu masa diferită de zero dar și între acestea și fotoni, care nu au masă)

Stabilitatea structurilor materiale ale universului aceasta este asigurată, spre exemplu, de interacțiuni de tip „nuclear” la nivelul nucleului, de tip electromagnetic în nivelul atomului și de tip gravitațional la cel macroscopic al planetelor, stelelor și galaxiilor

Trăsătură esențială a lumii microscopice este *cuantizarea, discontinuitatea*. Deoarece stările energetice ale atomului sînt cuantizate rezultă că și micro-radiația atomică este discontinuă sub forma de fotoni. Radiația are un caracter ondulator (continuu) în fenomenele macroscopice și caracter „corpuscular” (discontinuu) în cele microscopice.

SCARA MACROSCOPICĂ

Existența unor nivele de complexitate ale materiei reflectă proprietățile acesteia de a se diferenția în diverse forme (elemente chimice, substanțe, energii, stări de agregare etc.), de a se ordona (de la simplu la complicat, de la mic la mare și invers etc.), în structuri complexe (roci, plante, oameni, planete, stele) și de a se integra, prin ele, în niveluri organizatorice tot mai vaste (litosferă, vegetație, societate, înveliș geografic, sistem solar, galaxie etc.).

La scară macroscopică, accesibilă simțurilor umane, pentru fiecare structură fizico-chimică în se prezintă în continuare: elementele componente și interacțiunile dintre ele, forma de mișcare, fluxul de energie și substanța, tipul de cauzalitate, evoluția în timp și durata de viață a acesteia.

Substanțe chimice

Substanța chimică este un ansamblu omogen (cu compoziție unitară) de corpusculi (atomi, ioni, molecule), între care se stabilesc interacțiuni/legături:

- *Compoziția:*
 - molecule care interacționează între ele (oxigen, azot, apă, argint)
 - molecule/micro+forțe intermoleculare= salt macro/substanța
- *Structura/starea de agregare:* Cele trei stări de agregare: solidă lichidă și gazoasă sunt o manifestare a *forțelor intermoleculare*.
 - în stare solidă, moleculele se atrag suficient pentru a permite corpurilor să și conserve forma și volumul
 - în stare lichidă se conservă volumul
 - în stare gazoasă, datorită forțelor de interacțiune slabe, gazul ocupă orice volum, oricât de mare.
 - mișcare moleculară dezordonată - *agitația termică* dependentă de temperatură. (browniană pentru gaze sau vibrație moleculară pentru lichide și solide)
- *Structura/Forțele intermoleculare:* sunt reprezentate prin interacțiuni de polarizației datorită *forțelor intermoleculare van der Waals*:
 - *atât de atracție* între nucleele neecranate suficient ai unei molecule și electronii de pe ultimul strat al altei molecule (au o rază de acțiune de 2-3 diametre moleculare)
 - *raza de acțiune* a acestor forțe este foarte mică (în general 2-3 diametre moleculare) și scade brusc cu creșterea distanței dintre particule.
 - *cât și de respingere* între norii electronici ai moleculelor atunci când distanța între molecule devine prea mică. Sunt mai slabe decât forțele atractive și se exercită pe o distanță mai mică. *Distanța intermoleculară este distanța la care forțele de atracție sunt echilibrate de cele de respingere*
 - *Puterea legăturii van der Waals crește odată cu masa moleculelor:* e mai mare la substanțele în stare solidă (au molecule mari sau foarte mari) decât la substanțele lichide sau gazoase (au molecule mai mici). La rîndul ei starea de agregare influențează/limitează gradele de libertate ale mișcării moleculelor
- *Proprietăți:* substanțele chimice au proprietăți specifice care le deosebesc între ele:
 - *Proprietățile fizice* descriu substanța, dar nu implică transformări prin reacții chimice (*densitatea, duritatea, conductibilitatea electrică și termică starea de agregare*)
 - *Proprietățile chimice* caracterizează modul în care o substanță participă la reacții chimice în urma cărora își schimbă compoziția (*caracterul electrochimic* este proprietatea elementelor de a ceda/electropozitiv-metalic sau de a accepta/electronegativ-nemetalic electroni pentru a trece în ioni, *caracterul acid sau bazic*, etc.)
 - *Proprietățile substanței nu pot fi atribuite moleculelor din care este alcătuită* (deși sunt determinate de acestea) Ex. molecula electropozitivă nu are caracter metalic deși ansamblul de molecule electropozitive de același tip conferă caracter metalic

substanței în cauză și ca urmare proprietăți fizice metalice (luciu, conductibilitate electrică și termica, etc.)

- *Mișcarea/Transformarea ca urmare a interacțiunii între substanțe/reacții chimice:*
 - **Transformarea calitativă/schimbarea stării de agregare** (a structurii substanței) atunci când temperatura depășește sau scade sub un prag:
 - **Mișcarea chimică/ordonată:** transformarea unor substanțe reactante, prin modificarea legăturilor intramoleculare (chimice) cu schimb de energie, în alte substanțe cu proprietăți noi, numite produși de reacție. Ex. **Reacții redox/cu transfer de oxigen:** reacția chimică care decurge simultan cu legarea oxigenului (oxidare) și cu eliminarea oxigenului (reducere). **Reacții acido-bazice:** reacții cu transfer de protoni, în care sunt cuplate cedarea și acceptarea de protoni. Prin cedare de protoni rezultă dintr-un acid baza sa conjugată, iar prin acceptarea de protoni rezultă dintr-o bază acidul său conjugat.
 - **Energia chimică a reactanților** = Energia chimică a produșilor de reacție + energie termică/lucru mecanic
 - **Reacția endotermă** decurge cu acceptare de căldură iar **Reacția exotermă** cu cedare de căldură)
- *Durata de viață/stabilitatea în timp:* Pentru **transformarea solid—lichid** sau **lichid—vapori** este necesară o energie de ordinul 10^{-2} eV/particulă

Corpuri fizice și forțe de interacțiune

Existența corpurilor solide cristaline sau amorfe, arată faptul că **între atomii constituenți acționează forțe de interacție**. Acestea sunt atât forțe atractive cât și repulsive. În condiții normale în cazul moleculelor și a corpurilor solide, **aceste forțe se echilibrează la o anumită distanță** între atomi, numită distanța de echilibru.

La distanțe mici între atomi trebuie să **predomine forțele repulsive** iar la distanțe mari trebuie să **predomine forțele atractive**, pentru ca echilibrul care se stabilește să fie unul stabil.

La nivel fizic microscopic

- *Structură discretă sub formă de particule*
 - *particule de structură/de masă* (masă nenulă: cuarci, nucleoni, electroni)
 - *particule de schimb/de forță/virtuală* (masă nulă: foton, gluon) în calitate de **cuantă energetică** a forței de schimb dintre particulele de masă aflate în interacțiune

La nivel fizic macroscopic

- *Structură continuă a corpului:*
 - corpul fizic **este forma limitată în spațiu-timp** sub care se prezintă ansamblul **substanță chimică/amestecurile de substanțe**

- structura microscopică: ansambluri discrete de atomi și molecule (acumulare cantitativă) – structura macroscopică continuă: reprezintă saltul calitativ
- interacțiuni moleculare de polarizație - (forțe de atracție și respingere): devin egale la distanța de echilibru
- *Structura continuă a câmpului exterior*: un câmp fizic de interacțiune între corpuri reprezintă o distribuție spațială de valori ale:
 - unei mărimi fizice vectoriale/orientată (*intensitatea câmpului* – determină forța exercitată asupra unui corp într-un punct – deci energia cinetică a corpului pus în mișcare)
 - unei mărimi scalare/neorientată (*potențial al câmpului* – determină energia potențială corespunzătoare interacțiunii dintre corpul sursă a câmpului și corpul aflat într-un punct din câmp)
 - *câmpul la nivel micro constă în fluxuri discrete de particule de forță iar la nivel micro constă în unde continue*. Exemplu: fotoni ca particulă a forței electromagnetice - la nivel micro și undă electromagnetică - la nivel macro
- *Cauzalitatea*: circulară nesimetrică corp-câmp-corp:
 - corpurile fizice creează câmpul conform structurii lor (de masă-câmp gravitațional sau dacă au și sarcină-câmp electromagnetic)
 - câmpul exercită acțiuni/forțe mecanice, termice, electromagnetice asupra corpurilor aflate în câmp
 - corp de probă - corp plasat în câmp cu masa/sarcina mult mai mică decât a corpului sursă, fără să perturbe substanțial proprietățile câmpului în acel punct
- *Mișcarea/transformarea corpurilor*:
 - Mișcări în câmpul de forță/radiație: mecanica/deplasarea în spațiu, dilatarea/contractarea termică, alungirea/comprimarea elastică, etc.
 - transformări fizice/cantitative (nu modifică compoziția chimică): sfărâmarea unei bucăți de rocă, ruperea unei bucăți de carton, spargerea unui pahar de sticlă, etc.
 - transformări chimice/calitative: ruginirea unui lanț de fier, arderea unei scânduri

Geosistemul terestru

Planeta noastră este constituită din mai multe învelișuri concentrice, numite geosfere, mulate pe forma Terrei, al căror centru unic este însuși centrul Pământului. Fiecare înveliș constituie o individualitate cu legături interioare care le justifică existența dar, în același timp, păstrează și raporturi de reciprocitate între ele care le asigură un perfect echilibru intra și intergeosferic de unde rezultă echilibrul planetar.

Geosferele au apărut treptat pe măsura evoluției planetei din faza preplanetară sau pregeologică în cea planetară (geologică), în urma căreia, masa terestră s-a stratificat în raport cu greutatea specifică de la cele mai ușoare la exterior – atmosfera, hidrosfera, litosfera, la cele mai grele, spre centrul Pământului. Biosfera a apărut ultima în condițiile existenței primelor trei învelișuri. Geosferele sunt diversificate prin complexitatea materiei ce le compun dar și în privința

dinamicii ce le caracterizează. Astfel, dacă cele mai simple mișcări au loc în atmosferă, ele se complică în hidrosferă, se amplifică în litosferă iar în biosferă devin și mai complexe, începând de la instabilitatea moleculară a corpurilor organice la mobilitatea indivizilor, a speciilor și a tuturor formațiunilor biogeografice.

Geosistemul corespunzător perioadei abiogene a existenței Pământului/ înainte de apariția vieții:

- *Compoziția:*

- *geosferele/geo-învelișurile neviei/abiotice de la suprafața globului terestru:*
 - **litosfera** (înveliș de rocă în grecește), **hidrosfera** și **atmosfera** (fără biosfera deocamdată)
 - **aflate în interacțiune** (scoarță-relief, relief-apă, apă-scoarță, apă-apă, aer-apă, scoarță-scoarță etc., de ex. meteorizația, tectonica, abraziunea)
 - **geosferele sunt activ interconectate** și participa la procese co-evolutive și sinergetice generatoare de noi structuri cu proprietăți emergente.
- *geo-compoziția ai geosferelor:*
 - **elemente macroscopice** diverse: minerale, roci, apă, aer, sol, etc.
 - între care **devin posibile numeroase combinații**

- *Formarea Pământului:*

- Pământul s-a format **acum 4,5 miliarde de ani**
- **în zona centrală a norului de materie interstelară, aflat în mișcare de rotație** din care a apărut sistemul solar.
- Aceasta conținea **elemente solide** (S, Si, Mg, Fe, Ni etc.), în timp ce **elementele ușoare, gazoase** se îndepărtau spre periferia norului.

- *Formarea și evoluția geosferelor:* datorită gravitației proprii a Pământului s-au format următoarele zone principale:

- **Scoarța terestră** sau **litosfera** (magma solidificată cu grosimi între 70 Km până la 100 Km) plutește pe stratul vâscos de magmă topită numită **mantaua** care acoperă **nucleul central** al Pământului format din elemente foarte grele (Ni, Fe).
- **Atmosfera primitivă** a Pământului s-a format **prin degazeificarea magmei** în procesul de răcire și cristalizare, cu compoziția ca cea a gazelor vulcanice actuale (vapori de apă reprezentau 90%, iar restul de 10% conține CO₂, H₂, SO₂, HCl, H₂S, N₂, etc. dar fără oxigen O₂)
- **Hidrosfera** a apărut atunci când **temperatura Pământului a scăzut sub 100 grade C** prin condensarea vaporilor de apă din atmosfera. Cantitatea de apă din oceane era foarte mică, având o puternică reacție acidă.
- Chiar dacă **geosferele sunt, în primă instanță, “creații” ale gravitației**, ele “ființează” nu atât prin gravitația, **cât mai ales prin mecanismul lor energeticofuncțional.**

- *Circuitul geo-terestru al substanțelor care formau geosferele:* în perioadă abiogenă era un circuit geochimic, determinat numai de factori abiotici. **Energiile care puneau în**

mișcare materia erau: energia solară, descărcările electrice din atmosferă, energia geotermică și forța gravitațională (energia solară a avut rolul decisiv):

- **Circuitul apei/Ciclul hidrologic** - circulația apei sub formă solidă, lichidă sau gazoasă între pământ/continent, ocean și atmosfera datorită energiei solare și gravitației terestre: din cauza încălzirii diferențiate între uscat și apă și a circulației atmosferice, mari cantități de apă se deplasau dintr-un loc în altul determinând formarea rețelei hidrografice. Acest circuit hidrologic acționa asupra substratului solid al continentelor prin dezagregarea rocilor eruptive și apoi prin dizolvarea elementelor din rocile sedimentare. Fărămișarea și antrenarea rocilor eruptive în rețeaua hidrologică a dus la acumularea în apele oceanelor alături de particule de nisip, a numeroase elemente chimice (Mg, K, Ca, Al, P) iar prin dizolvarea rocilor sedimentare erau antrenate în oceane elemente ce conțineau clor, brom, iod, sulf, sodiu etc. dar As, Cu, Zn etc.) care puteau juca rol de catalizatori ai diverselor reacții chimice. Descărcările electrice au contribuit la formarea amoniacului, ce a fost apoi antrenat în apele marine.
- Aproximativ o cincime din energia radiantă solară este consumată anual pentru evaporarea apei. Soarele acționează astfel ca o pompă ce trimite apă din hidrosferă, litosferă și biosferă în atmosferă. Precipitațiile ce cad pe suprafața uscatului reprezintă 110.000 km^3 iar pe suprafața oceanelor 390.000 km^3 . Astfel rezultă un excedent de 40.000 km^3 de apă evaporată din ocean ce ajunge anual pe suprafața uscatului și se întoarce în Oceanul Planetar, fie prin ape de suprafață, fie prin ape subterane. Apa de precipitații antrenează o serie de particule aflate în suspensie în aer și dizolvă o serie de gaze din atmosferă. Apa de suprafață sau subterană dizolvă, erodează și transportă cantități uriașe de compuși chimici.

- **Cauzalitatea circuitului substanțelor:**

- Este necirculară/asimetrică fizico-chimică ceea ce implică o sursă de energie (datorată în principal energiei solare dar și gravitației terestre)
- Circuitul nu trebuie înțeles numai ca o simplă deplasare, în cerc, a apei/substanțelor, cu revenire de fiecare dată la punctul inițial, ci ca un proces ce se produce într-o spirală foarte strânsă de transformare și evoluție

- **Cauzalitatea geografică:** sursa cauzalității geografice se exprimă prin:

- **Relații de contrarietate** între geo-componenti determinate de diferențele antagoniste de stare (de ex. cald-rece, umed-uscat, rezistent-moale, înalt-scund, solubil-insolubil; dens-rar) și
- **Relații de complementaritate:** neantagoniste sau de susținere reciprocă (de ex. între munte-deal-câmpie) sau antagoniste (de ex. transport-poluare, pășunat-eroziune).
- **Geosferele sunt supuse acțiunii unor forțe/energii** contribuind la transformarea scoarței Pământului.:
 - **endodinamice** care acționează din interiorul său (plăci tectonice în mișcare datorită energiei termice interne)

- **exodinamice** care acționează **din exterior** (fenomene atmosferice și hidrologice, datorate în principal energiei solare)
 - **acțiunea lor este contrară** (cele din interior au tendința de a construi forme de relief, iar cele din exterior, de a le nivela, a le uniformiza).
- *Structurarea pe verticală:*
- **stratificare verticală a materiei telurice** sub formă de învelișuri suprapuse, (atmosfera de exemplu se diferențiază de jos în sus în: **troposfera, stratosfera, mezosfera, ionosfera**)
 - **prin diferențiere dinamică în câmpul gravitațional** în raport cu greutatea și densitatea specifică a elementelor chimice (dispunerea **elementelor grele în nucleu** ($12-18 \text{ g/cm}^3$) și migrarea **celor ușoare spre suprafață** ($2,5 \text{ g/cm}^3$, în scoarță)
- *Structurarea pe orizontală:*
- este **rezultatul interacțiunilor dintre geosfere**
 - Ex. **zonele de climă** (rezultate prin interacțiunile energetice a masei atmosferice cu suprafața de apă, de uscat, forme de relief, etc.)
- *Proprietăți ale geosferelor:*
- **Atributul de “amestec”**. Deși fiecare geosferă implică dominanța unui geo-component sau stări (apă, aer, organisme, gazos, solid, lichid etc.) fiecare geosfera “există” într-o anumită proporție în toate celelalte. (rolul climatic al **nucleelor de condensare prezente în atmosferă**, importanța **gazelor dizolvate în apă**, rolul apei, aerului și substanțelor organice și anorganice în formarea stratului superior al litosferei)
 - **Coexistența tuturor stărilor de agregare ale materiei** (solidă, lichidă sau gazoasă) - în atmosferă sunt prezente cristale de gheață și particule minerale, hidrosfera conține gaze și substanțe minerale, dizolvate sau în suspensie, provenite din scoarță și atmosferă)
 - **Eterogenitatea structurală și morfologică ca factor de schimbare** (devenire). diversitatea geo-componentelor și permanenta schimbare a stărilor prin interacțiuni sunt, “produsul” și “sursa” eterogenității învelișul geografic
- *Transformări:*
- **Litosfera prezintă o dinamică în placi** specifică numai Terrei, din care rezultă o **diversitate de forme de relief**, aflate într-o continuă evoluție și schimbare
 - în concordanță cu **energiile interne** (se nasc continente, bazine oceanice, lanturi muntoase, vulcani etc.)
 - dar și cu **energiile externe** (care modelează un relief fluviatil, marin, glaciar, eolian etc).
 - **Salinitatea oceanului primar s-a transformat treptat** dar continuu, încât **aciditatea inițială a fost neutralizată de apele cu predominanță alcalină ale rețelei hidrografice continentale** (în apele oceanice, substanțele anorganice au avut o contribuție favorabilă la apariția materiei vii).

- *Durata de viață/evoluție:* perioada abiotică a durat **circa un miliard de ani.**

Sisteme termodinamice

Transformările fizice și chimice ale substanțelor sunt totdeauna însoțite de transformări de energie dintr-o formă în alta.

Termodinamica este o știință care studiază:

- **transformările cantitative ale energiei** dintr-o formă în alta;
- **absorbția sau generarea de energie** care însoțesc procesele fizice și chimice
- posibilitatea **desfășurării spontane** (adică fără consum de lucru mecanic din exterior) **a proceselor fizice sau chimice**

Fenomenele fizice și chimice în care intervin schimbări de căldură, pot fi studiate pe două căi:

- a. Pornind de la un număr restrâns de legi de bază, numite **principiile termodinamicii**, bazate pe rezultatele experienței, fără a apela la structura intimă a materiei. Aceasta s-a numit *termodinamica fenomenologică*. Ea are un caracter deductiv, deoarece pornește de la patru principii și prin deducție obține toate legile sale. Independența termodinamicii fenomenologice de structura intimă a materiei, face ca rezultatele ei să aibă o valabilitate generală.
- b. Pornind de la structura intimă a materiei și prin **însurarea statistică a energiei fiecărei particule în mișcare** continuă și **interacțiune reciprocă**, se pot deduce **funcții termodinamice de stare** a proceselor microscopice, din proprietățile individuale ale particulelor. Acest mod de studiu al fenomenelor este utilizat de *termodinamica statistică*.

Sistemul termodinamic reprezintă o porțiune delimitată din univers în interiorul căruia au loc fenomene însoțite de schimburi de căldură sau lucru mecanic.

Clasificarea sistemelor termodinamice:

- *sistem închis*: un sistem care **conține o cantitate fixă de substanță**, are posibilitatea de a avea un **schimb de căldură sau lucru mecanic cu exteriorul**;
- *sistem deschis*: un sistem care are posibilitatea de a avea un **schimb de substanță și energie cu exteriorul**;
- *sistem izolat*: un sistem care **nu interacționează cu mediul înconjurător**, adică **nu are loc nici un schimb de substanță, lucru mecanic sau căldură**. Volumul sistemului izolat rămâne constant în timpul procesului.

Un sistem fizico-chimic care conține o anumită cantitate de energie numită **energie internă** care depinde de masă, natura chimică și condițiile fizice (temperatură, volum etc.) ale sistemului. **Energia internă** a sistemului reprezintă **suma energiilor cinetice a moleculelor, energiilor lor de interacțiune** (energia potențială) și a **energiei intramoleculare** (datorată mișcării de rotație și de vibrație a atomilor din molecule). **La temperatura de 0 K energia cinetică este egală cu zero.**

Din experiență se știe că există **procese de transfer de căldură** nu pot avea loc în mod spontan în ambele sensuri. De exemplu : dacă se pune în contact un corp rece cu unul cald, căldura trece de la corpul cald la cel rece. **Căldura trece de la corpul rece la cel cald numai dacă se cheltuiește energie** (de exemplu frigiderul).

Cantitatea de căldură consumată pentru descompunerea unei substanțe în elementele componente este **egală cu cantitatea de căldură degajată la formarea substanțelor** respective din elemente.

De asemenea s-a constatat că **energia mecanică, electrică, chimică** etc., pot fi **transformate în lucru mecanic, chimic, electric** etc. Chiar în cele mai favorabile cazuri **rămâne o cantitate de căldură** ce nu poate fi transformată în alte forme de energie.

Primul principiu al termodinamicii sau **legea conservării și transformării energiei**. La baza acestui principiu stă constatarea faptului că **energia nu poate fi crescută și nici distrusă, ci numai transformată**, dintr-o formă de energie în altă formă de energie. Astfel, **dacă se consumă o cantitate de energie calorică**, o dată cu aceasta **trebuie să rezulte o cantitate strict echivalentă de altă formă de energie: mecanică, electrică** etc.

Entropia este o mărime statistică, care **măsoară gradul de organizare a unui sistem termodinamic**. **Principiul al II-lea al termodinamicii** numit și **principiul entropiei**: **entropia crește** pe măsură ce **gradul de organizare al sistemului scade**.

În sistemele izolate sensul desfășurării procesului este acela în care **crește entropia** ca măsură a **ireversibilității fenomenelor**.

Într-un sistem neizolat pot avea loc **procese (reversibile sau ireversibile)** care să ducă la scăderea entropiei sistemului dar niciodată astfel de procese nu se pot desfășura spontan.

Principiul entropiei nu se poate aplica nici microsistemelor și nici extinde la scara cosmică. Spre de **principiul I**, care se aplică **atât la sisteme finite, cât și la sisteme infinit mici sau infinit mari**, cum este de exemplu universul.

În concluzie se poate defini **sistemul termodinamic** ca fiind **ansamblul de entități macroscopice, corpuri sau câmpuri** care **pot schimba energie și substanță** între ele sau cu mediul înconjurător.

Interacția sistem - mediul înconjurător

Faptul că separăm mintal obiectele care aparțin sistemului de cele care nu îi aparțin **nu înseamnă că ne închipuim sistemul ca fiind izolat de restul lumii**. Există un **schimb continuu de energie și de substanță** atât între sistem și mediul exterior cât și între diversele părți componente ale sistemului.

se exercită **“interacții interne”**.

Principiul interacțiunii universale este o consecință a generalizării rezultatelor științelor naturii, care afirma ca **nu exista nici-o “particică materială”** care să nu se afle într-o acțiune reciprocă cu **alte părți materiale ale universului**.

Starea unui sistem termodinamic reprezintă **totalitatea proprietăților lui** la un moment dat care sunt caracterizate prin **parametri de stare ai sistemului**.

Trecerea unui sistem termodinamic de la o stare la alta poartă numele de **transformare sau proces**.

Transformarea sistemului este caracterizată de o serie de mărimi numite mărimi de proces care depind de stările prin care trece sistemul, deci de drumul urmat de sistem.

În caracterizarea completă a evoluției sistemelor termodinamice intervin atât **marimile de stare** cât și **cele de proces**.

Concluzii privind nivelul macroscopic

Substanță, corp, geo-componenți, geosfere:

- scara dimensională vizuală: 10^{-4}m /vârf de ac – 10^4m /distanța orizontului vizibil
- gama energiilor de legătură: sub 10^{-2} eV/moleculă (pragul de schimbare a stării de agregare)
- Substanța/corpul este **saltul/interfața între nivelul micro/discret și macro/continuu**
- Se menține diferențierea între corpusculi și interacțiune:
 - o există corpusculi (molecule)
 - o există interacțiuni între corpusculi (**interacțiuni moleculare**)
 - o molecule + interacțiuni moleculare/atracții-respingeri = substanță/corp
- Se menține natura continuă atât **a substanțelor/corpurilor** cât și **a energiei de interacțiune** (mecanice, termice, electrice, magnetice)
- Proprietățile substanței sunt **determinate de molecule din care este alcătuită** dar ele **nu pot fi atribuite moleculelor** (moleculele electropozitive nu au caracter metalic deși ansamblul omogen de molecule electropozitive de același tip conferă caracter metalic substanței în cauză și proprietăți fizice specifice – luciu metalic, conductibilitate termică și electrică)
- Intensitatea interacțiunii moleculare crește cu masa moleculelor: **e mai mare la substanțele în stare solidă** (au molecule mari sau foarte mari) **decât la substanțele lichide sau gazoase** (au molecule mai mici). La rândul ei starea de agregare influențează/limitează gradele de libertate ale mișcării moleculelor
- Tipuri de interacțiuni interne/externe
 - o nucleu: preponderent nucleare + electromagnetice/electromagnetice
 - o atom: electromagnetice/electrochimice - legătură chimică
 - o moleculă: electrochimice - legături chimice /electrochimice – reacții chimice
 - o substanță/corp: electromagnetice – atracție/respingere intermoleculară + gravitaționale - presiune/electrochimice – reacții chimice + gravitaționale - accelerație + electromagnetice – termice
- *Câmp de interacțiune externă între corpuri neutre/cu sarcină:* fluxurile discrete de particule de interacțiune (fotoni, gravitoni) de la nivel micro se transformă în unde continue (electromagnetice sau gravitaționale prin salt calitativ)
- *Cauzalitate corp-câmp extern:* circulară nesimetrică: corpuri-generare câmp de interacțiune-acțiunea câmpului asupra corpurilor:
 - o corpurile fizice creează câmpul conform structurii lor (de masă-câmp gravitațional sau dacă au și sarcină-câmp electromagnetic)

- câmpul exercită asupra corpurilor acțiuni/forțe: mecanice, termice, electromagnetice
- Tipuri de mișcări/transformări:
 - Substanță (*ansamblu omogen* de molecule între care se stabilesc interacțiuni):
 - transformare calitativă: schimbarea stării de agregare (a structurii substanței) funcție de aportul energetic extern
 - mișcare chimică/transformarea calitativă a unor substanțe reactante, prin desfacerea legăturilor inițiale și formarea noilor legături chimice în alte substanțe cu proprietăți noi, numite produși de reacție cu acceptare/cedare de energie
 - Corp fizic (*amestec în general neomogen de substanțe aflate eventual în stări de agregare diferite*, delimitat în spațiu-timp):
 - Mișcări în câmp gravitațional sau electromagnetic/radiație termică: mecanica/deplasarea în spațiu, dilatarea/contractarea termică, alungirea/comprimarea elastică, etc.
 - transformări fizice/cantitative (nu modifică compoziția chimică a corpului)
 - transformări chimice/calitative
- Nivelul geografic terestru: este organizat sub formă de *geosfere/geo-învelișuri* prin:
 - Auto-structurarea pe verticală:
 - stratificarea materiei telurice sub formă de învelișuri suprapuse (*litosfera, hidrosfera și atmosfera*), sub influența gravitației terestre și în funcție de greutatea specifică a elementelor chimice
 - interacțiunea dintre geosfere datorită circuitelor geochimice generate de energia solară, gravitația terestră și căldura internă a Pământului
 - Auto-structurarea pe orizontală:
 - interacțiunile dintre geosfere diferențiază zone locale (Ex, zone climatice prin interacțiunea energetică a masei atmosferice cu suprafața de apă, de uscat, forme de relief, etc.)
 - diferențierea spațio-temporală a proceselor din învelișul geografic funcție de valorile de prag asociate stării substanțelor: praguri fizice (termice, barice etc.): îngheț-dezgheț, evaporatie-condensare și praguri fizico-chimice: dizolvare-precipitare, oxidare-reducere, umezire-uscare
- Organizarea sistemică a geosferelor/Geo-sistem dinamic, deschis și evolutiv:
 - Elemente:
 - La scară globală: geo-învelișuri abiotice
 - La scară locală: zone geografice abiotice (climă, relief, rețea hidrografică)
 - Interacțiuni intra-sistem:
 - Circuite geochimice de interconectare a geosferelor
 - Interacțiuni specifice (scoarță-relief, relief-apă, apă-scoarță, apă-apă, aer-apă, scoarță-scoarță)
 - Mediul exterior:

- Spațiul extraterestru
- Mantaua sub formă de magmă și miezul Pământului
- *Interacțiuni cu mediul:*
 - Radiație solară corpusculară și electromagnetică/energie solară (determină formarea circuitelor geochimice)
 - Câmp magnetic terestru/magnetosfera (filtrează radiația solară)
 - Câmp gravitațional terestru (structurează pe verticală geosferele, și determină înălțimea maximă și modelarea hidrografică a formelor de relief)
 - Schimb de substanță și energie termică cu mantaua
- *Transformări/Proces evolutiv:*
 - Constituirea și evoluția scoarței și a atmosferei sub formă de (proto)geosfere “filtrante” pentru schimbul permanent de materie între suprafața terestră (interfața de contact) și mediile adiacente (manta, respectiv spațiul cosmic)
 - Formarea reliefului prin mecanismul plăcilor tectonice datorită energiei geotermice
 - Formarea rețelei hidrografice datorită în principal energiei solare
- *Cauzalitatea circuitelor geochimice:*
 - Ciclică ușor asimetrică/fizico-chimică - implică o devenire, o istorie (datorată în principal energiei solare dar și gravitației terestre)
 - Circuitul geochimic: nu este o deplasare circulară a apei/substanțelor, ci un proces ce se produce într-o spirală foarte strânsă de transformare și evoluție
 - Circuitul apei: a determinat treptat neutralizarea acidității inițiale a oceanului primar prin aportul predominant alcalin al rețelei hidrografice continentale și a modelat formele de relief
- *Proprietăți ale geosferelor:*
 - atributul de “amestec”: deși fiecare geosferă implică dominanța unui geo-component sau stări (apă, aer, organisme, gaze, solid, lichid etc.) fiecare geosferă “există” într-o anumită proporție în toate celelalte.
 - coexistența stărilor de agregare ale materiei (solidă, lichidă sau gazoasă)
 - eterogenitatea structurală ca factor de schimbare/devenire: diversitatea geo-componentelor și permanenta schimbare a stărilor prin interacțiuni sunt, “produsul” și “sursa” eterogenității învelișului geografic

SCARA MEGASCOPICĂ

După aproximativ un miliard de ani de la Big Bang, universul se calmase mult față de începuturile sale frenetice, iar galaxiile, stelele și în cele din urmă planetele au început să apară prin aglomerarea elementelor primordiale. Sub acțiunea forței gravitaționale, materia care pînă atunci era omogenă, începe să se condenseze.

Care este configurația în care toate elementele sînt cele mai apropiate unele de altele? Sfera! Acesta este motivul pentru care stelele sînt sferice ca și planetele, dacă nu sînt prea mici

Stelele sînt obiecte masive care se atrag reciproc. De ce nu cad unele peste altele? Dacă Luna nu se zdrobește de Terra, aceasta se datorează faptului că ea se învîrtește în jurul nostru: forța centrifugă, asociată mișcării ei, contrabalansează forța gravitației.

Același lucru se petrece și cînd e vorba de Pămînt și Soare: rotația planetei noastre în jurul astrului este cea care o împiedică să se lovească de el.

Dar cum stau lucrurile cu stelele? Formarea stelelor este un pas crucial în evoluția universului. Stelele sunt condensări ale materiei suficient de mari pentru a crea în centrele lor presiuni suficient de ridicate ca să inițieze reacții nucleare spontane.

Pentru fiecare mega structură cosmică în parte se prezintă structura, formarea, evoluția și mișcarea în spațiu, forțele și câmpurile proprii și externe și durata de viață a acesteia.

Planeta Pămînt

Terra este a treia planeta a sistemului solar și prima cu propriul satelit natural – Luna.

Datorită gravitației, munții pe Terra nu depășesc 8850 m față de alte planete unde gravitația fiind mai slabă, aceștia s-au înălțat mai mult, ca de exemplu pe Marte, altitudinea maximă a munților ajunge la 24.000 m iar pe Venus la 10.000 m.

Gravitația influențează și fenomenele biologice. Dezvoltarea plantelor este influențată de geotropismul pozitiv, adică o creștere a rădăcinilor în sensul de atracție a Pămîntului și negativ prin tulpinile care cresc în sens contrar acestei atracții.

Gravitația a intervenit pe planeta noastră în stabilirea unor dimensiuni bine proporționate ale viețuitoarelor; dacă gravitația ar fi mai mică, ar determina apariția unor ființe uriașe și invers, ele ar deveni pitice pe o planetă cu o forță gravitațională puternică.

- Structura:

- Scoarța sau crusta Pămîntului - stratul de la suprafață, în stare solidă, grosime între 30 și 60 de km, compus din roci cristaline: cuarț, feldspat, oxizi metalici, etc.
- Mantaaua - stratul următor cu o grosime de 2.900 km, alcătuit din roci în stare topită/magmă în care predomină silicații și oxizii (magma/în greaca, *aluat* - o suspensie de minerale și gaze dizolvate într-o materie vâscoasă, formată, în condițiile în care temperatura este suficient de mare). Reprezintă o treime din masa Pămîntului
- Nucleul Pămîntului este format din: Stratul nucleului extern, situat între adâncimile de 2.900-5.100 km, în stare de fluidă, constituit din metale ușoare și

concentrații mici de sulf și oxigen. Miezul Pământului cuprins între 5.100 și 6.371 km, constituit dintr-un amestec de fier și nichel, aflat în stare solidă (din cauza presiunii straturilor superioare de 3,6 milioane atm., deși temperatura miezului are între 5.000 și 6.500 de grade Celsius, comparabilă cu temperatura de la suprafața Soarelui).

- Structurarea Pământului este un proces continuu, alimentat în permanență de căldura emanată prin curenții mantalei, ce se formează în nucleu și ajung aproape de suprafață

- *Formarea și evoluția:*

- Prin aglomerări de materie în planul discului primordial de gaz și praf stelar, datorate atracției gravitationale apar planetoizii cu diametre de câțiva zeci de kilometri. Cresc gravitația și viteza de rotație a planetoizilor cu orbite situate în planul discului și cu o traiectorie cât mai apropiată de cerc care ating 1 000–2 000 km în diametru și devin planete.
- În acea perioadă Pământul a mai suferit coliziuni cu asteroizi, meteoriți, comete, etc. Energia generată în urma coliziunilor a făcut ca Pământul să aibă o temperatură de 4700°C, formând un ocean de lavă incandescentă. Materialele ușoare s-au ridicat la suprafață iar cele grele s-au scufundat spre centru formând un miez de materie topită
- După circa 20 de milioane de ani, când temperatura la suprafață sa a ajuns la circa 1000°C, o planetă de mărimea lui Marte, a ciocnit Pământul sub un unghi de 45°. Atât Pământul cât și Theia aproape că s-au dezintegrat. Pământul având masa mai mare a reușit să atragă materia expulzată din jur înghițind nucleul planetei Theia.
- Această coliziune a cauzat înclinația axei rotației a Pământului iar consecința o reprezintă anotimpurile.

- *Luna:* materialele mai ușoare rezultate în urma impactului cu Theia s-au aglomerat într-un corp ce gravita în jurul Pământului din care s-a format Luna, satelitul nostru natural.

- *Forțe/câmpuri proprii:*

- Gravităția terestră - forța de atracție a Pământului asupra corpurilor de la suprafața și din apropiere (se manifestă prin accelerația gravitațională imprimată corpurilor $g = 9,80 \text{ m/sec}^2$)
- Magnetismul terestru – generat de stratul metalic fluid al nucleului extern care se rotește (sarcinile electrice din componența sa, aflate în mișcare reprezintă un curent electric intens)

- *Forțe/câmpuri externe:*

- Radiația solară corpusculară și electromagnetică
- Gravităția solară și gravitația lunară: determină fenomenul de maree

- *Mișcări/deplasări în spațiu:*

- *Revoluție:* deplasarea pe durata unui an a Pământului în jurul Soarelui, pe o orbita eliptică, în care Soarele are poziția într-unul din focare.
- *Rotație:* (23 h 56 min 4 sec.) - *rotire a Pământului în jurul axei sale.*
- *Durata de viață/vârsta:* 4,5 miliarde ani
- *Unicitatea mediului terestru:*
 - Mediul terestru este unic *ca urmare a circuitelor de substanță și energie* care *s-au format și se mențin* de milioane de ani (homeostazie planetei) *prin:*
 - *caracteristicile orbitale ale planetei* (excentricitate minimă, înclinare optimă pe orbita pentru a favoriza apariția anotimpurilor și încălzirea alternativă a emisferei nordice și sudice) și
 - *valorile astrofizice specifice* (Pământul este cea mai mare planetă interioară și, ca urmare a reținerii majorității vaporilor de apă, are cea mai mare densitate, o gravitație care structurează materia pe învelișuri și generează procesele de modelare a scoartei etc.).
 - *Circuitele de natură abiotică și biotică, sunt susținute de energia de la Soare.*
 - Cantitatea optimă de energie solară și compoziția atmosferei terestre, favorizează o *temperatură medie la suprafața planetei de 10 – 15°C* (deși există oscilații diurne, de anotimp și latitudine între +60 și -60°C).
 - În absența efectului de seră (o atmosferă perfect transparentă), temperatura superficială a Terrei ar fi de numai -18°C. *Efectul de seră apare ca urmare a absorbției de către atmosferă a unei părți din radiația infraroșie, reflectată de suprafața terestră.*
 - În aceste condiții doar Terra și-a menținut o *mare rezervă de apă lichidă*
 - *Apă ocupă 71% din corpul planetar.*
 - *Apă a absorbit majoritatea dioxidului de carbon din atmosfera primară, formând calciul din roci și evitând apariția unui efect de seră excesiv, așa cum s-a întâmplat pe Venus.*
 - *Schimbările de fază* (apă – vapori – gheață – apă) și *mișcările mecanice* (râuri, valuri, curenți, mări) fac din *apă principalul agent care reglează clima terestră*
 - Terra este o *planetă aflată în plină maturitate*, care dispune încă de o *mare cantitate de energie internă*. Doar pe Terra există o dinamică în plăci. (celelalte planete telurice s-au răcit și au rămas cu același relief de peste 3 mld. ani)

Scoarța terestră prezintă o *dinamică în plăci*, specifică numai Terrei, din care rezultă o *diversitate de forme de relief*, aflate într-o continuă evoluție și schimbare.

În concordanță cu energiile interne, *dinamica în plăci generează continente, bazine oceanice, vulcani, lanțuri muntoase*. La acestea se adaugă *factorii externi care modelează un relief* fluviatil, marin, glacial, eolian etc. Aceasta creează avantaje evolutive (*auto-organizare abiotică și biotică*).

Soarele

Steaua de a treia generație, conține 99,86% din masa sistemului solar, **temperatura la suprafață** 5770 K, **temperatura în centru** 15 milioane grade K, **compoziția**: 74% hidrogen, 25% heliu și 1% metale grele:

- **Structura/procesul energetic: soarele** - se află într-o fază staționară/secvență principală:
 - Soarele este format din:
 - **Atmosfera solară** (emite **unde electromagnetice și radiație corpusculară**) și
 - **Interiorul Soarelui** (masa din interior este puternic concentrată spre centru, la o presiune de sute de miliarde de atmosfere și la o temperatură de circa 14 milioane de grade - materia fiind **în stare de plasmă**)
 - **Fuziunea**: **contopirea unor nuclee ușoare, formând nuclee mai grele**, energia degajată fiind mai mare decât în cazul fisiunii. Se produce **fuziunea a câte patru nuclee de hidrogen** (patru protoni, H fiind compus dintr-un proton și un electron) cu formarea unui nucleu de heliu, 2 pozitroni, 2 neutrini și o enormă cantitate de energie.
 - **Reacția inversă de menținere a unei benzi energetice constante a radiației/tip termostat**: Când radiația corpusculară și energetică crește, scade presiunea din centru Soarelui, aceasta nu mai poate echilibra total gravitația care contractă Soarele, temperatura din centru crește și se mărește nivelul energiei nucleare. Acestea sunt **pulsațiile solare ce se manifestă prin pete solare eruptive**, care se intensifică cu o **periodicitate de 11 ani**.
- **Radiația solară**: erupțiile și proeminențele care se desprind de Soare formează **vântul solar**, un flux de particule încărcate cu sarcină electrică. (pus în evidență cu ajutorul cometelor)
 - **Radiația electromagnetică** (flux de fotoni-energia lor crește cu frecvența):
 - **Unde radio** ($f < 10^{11}$ Hz)/lungimea de undă comparabilă cu: clădiri, oameni, insecte
 - **Radiație Infraroșie**/Termică/ vârful de ac
 - **Radiație Luminoasă**/Vizibilă/ microorganisme
 - **Radiație Ultravioletă**/molecule
 - **Radiație X** ($10^{16} < f < 10^{19}$ Hz)/ atomi
 - **Radiație Gamma** ($10^{19} < f < 10^{24}$ Hz)/ nuclee
 - **Radiație corpusculară**:
 - **Radiație n** (neutroni)/ Neutră
 - **Radiație α** (nuclei de He)/Sarcină pozitivă
 - **Radiație β^-** (electroni)/Sarcină negativă
 - **Radiație β^+** (pozitroni-antiparticula electronului)/Sarcină pozitivă
 - **Radiație p** (protoni)/Sarcină pozitivă
- **Formarea și evoluția**:

- Ca orice stea, Soarele **si-a început evoluția dintr-un nor de gaz si praf** care a condensat prin colaps gravitațional. Gazul s-a încălzit treptat si presiunea a crescut în interiorul sau, astfel norul a devenit **o protostea**.
 - **Dupa aproximativ 100 milioane de ani** se atinge așa numita **secvența principală**, când **se declanșează reacțiile nucleare**, ce conduc la „arderea” hidrogenului. Faza aceasta a început acum 4,5 miliarde de ani si **va dura încă circa 5 mld. ani**.
 - Dupa aceea, nucleul, care va cuprinde numai heliu, se va contracta, în timp ce partea exterioară a învelisului, cu hidrogen, se va dilata; **Soarele va deveni o gigantica rosie**, raza sa atingând orbita lui Marte. Aceasta faza **va dura 1 miliard de ani**, iar Soarele va pierde cea mai mare parte a materiei sale.
 - Evoluția ulterioară va atinge **faza de pitica alba**, când Soarele va mai avea doar **1/2 din masă sa actuală**, restul pierzându-se sub formă de vânt si erupții solare din straturile superioare ale astrului.
 - Cu timpul, pitica alba se va raci, mai întâi repede, iar apoi tot mai lent, va înceta sa mai lumineze si va deveni **o pitica neagra, rece**.
- *Forțe/câmpuri proprii:*
- **Gravitația – Echilibre de bază (hidrostatic si termic):**
 - **Echilibrul hidrostatic** presupune ca **forța gravitației a ajuns sa fie egalată de presiunea gazelor**, care tinde sa departeze elementele materiei de centrul solar.
 - **Echilibrul termic** indica o **egalitate între rata energiei câștigate si a celei pierdute** de către fiecare strat solar în parte, ceea ce presupune existența unei **surse interne de energie (reacții nucleare care transformă hidrogenul în heliu prin fuziune)**.
 - **Câmpul magnetic:** Masa Soarelui este puternic concentrată spre centru la presiuni și temperaturi uriașe.
 - În interiorul Soarelui materia, aflată în stare de plasmă (gaz perfect format din particule încărcate cu sarcină electrică: electroni, protoni, ioni, etc.) caută să iasă la suprafață spre straturi mai reci, producând astfel **curenți de convecție**
 - **Liniile câmpului magnetic produs de curenții de convecție** ies la suprafața Soarelui fiind **percepute ca pete solare**. Plasma solară trasează astfel liniile de câmp magnetic dintre polii Nord și Sud.
- *Mișcări/deplasări în spațiu:*
- ca orice corp gazos, Soarele are o **mișcare de rotație neuniformă și diferențială în jurul axei sale** de simetrie (rotația la ecuator este mai rapidă decât cea de la poli).
 - se creează astfel **un curent electric**, care la rândul său **dă naștere la un câmp magnetic foarte intens** ce se întinde în tot sistemul solar, protejându-l de radiațiile galactice.
- *Durata de viață/stabilitatea:* **4,5 miliarde ani** până acum **+ 5 miliarde ani** pe secvența principală

Formarea stelelor este un pas crucial în evoluția universului. Stelele sunt condensări ale materiei suficient de mari pentru a crea în centrele lor presiuni suficient de ridicate ca să inițieze reacții nucleare spontane. Aceste reacții transformă hidrogenul în heliu de-a lungul unei perioade îndelungate și calme a istoriei lor — la jumătatea căreia se află soarele nostru — însă, în etapa finală a vieții lor, stelele se confruntă cu o criză de energie. Ele parcurg o perioadă explozivă de schimbări rapide în care heliul este transformat în carbon, azot, oxigen, siliciu, fosfor și toate celelalte elemente care joacă un rol vital în biochimie. Când stelele explodează devenind supernove, aceste elemente se răspândesc în spațiu și în cele din urmă intră în alcătuirea planetelor.

Sistemul Solar

Caracterul de sistem: este dat de geneza comună și de evoluția interdependentă a corpurilor cosmice componente, cu schimburi interne de materie și energie, totul fiind controlat de masa Soarelui, în special de forța sa gravitațională. La rândul său, sistemul solar devine parte componentă într-un supra-sistem și anume, Calea Lactee, cu care dezvoltă schimburi de substanță și energie dar, la un alt nivel. Sistemul solar evoluează pe principiile echilibrului dinamic, întreținut prin, forțele gravitaționale ale tuturor corpurilor din sistem și prin forța centrifugă, care este maximă în plan ecuatorial.

Sistemele planetare reprezintă prima unitate sistemică de materie din Univers.

- *Structura:*
 - soarele - care conține 99,86% din masa sistemului,
 - 8 planete mari,
 - peste 60 de sateliți ai planetelor,
 - peste 300 000 asteroizi,
 - materie interplanetară (gaz, praf, gheață, etc.)
- *Formarea și evoluția sistemelor planetare:*
 - În plasma din centrul stelelor uriașe are loc transformarea hidrogenului în heliu în cursul unui proces termonuclear cu o durată de 10⁷ ani. “Arderea” heliului produce carbonul în 10⁵ ani. Acesta se combină cu alte nuclee de heliu, generând oxigen în 10³ ani. Din “arderea” oxigenului ia naștere neonul, acesta trece în magneziul, din magneziu în siliciu, iar prin arderea siliciului, apar elementele grele până la fier (H-He-C-O-Ne-Mg-Si-Fe). Aceste transformări au loc numai în interiorul stelelor gigant, care pot oferi temperaturile și presiunile enorme solicitate, procesele fiind concentrate în învelișuri succesive. Când, în urma arderii siliciului, nucleul devine feros, se trece în stadiul de racire a nucleului, gigantica stea intră în colaps gravitațional, urmat de o explozie uriașă (supernova), care răspândește în spațiul interstelar elementele produse în interiorul său.

- **Explozia stelelor din generația I** formează unde de soc care determină concentrarea maselor de gaz și praf interstelar, **rezultând nebuloase cu forma de sferă care începe să se rotească** tot mai repede în jurul axului lor central.
 - Forța centrifugă dilată partea ecuatorială a nebuloasei, iar sfera se transformă într-un disc, cu margini tot mai subțiri.
 - **Discul de densitate mică**, se compune în principal din hidrogen, heliu și praf cosmic, dar conține și atomi de elemente grele. Aceștia din urmă, prin ciocniri repetate formează molecule de substanțe compuse care prin asociere creează substanțe solide, care se măresc treptat, cad către planul discului, unde se concentrează **formând planete ce urmează orbite circulare**.
 - **În centrul nebuloasei**, materia condensează, se încălzește prin ciocniri tot mai frecvente, devine incandescentă. Când se ating temperaturi de milioane K și presiuni suficient de ridicate, **se declanșează reacțiile termonucleare, care opresc procesul de contractare**. Aceasta reprezintă secvența principală de evoluție a stelei, care se menține până la consumarea rezervei de hidrogen.
- *Formarea și evoluția sistemului solar:*
- În urmă cu circa 5 miliarde de ani, la periferia Căii Lactee se **afla o nebuloasă (un nor imens de gaz și praf stelar ce reprezenta rămășițele unei supernove)** care s-a extins sub formă de disc datorită mișcării de rotație. În nebuloasă, inițial omogenă, apare o diferențiere chimică și fizică – particulele cristalizează treptat în funcție de scăderea temperaturii: întâi se formează *metalele*, apoi *silicații* și, în final, *gheața*.
 - În centrul discului, materia condensează, se încălzește și devine incandescentă. **Apare proto-soarele de culoare roșie**. Când se ating temperaturi de cca 8 milioane K și presiuni suficient de ridicate, se declanșează reacțiile termonucleare, care opresc procesul de contractare. Aceasta reprezintă secvența principală de evoluție a Soarelui, care s-a declanșat în sistemul nostru acum aproximativ 4,5 miliarde de ani.
 - În planul discului, au loc aglomerări de materie, care se măresc prin atracție gravitațională până la diametre de câțiva zeci de kilometri (planetoizii). **Cresc gravitația și viteza de rotație a planetoizilor** cu orbite situate în planul discului și cu o traiectorie apropiată de cerc **care ating 1 000–2 000 km în diametru și devin planete**.
 - În corpurile planetare, are loc un **proces de diferențiere internă**, deoarece elementele componente prezintă proprietăți fizice/densități și afinități chimice distincte. Printr-un proces de sortare gravitațională, elementele grele migrează spre interiorul corpurilor planetare, **formând un nucleu feros**. Acesta este înbrăcat de o **mantă (lichidă la planetele exterioare sau vâscoasă, la cele interioare)**. În timp ce la suprafața planetelor interioare se formează, prin răcire, **o crustă din roci și o atmosferă**; la cele exterioare învelișul lichid este urmat de o atmosferă densă și groasă, tulburată de furtuni violente.
- *Forțe de interacțiune opuse:*

- Forțe gravitaționale egale și de sens opus: Soarele atrage o planeta cu o forță proporțională cu produsul dintre masa sa și masa planetei și invers proporțională cu pătratul distanței dintre Soare și planetă, iar conform principiului acțiunii și reacțiunii, la rândul ei planeta atrage Soarele cu o forță egală și de sens opus.
- Cazul a N corpuri: forța atractivă scade proporțional cu pătratul distanței deci acțiunea corpurilor aflate la distanțe mari este neglijabilă (se iau în calcul deci corpurile apropiate). Soarele imprimă planetelor mișcări pe traiectorii elipsoidale conform legilor lui Kepler. Celelalte corpuri produc mici deviații de la orbita astfel calculată, ce poartă numele de perturbații, care se compensează în timp nemodificând structura sistemului solar.
- Forțe centripete și centrifuge: Când forțele contrare, centripetă (datorată atracției gravitaționale și îndreptată spre centrul de rotație) și centrifugă (forța care tinde să îndeparteze corpul aflat în mișcare de axa de rotație), se echilibrează, apare mișcarea de rotație în jurul unui centru de masă, formându-se și menținându-se întregul sistem solar cu Soarele, planetele și sateliții lor.
- Mișcări/deplasări în spațiu:
 - mișcare de rotație a Soarelui și a Sistemului solar în jurul axei sale de simetrie
 - mișcare de revoluție în jurul centrului galactic (aflat la circa 28.000 de ani-lumină, având planul ecuatorial de simetrie situat mai jos cu 20 de ani-lumină față de planul ecuatorial al sistemului nostru solar). Sistemul solar efectuează o rotație completă în jurul centrului galactic odată la aproximativ 250 de milioane de ani, cu o viteză de 220 km/s. (această durată se numește an galactic.)
- Durata de viață/vârsta: 4,5 miliarde ani

Galaxiile

Galaxiile sunt sisteme de stele și materie interstelară situate într-un spațiu având diametrul de la câteva mii de ani lumină la câteva sute de mii de ani lumină.

Galaxiile reprezintă a doua unitate sistemică de materie din Univers.

- Structura galaxiilor:
 - sisteme de stele împreună cu planetele lor, situate într-un spațiu cu diametrul de mii - sute de mii de ani lumină. (10^7 - 10^{12} stele simple, duble sau multiple)
 - nebuloase difuze sau nebuloase planetare
 - roiuri stelare (globulare sau deschise)
 - materie interstelară (gaz și praf)
 - forme diverse: spirale, lenticulare, eliptice sau neregulate.
- Structura Căii Lactee:
 - Forma spirală, diametrul de 100 000 a.l., grosimea de 16 000 a.l., cu masă de circa 750-1.000 de miliarde de ori mai mare decât a Soarelui

- Din centrul galactic se desfășoară **patru brațe spirale mari**. **Soarele împreună cu planetele, dar și alte stele** sunt situate în **brațul Orion (numit Brațul Local)**. Între stelele din braț se afla gaz, dar unda de șoc a unei supernove a golit o regiune de gaz, în care s-a format și Soarele (numită Bula Locală).
 - **stelele** – în jur de **150-200 miliarde de stele împreună cu planetele lor, sunt neuniform distribuite în Galaxie, sub formă de disc** (în interiorul discului se află stelele duble și multiple cu o densitate ce descrește de la centru la periferie).
 - **nebulosele** –circa **1.000 distribuite într-un disc subțire** în planul galactic.
 - **gazul interstelar** – este repartizat neuniform în Galaxie, cu o masă estimată la o sutime-două sutimi din masa totală a stelelor din Galaxie.
 - **praful interstelar** –amestecat în diferite proporții cu gazul interstelar, în regiuni distincte ale Galaxiei. Praful interstelar are **o masă estimată la o sutime din masa totală a stelelor din Galaxie**.
- *Formarea/locului galaxiei:*
- **Grupul de galaxii** - galaxiile sunt distribuite în **grupuri conținând zeci de galaxii**.
 - **Distanța dintre galaxiile grupului** este mult **mai mică decât distanța până la galaxiile situate în afara grupului**.
 - **Calea Lactee** face parte din **Grupul Local** din care mai fac parte Galaxia Andromeda, Norii lui Magellan, Galaxia Triangulum și peste 20 de galaxii mai mici. **Centrul gravitațional** se afla între Galaxia noastră și Nebuloasa Andromeda.
 - **Grupurile de galaxii** sunt concentrate în formațiuni mai mari și mai complexe în care pot intra **sute sau mii de galaxii** numite **roiuri de galaxii**
- *Generațiile/populațiile stelare ale galaxiei:*
- **Nucleul galactic** conține stele bătrâne, formate din materia cosmică originală. În brațele spiralei se află stele tinere și de vârstă medie, bogate în metale.
 - În cele patru brațe se nasc stele noi din materia stelară reciclată.
 - Fiind o stea din generația III, aproximativ **2% din masa Soarelui este compusă din elemente grele**. Imediat după *Big Bang*, universul era alcătuit doar din hidrogen și puțin heliu. **Stelele din generația I**, formate din această materie, **nu conțineau nici un metal**. **Stelele din generația II** au **de circa o sută de ori mai puține elemente grele decât cele din generația III**. Totuși, **doar stelele din generația II cu masă mică au supraviețuit până astăzi**. Membrii mai mari ai acestui grup au evoluat mai rapid, așa încât au dispărut. Este posibil să mai existe câteva stele din generație I. Pentru a supraviețui atât de mult, ar trebui să fie foarte mici, și deci, foarte palide.
 - **Mase de gaz în mișcare formează aglomerări instabile gravitațional care intră haotic în coliziuni**. Temperaturile și presiunile din astfel de zone de coliziune ating rapid valori extrem de ridicate, zeci de milioane de grade și miliarde de atmosfere, determinând fuziunea hidrogenului.
 - **Stelele se nasc cu sutele odată**, uneori rămânând strânse laolaltă ceva timp și după formare. De aceea, **cele mai multe stele sunt gemene sau chiar trigemene**, care gravitează una în jurul celeilalte. Studii recente arată că **doar o zecime din toate stelele sunt solitare**.

- *Forțe de interacțiune:*
 - Forțe gravitaționale: între galaxiile care formează grupuri se manifestă forțe de atracție gravitaționale
 - Forțe centripete și centrifuge: galaxiile mai mici pot fi „sateliti” ale unor galaxii mai mari.
- *Mișcări/deplasări în spațiu:*
 - Galaxia efectuează o mișcare de rotație în jurul axei de simetrie, dar spre deosebire de corpurile solide, unde viteza de rotație este constantă, are o viteză de rotație ce se micșorează de la centru spre margine.
 - În jurul galaxiei noastre, orbitează alte câteva galaxii mici, numite sateliții galaxiei
- *Durata de viață/vârsta:*
 - Vârsta celor mai vechi stele din Calea Lactee a fost estimată folosind observațiilor transmise de telescopul Hubble, la 13,6 miliarde de ani, iar vârsta Universului la 13,7 miliarde de ani (conform modelului standard de formare a Universului).
 - Vârsta Galaxiei noastre este estimată la circa 10 miliarde de ani

Structura părții vizibile a Universului

Facem distincția între universul ca întreg și acea parte finită a lui pe care lumina a avut timp s-o străbată de la începutul său pentru a ajunge la noi („universul vizibil”) care este finit. Dar universul, în întregul lui, ar putea fi finit sau infinit. Nu o vom putea afla niciodată.

- *Compoziția și proprietățile statistice ale Universului actual:*
 - Universul este alcătuit în cea mai mare parte vid, conținând 1 atom la fiecare 16 m^3 . Aceasta înseamnă de circa 10^{27} ori mai puțin decât nivelul moleculelor dintr-un metru cub (m^3) din atmosfera terestră. Densitatea media a materialului cosmic este foarte mică, de circa $2 \cdot 10^{-26} \text{ kg/m}^3$.
 - Universul este transparent pentru lumină. Un foton are posibilitatea să traverseze întregul Univers, fără să fie observat sau deviat. Această proprietate permite observarea directă a zonelor îndepărtate din Univers. Universul a devenit transparent pentru fotoni abia după un milion de ani de la Big-Bang.
 - Universul are temperatura foarte scăzută, este foarte rece.
 - Orizontul cosmic ce „limitează” universul vizibil este la distanța de $2 \cdot 10^{26} \text{ m}$.
 - Universul conține circa un miliard de roiuri de galaxii, iar un roi mediu de galaxii include circa o mie de galaxii.
 - Galaxiile sunt considerate ca fiind „atomii” Universului. Galaxiile se îndepărtează unele de altele. Viteza expansiunii crește cu distanța, cu o viteză de 15 km/s pentru fiecare milion de ani lumină.
 - Universul, ca întreg, pare să fie omogen (are aceleași proprietăți, aceeași densitate și aceleași tipuri de obiecte peste tot) și izotrop (are aceleași proprietăți –

expansiune și viteză – în toate direcțiile). Materialul cosmic conține probabil toate elementele chimice stabile și cvasistabile din sistemul periodic al elementelor.

- La fiecare 1000 de atomi de material cosmic, există 920 atomi de hidrogen și circa 180 atomi de heliu. Restul de 1-2 atomi fac parte din elementele stabile și cvasistabile din tabelul periodic al elementelor. Dintre aceștia, cei mai des întâlniți sunt oxigenul, carbonul, azotul și neonul.

Concluzii privind nivelul megascopic

- Elementele existente în univers au luat naștere prin combinarea diferită a hidrogenului primordial, în cicluri care au avut și mai au încă loc în interiorul stelelor gigant.
 - În plasma din centrul soriilor are loc transformarea hidrogenului în heliu în cursul unui proces termonuclear cu o durată de 10^7 ani.
 - “Arderea” heliului produce carbonul în 10^5 ani. Acesta se combină cu alte nuclee de heliu, generând oxigen în 10^3 ani.
 - Din “arderea” oxigenului ia naștere neonul, acesta trece în magneziul, din magneziu în siliciu, iar prin arderea siliciului, apar elementele grele până la fier. Aceste transformări au loc numai în interiorul stelelor gigant, care pot oferi temperaturile și presiunile enorme solicitate, procesele fiind concentrate în învelisuri succesive.
 - Când, în urma arderii siliciului, nucleul devine feros, se trece în așa-numitul stadiu de racire a nucleului. Printr-un proces încă insuficient cunoscut, gigantica stea intră în colaps gravitațional, urmat de o explozie uriasă (supernova), care răspândește în spațiul interstelar elementele produse în interiorul său.
 - Aceste elemente stau la baza creșterii corpurilor planetare, care ar rămâne însă reci fără apariția unei generații secundare de sori, specifici doar galaxiilor spiralate.
- *Modele ale Universului/ Evoluția viitoare a Universului/:*
 - Cele trei tipuri posibile de univers în expansiune (creșterea entropiei pornind dintr-o stare de entropie zero, cu un timp finit în urmă – Big Bang):
 - Universurile „deschise” sunt infinite în mărime și se dilată la nesfârșit.
 - Universurile „închise” sunt finite și sfârșesc prin a se contracta până la marea implozie (big crunch).
 - Granița dintre cele două tipuri e reprezentată de universul „critic”, care e infinit ca mărime și se extinde la nesfârșit dar viteza de extindere este mai mică decât a universurilor deschise.
 - A doua lege a termodinamicii cere ca entropia să fie mai mică pe măsură ce mergem înapoi în trecut dar nu rezultă că trebuie să ajungă la zero după un timp finit. Entropia ar putea să scadă exponențial, cu cât ne deplasăm în urmă în timp, și să se apropie tot mai mult de zero, fără să atingă efectiv valoarea zero.
 - Pe măsură ce biosfera Pământului devine tot mai ordonată local, scăderea entropiei sale este compensată cu vârf și îndesat de creșterea globală a entropiei când schimbul de căldură între Pământ și Soare e luat în calcul.

- Dacă vă apucați să faceți un scaun din câteva bucăți de lemn, gradul de ordine crește în procesul de construcție — deci entropia scade. Dar nu există aici nici o violare a legii a doua a termodinamicii, deoarece entropia totală — care include cheltuiala de energie din glucidele înmagazinate în trupul nostru, folosită în activitatea noastră — crește. într-adevăr, **complexitatea lumii vii pe care o vedem în jurul nostru e o manifestare a căilor subtile prin care natura poate obține scăderi locale ale entropiei, contrabalansate din plin prin creșteri în alte locuri.**
- A fost conceput **un model în care universul era, în medie, întotdeauna la fel și nu avea nici un început .**
 - El **presupune că materia**, în loc să fi fost creată la un anumit moment în trecut, **e creată mereu, exact în ritmul necesar pentru a compensa diluarea ei provocată de expansiune**, menținându-se astfel o densitate constantă a materiei în univers. Această stare de lucruri există dintr-un trecut etern și va continua la nesfârșit.
 - **Ritmul de creație** cerut de scenariul stării staționare e uluitor de mic (**aproximativ un atom pe metru cub la fiecare zece miliarde de ani**), iar un asemenea proces lent e imposibil de observat direct. Motivul pentru care e atât de mic ține de faptul că există foarte puțină materie în univers. Dacă toate stelele și galaxiile din universul actual ar fi diluate într-un ocean uniform de atomi, ar exista abia un atom în fiecare metru cub de spațiu.
- Teoria **corzilor impune existența unui univers inițial cu 11 dimensiuni.**
 - Universul începe cu toate dimensiunile dilatându-se la fel, **dar după timpul Planck, 10^{-43} secunde, doar trei dimensiuni spațiale continuă să se dilate**, devenind cele pe care le cunoaștem azi. Mărimea lor a ajuns la cel puțin 10^{27} centimetri și formează spațiul universului vizibil.
 - **Restul au rămas blocate; ar fi imperceptibile pentru noi acum, fiindcă ele locuiesc într-un univers a cărui mărime e de doar 10^{-33} centimetri/distanța Planck.** Deocamdată nu există vreo dovadă provenită din observații că aceste dimensiuni spațiale suplimentare există.
 - S-ar putea să existe un principiu profund al naturii care să impună ca trei și numai trei dimensiuni spațiale să continue expansiunea și să devină foarte mari, ca acelea pe care le întâlnim azi în univers. După cum **s-ar putea și ca numărul dimensiunilor mari să fi fost determinat în mod aleator.** Mai mult, acest număr ar putea fi diferit de la o regiune a universului la alta.

Concluzii sintetice privind existența nevie

Pentru a fi cât mai concise și mai sugestive **concluziile privind Existența nevie (abiotică)** folosesc unele **notații și simboluri grafice** explicate în text.

Scara Micro/SMi (masa are **caracter corpuscular, discontinuu spațial/orbite discrete** iar **energia este cuantizată**)

La scara microscopica sistemul spatiu-timp cuadrimensional infinitesimal si particulele aferente se caracterizeaza prin:

- o scara dimensionala care creste de zece miliarde de ori: 10^{-19}m/cuarci - 10^{-9}m/molecule iar gama energiilor de legatura dintre particule scade de aproape zece miliarde de ori: 10^{10} eV/cuarci – 7 eV/molecule
- un numar de 4 nivele de complexitate ale masei si energiei (pentru a se deosebi grafic intre ele particulele de masa sunt subliniate iar *particulele de interactiune* sunt redactate cu caractere italice)

Nivelul N(-1)/Ultra-micro-energetic - *Corzi/vibratii de energie* care se manifesta ca *particule a caror masa si forta de tensionare* sunt determinate de modul de oscilatie a corzilor la scara ultramicroscopica (caracterizata prin *energie, timp, distanta, masa si temperatura Planck*):

- o *lungimea Planck*: 10^{-33} cm
- o *timpul Planck*: 10^{-43} s /necesar fotonului pentru a parcurge lungimea Planck
- o *energia Planck*: $1,22 \times 10^{28}\text{ eV}$
- o *masa Planck*: $2,17 \times 10^{-8}\text{ kg}$
- o *temperatura Planck*: 10^{32} grade

Nivelul N0/Micro-analitic – integreaza nivelul N(-1), cuprinde Particule de masa/PM si *Particule de interactiune/PI* si se caracterizeaza prin:

- o Particule de masa/PM (cuarci, electroni)
- o *Particule de interactiune/PI (gluoni pentru interactiunea tare dintre cuarcii care formeaza protoni cu sarcina pozitiva si neutroni fara sarcina electrica, care la randul lor formeaza nucleu cu sarcina pozitiva, fotoni pentru interactiunea electromagnetica dintre nucleu pozitive si electronii negativi, gravitoni pentru interactiunea gravitationala dintre corpurile de masa mare)*
- o particulele de masa si *particulele de interactiune* nu exista separat ci doar impreuna
- o *interactiunile* sunt virtuale/potențiale (se manifesta ca energie potențială/de câmp, doar în cadrul corpusculilor sau în proximitatea lor - atunci când interacționează cu un alt corpuscul)

Nivelul N1/Micro-fizic – integreaza nivelul N0, cuprinde: Corpusculi atomici/CA (atomi), Corpusculi nucleici/CN (protoni si neutroni) si Corpusculi nucleonici/Cn (cuarci) si se caracterizeaza prin:

- o Micro-sisteme dinamice individuale de tip *Particule de masa/Pm + Particule de interactiune/Pi*: $\underline{Cn} = \underline{Pm} + \underline{Pi}$, $\underline{CN} = \underline{Cn} + \underline{Pi}$, $\underline{CA} = \underline{CN} + \underline{Pm} + \underline{Pi}$
- o Interactiuni structurale interne ale corpusculilor atomici/CA: *Interactiuni nucleare/IN (tari+slabe) si Interactiuni electromagnetice/IEM*
- o Interactiuni structurale externe ale corpusculilor atomici/CA: *Interactiuni electrochimice/IEC* (de asociere între atomi prin legături ionice si legături covalente)

Nivelul N2/Micro-fizico-chimic – integrează nivelul N1, cuprinde Corpusculii moleculari/CM și se caracterizează prin:

- Micro-sisteme dinamice individuale: Corpusculi atomici/CA + *Interacțiuni electrochimice/IEC: $CM=CA+IEC$*
- Interacțiuni structurale interne ale corpusculilor moleculari/CM: *Interacțiuni nucleare și electromagnetice* la nivel subatomic + *Interacțiuni electrochimice/IEC de asociere între atomi*
- Interacțiuni structurale externe ale corpusculilor moleculari/CM: *Interacțiuni de agregare moleculară/IAM* cu formare de substanțe și corpuri

Scara Macro/SMa (materia accesibilă simțurilor umane are caracter continuu spațial și energetic)

La scara macroscopică sistemul spațiu-timp cuadrimensional este nerelativist (vitezele corpurilor fizice sunt mult mai mici decât viteza luminii) și se caracterizează prin:

- o scara dimensională care crește de zece miliarde de ori: 10^{-4}m /vârf de ac – 10^6m /distanța orizontului terestru vizibil din spațiu
- o gamă a energiilor de legătură sub 10^{-2} eV/moleculă
- un număr de 2 nivele de complexitate ale materiei (pentru a se deosebi grafic între ele sistemele de masă sunt subliniate iar *interacțiunile* sunt redată cu caractere italice)

Nivelul N3/Macro-fizico-chimic - integrează nivelele N1 și N2, cuprinde Substanțe chimice/SC și Corpuri fizico-chimice/CFC și se caracterizează prin:

- Substanțele chimice/SC: sisteme dinamice complexe chimic omogene: un număr foarte mare de Corpusculi moleculari + *Interacțiuni de agregare moleculară/IAM: $SC=nCM+IAM$*
- Interacțiuni structurale interne SC: *Interacțiuni electrochimice/(la nivel atomic inferior) + Interacțiuni de agregare moleculară/IAM*
- Interacțiuni structurale externe SC: *Interacțiuni chimice/IC* (reacții chimice)
- Corpuri fizico-chimice/CFC: sisteme dinamice complexe chimic și agregational neomogene, delimitate spațio-temporal: amestec de SC + *Interacțiuni de agregare moleculară/IAM: $CFC=SC+IAM$*
- Interacțiuni structurale interne CFC: *Interacțiuni electrochimice/(la nivel inferior) + Interacțiuni de agregare moleculară/IAM*
- Interacțiuni structurale externe CFC: *Interacțiuni gravitaționale/IG + Interacțiuni electromagnetice/IEM (pentru corpuri magnetice sau cu sarcină electrică) + Interacțiuni fizice/IF (mișcare mecanică, difuzie, fenomene superficiale) + Interacțiuni chimice/IC (reacții chimice)*

Nivelul N4/Macro-geo-fizico-chimic - integrează nivelul N3, cuprinde Sistemul geo-terestru/SGT, diferențiat sub formă de geo-învelișuri abiotice/GIA și se caracterizează prin:

- Geo-învelișuri abiotice/GIA (litosfera, hidrosfera și atmosfera): sisteme dinamice complexe relativ omogene agregational, separate gravitațional pe verticală: un număr foarte mare de Corpuri fizico-chimice/CFC aflate în contact + *Interacțiuni*

gravitaționale/, electromagnetice/IEM și fizico-chimice/IFC:
 $GIA = nCFC + IG + IEM + IFC$

- Sistemul geo-terestru/SGT: sistem dinamic complex eterogen, delimitat spațio-temporal: *cele trei GIA + Circuite geo+fizico-chimice/CGFC* (schimburi de substanță și energie): $SGI = GIA + Circuite\ GFC$
- Interacțiuni structurale interne SGT: *Interacțiuni gravitaționale/IG + Interacțiuni electromagnetice/IEM + Interacțiuni fizice/IF + Interacțiuni chimice/IC*/(la nivel inferior) + *Circuite geo-fizico-chimice/CGFC* (schimb de substanță și energie între GIA)
- Interacțiuni structurale externe SGT: *Radiație solară* (corpusculară și fonică) + *Gravitație terestră* + *Gravitația solară* + *Curenți de convecție cu manta/CCM* (schimb de substanță și energie termică cu miezul Pământului)

Scara Mega/SMe (materia cosmică are caracter continuu spațial și energetic)

La scara megascopica sistemul spațiu-timp cuadrimensional este relativist (vitezele corpurilor fizice sunt mari fără să se apropie însă de viteza luminii), scara dimensională a universului vizibil este de ordinul **miliardelor de ani lumină** iar acesta din urmă cuprinde un număr de **2 nivele de complexitate ale materiei cosmice**.

Nivelul N5 al Sistemelor planetare reprezintă **prima unitate sistemică de materie** din Univers și cuprinde:

- componente de masă:
 - stele - care **concentrează masa sistemelor planetare**
 - planete care orbitează în jurul stelelor și **sateliti** ai planetelor
 - asteroizi și materie interplanetară (gaz, praf, gheață, etc.)
- *forțe de interacțiune opuse*:
 - *forțe gravitaționale egale și de sens opus*, invers proporționale cu pătratul distanței dintre corpurile cerești
 - *forțe centripete și centrifuge* datorate mișcării de rotație a planetelor în jurul stelelor și a sateliților în jurul planetelor

Nivelul N6 al Galaxiilor integrează nivelul N5, reprezintă **a doua unitate sistemică de materie** din Univers și cuprinde:

- Componente de masă:
 - sisteme de stele împreună cu planetele lor, situate într-un spațiu cu **diametrul de mii - sute de mii de ani lumină** în care se pot afla $10^7 - 10^{12}$ stele
 - nebuloase (nori de gaz și pulberi rezultați **în urma exploziilor stelare**)
- *Forțe de interacțiune și Mișcări în spațiu*:
 - *Forțe gravitaționale*: care se manifestă
 - **între sistemele planetare** ale galaxiei
 - **între galaxiile vecine** din grupurile de galaxii
 - *Mișcarea de îndepărtare* dintre galaxii datorită forțelor gravitaționale reduse dintre acestea: **viteza expansiunii crește cu distanța** dintre galaxii

- Mișcarea de rotație a galaxiei în jurul centrului său de masă galactic a sistemelor planetare ale galaxiei
- Forțe centripete și centrifuge: ce se stabilesc între centrul de masă și sistemele planetare datorate mișcării de rotație a galaxiei

Concluzia generală este că universul fizic este ordonat ierarhic. Mai mult nu doar universul dar și natura și societatea nu sunt doar acumulări întâmplătoare de obiecte procese și fenomene ci reprezintă un ansamblu unitar, complex structurat și (auto)organizat.

Între frontierele extreme ale cunoașterii - Universul nelimitat și cele mai mici particulele - lumea este o ierarhie de nivele organizatorice dispuse în funcție de gradul de complexitate, potențialul energetic și dimensiunea spațio-temporală.

Orice nivel de organizare a universului posedă o individualitate proprie, integrează nivele inferioare se structurează și funcționează după legi specifice respectând în primul rând Principiul general al complexității ierarhice.