

# LEGILE SIMETRIEI ÎN UNIVERS

Mihaela-Simona HAȚEGAN<sup>1</sup>

mihaela.hategan@yahoo.com

**ABSTRACT:** This article tries to explain the rules of symmetry in Universe. We started from the simple question: *What is symmetry?* And why it has become so important that concept so many scientists consider to be the basis of the laws of nature? In this paper I have tried to respond through an interdisciplinary approach to science: mathematics, biology and physics, concluding that the symmetry is the basis of the laws of nature.

**KEYWORDS:** symmetry, creativity, nature, geometry, universe.

## *Atunci când lucrurile care s-ar putea schimba, nu se schimbă*

*Simetrie, simetrii*, s.f. 1. Proprietate a unui ansamblu spațial de a fi alcătuit din elemente reciproc corespondente și de a prezenta, pe aceasta bază, anumite regularități; proporționalitate, concordanță, armonie între părțile unui tot, între elementele unui ansamblu etc.; distribuție egală, regulată, armonioasă a părților unui tot. 2. Spec. Proprietate a două puncte aparținând aceleași figuri geometrice sau la două figuri diferite de a fi așezate la aceeași distanță de un plan, de o dreaptă sau de un punct; proprietate corespunzătoare a două figuri geometrice; proprietate a două figuri geometrice de a se suprapune exact. – *Din lat. symmetria, fr. sym étrie.*

*Simetria* este prezentă în viața de zi cu zi, încă de la începuturi.

Câteva arii în care întâlnim simetria:

- în matematică: algebră, geometrie sau alte arii conexe cu matematica;
- în științe: fizică, biologie, chimie;
- în istorie, religie, cultură, simboluri, sculptură, pictură, arhitectură, muzică, jocuri.

De ce 1 este unu și 2 este doi? Folosim în ziua de azi ambele scrieri ale numerelor, atât arabe (1, 2, 3...) cât și scrierea romană (I, II, III...). Înainte de arabi, numerele erau folosite de către comercianții fenicieni pentru a-și putea ține socotelile vânzărilor. Tot în scrierea veche a numerelor stă și explicația: fiecare cifră are un anumit număr de unghiuri; bazat

<sup>1</sup> Profesor la Liceul Tehnologic „Nicolaus Olahus” Orăștie, județul Hunedoara.

pe numărul de unghiuri, s-au numit și numerele astfel: unu are 1 unghi, doi are 2 unghiuri ș.a.m.d.

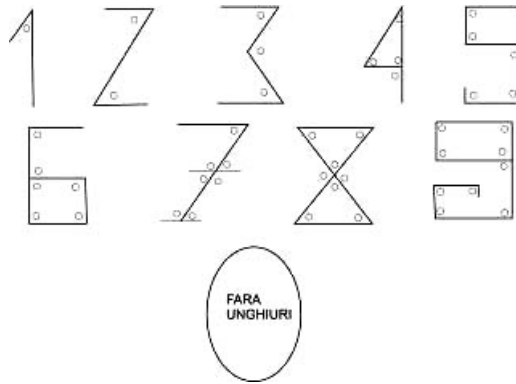


Fig. 1 – Numerele în scrierea veche – unghiurile marcate prin „o”

Revenind la simetria numerelor, găsim în matematică și prin diverse exemple numeroase modele simetrice. Cel mai cunoscut model este cel al înmulțirii:

$$1 * 1 = 1$$

$$11 * 11 = 121$$

$$111 * 111 = 12321$$

$$1111 * 1111 = 1234321$$

$$11111 * 11111 = 123454321$$

$$111111 * 111111 = 12345654321$$

$$1111111 * 1111111 = 1234567654321$$

$$11111111 * 11111111 = 123456787654321$$

$$111111111 * 111111111 = 12345678987654321$$

Nu numai formele, dar și *legile naturii pot fi simetrice*. Toată lumea va observa că pata de cerneală din stânga este simetrică, dar puțini știu că figura din dreapta este considerată și ea simetrică din punctul de vedere al exactității matematice. Deci ce reprezintă simetria? Și de ce a devenit acest concept atât de important, astfel încât mulți oameni de știință îl consideră a fi baza legilor naturii?

Simetria reprezintă invarianța la unele posibile modificări – care se produc în jurul unor centre fixe – ale formelor, enunțurilor, legilor sau

expresiilor matematice ce rămân neschimbate după anumite transformări. De exemplu, enunțul „Madam, I’m Adam” este simetric dacă este citit de la dreapta spre stânga, literă cu literă. Enunțurile cu acest tip de simetrie sunt cunoscute sub denumirea de *palindromuri*, iar palindromurile joacă un rol important în structura cromozomului Y, definitoriu pentru sexul bărbătesc.

Până în anul 2003, cercetătorii din domeniul biologiei genetice credeau că datorită faptului că cromozomului Y îi lipsește un partener (cu ajutorului căruia putea face schimb de gene), încărcătura sa genetică era pe cale să scadă datorită mutațiilor distrugătoare. Spre surprinderea lor totuși, cercetătorii care au secționat cromozomul Y au descoperit că acesta luptă împotriva distrugerii cu ajutorul palindromurilor. Aproximativ 6 milioane (din cele 50 milioane) de fragmente ADN ale cromozomului formează secvențe de tip palindrom. Aceste copii „în oglindă” furnizează rezerve în caz de mutații distructive și permit cromozomului, într-un anumit fel, „să se autoreproducă” – prin împletire putând să-și schimbe poziția.

Pentru figurile și formele bi-dimensionale, ca acelea desenate pe o bucată de hârtie, există exact patru tipuri de simetrie a „rigidului” (care nu suferă alungiri sau distorsionări), cunoscute sub numele de: *reflexie*, *rotație*, *translație* și *reflexie cu alunecare*.

Întâlnim simetria prin reflexie peste tot în jurul nostru – aceasta fiind simetria bilaterală familiară care caracterizează animalele. Trageți o linie verticală prin mijlocul fotografiei unui fluture (dreapta). Acum îndoiți fotografia pe mijloc, urmărind linia verticală. Suprapunerea perfectă rezultată indică faptul că fluturile rămâne neschimbat în urma reflexiei în jurul axei sale centrale.



**Fig. 2** – Simetria bilaterală a unui fluture.  
Un fulg de zăpadă are simetrie de rotație

*Simetria prin rotație* este și ea foarte des răspândită în natură. Un fulg de zăpadă (dreapta), rotit cu 60, 120, 180, 240, 300 sau 360 de grade în jurul unei axe ce trece prin centrul său (perpendicular pe planul său) conduce la o configurație identică. Un cerc rotit cu orice unghi în jurul unei axe centrale, perpendiculare pe planul său, rămâne neschimbat.

*Simetria prin translație* este tipul de invarianță la schimbare întâlnit la motivele care se repetă, ca cel din cea de-a doua imagine. Translația înseamnă deplasarea sau schimbarea poziției cu o anumită distanță de-a lungul unei drepte distincte. Multe dintre frizele clasice, desenele de pe tapete, motivele decorative de la ferestrele imenșilor zgârie-nori manifestă acest tip de simetrie.

În sfârșit, urmele pașilor lăsate în timpul plimbării au o simetrie de *reflexie cu alunecare* (vezi imaginea de mai jos). Transformarea care are loc în acest caz constă într-o translație urmată de o reflexie față de o linie paralelă cu direcția deplasării (dreapta punctată).

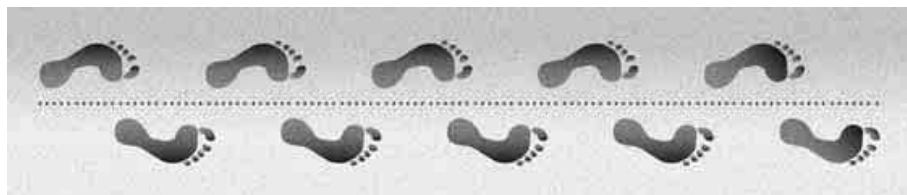


Fig. 3 – Simetria „pașilor”

Toate tipurile de simetrie prezentate până acum sunt simetrii ale formei sau înfățișării care pot fi observate cu ochiul liber. Simetriile care stau la baza legilor fundamentale ale naturii sunt într-un fel strâns legate de cele prezentate; dar în loc să fie legate de forme sau figuri geometrice, ele lansează o altă întrebare: ce transformare trebuie să sufere lumea din jur astfel încât să lase neschimbate legile care descriu toate fenomenele observate?

### ***Legi de simetrie***

*Legile naturii* descriu în general un grup de reguli despre care se presupune că explică absolut tot ceea ce observăm în Univers. Faptul că ar putea exista un astfel de set de legi era de neconceput înaintea sec. al XVII-lea. Cercetările unor genii din lumea științei cum au fost Galileo Galilei

(1564–1642), René Descartes (1596–1650) și în special Isaac Newton (1642–1727) au fost acelea care au relevat clar faptul că o mână de legi puteau explica un domeniu larg de fenomene. Dintr-o dată fenomene diverse cum ar fi căderea merelor, apariția mareelor și mișcarea planetelor au putut fi explicate toate cu legile gravitației ale lui Newton.

Într-un mod asemănător, pe baza impresionantelor rezultate experimentale ale lui Michael Faraday (1791–1867) și ale fizicianului scoțian James Clerk Maxwell (1831–1879) au putut fi explicate toate fenomenele clasice electrice, magnetice și optice, utilizând doar patru ecuații! Gândiți-vă un moment la acest lucru – întreaga lume a electromagnetismului în patru ecuații!

S-a descoperit că legile naturii respectă câteva dintre simetriile pe care le-am întâlnit mai înainte și încă alte câteva mai ezoterice. Pentru început, s-ar putea specifica faptul că *legile au o simetrie de translație*. Manifestarea acestei proprietăți este simplă: indiferent că realizați un experiment în New York sau în Los Angeles, la cealaltă extremitate a Căii Lactee sau într-o galaxie aflată la miliarde de ani-lumină de aici, veți putea descrie rezultatele folosind aceleași legi. De unde știm că acest lucru este adevărat? Pentru că observațiile asupra galaxiilor din tot Universul arată nu numai faptul că legea gravitației este aceeași acolo ca și aici, dar și că atomii de hidrogen de la marginea Universului observabil se supun exact acelorași legi ale electromagnetismului sau ale mecanicii cuantice pe care le respectă și aici pe Pământ.

Legile naturii au, de asemenea, și o simetrie de rotație – legile arată exact la fel indiferent că ne orientăm direcțiile în raport cu polul nord sau cu cea mai apropiată cafenea – fizica nu are o direcție preferată în spațiu.

Dacă nu ar fi existat această simetrie remarcabilă de translație și de rotație a legilor, nu am fi avut nici o speranță să înțelegem vreodată diferențele părți ale cosmosului. În plus, chiar aici pe Pământ, dacă legile nu ar fi simetrice, experimentele nu ar decurge identic în toate laboratoarele de pe suprafața terestră.

Atenție însă: trebuie făcută distincție între simetriile formelor și simetriile legilor. Grecii antici credeau că orbitele pe care se rotesc planetele în jurul Soarelui au o simetrie de rotație și de aceea au o formă circulară. De fapt nu forma orbitei ci legea gravitației lui Newton are o simetrie de rotație. Acest lucru înseamnă că orbitele pot fi (și chiar sunt!) eliptice, dar în același timp ele pot să aibă orice orientare în spațiu. În paragraful

anterior nu am făcut doar o simplă afirmație că legile se supun anumitor simetriei; de fapt, am afirmat cu tărie că simetria poate sta la baza legilor. Ce înseamnă acest lucru?

### ***Baza legilor naturii***

Cerința ca legile naturii să fie simetrice față de unele transformări ne dictează nu numai forma acestor legi, ci, în unele cazuri, face necesară existența unor forțe sau a unor particule elementare încă nedescoperite. Pentru a explica acest lucru vom folosi două exemple interesante.

Unul dintre principalele scopuri pe care și le-a propus Einstein în explicarea relativității generale a fost formularea unei teorii în care legile naturii să fie identice pentru toți observatorii. Așadar, legile trebuiau să fie simetrice față de orice schimbare din punctul nostru de vedere din spațiu și timp (în fizică, acest lucru este cunoscut ca și „covarianță generală”). Un observator situat pe spatele unei broaște țestoase uriașe va trage aceleași concluzii ca și un observator situat într-un carusel sau într-o rachetă care se deplasează accelerat. Într-adevăr, dacă legile sunt universale, de ce ar trebui să depindă de faptul că observatorul se mișcă accelerat?

Deși cerința de respectare a simetriei formulată de Einstein, a fost fără îndoială rațională, în nici un caz nu ar putea fi considerată banală. De fiecare dată când un avion intră într-un gol de aer, simțim cum stomacul ne sare în gât – acest lucru demonstrând o diferență evidentă între mișcarea uniformă și cea accelerată. Așa încât cum ar putea fi identice legile naturii pentru observatorii aflați în mișcare accelerată, când se pare că acești observatori experimentează forțe suplimentare?

Considerați următoarea situație. Dacă stați pe un cântar în interiorul unui lift care accelerează în sus, picioarele dumneavoastră exercită o presiune mai mare asupra cântarului – deci va indica o greutate mai mare (jos, fig.a). Același lucru se va întâmpla și în situația în care forța gravitațională devine mai puternică într-un lift în repaus. Într-un lift care accelerează în jos veți avea aceeași senzație ca și când forța gravitațională ar scade (jos, fig.b). Dacă ar ceda cablul de susținere al liftului, dumneavoastră și cântarul v-ați afla în cădere liberă la unison și cântarul ar indica greutate zero (jos, fig. c).

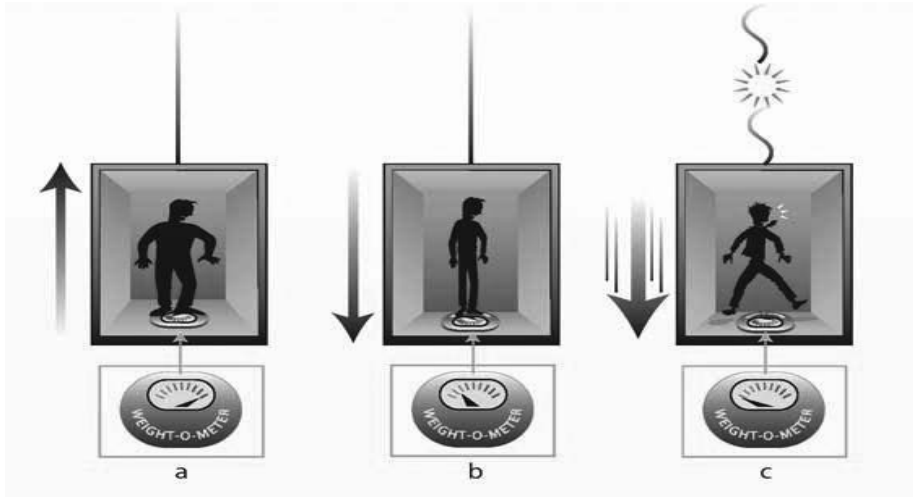


Fig. 4 – Măsurarea greutății într-un ascensor: mărirea greutății în timpul accelerării în sus a ascensorului (a), micșorarea greutății în timpul accelerării în jos (b) și pierderea greutății în timpul căderii libere (c)

Căderea liberă este echivalentă din această cauză cu situația în care cineva a întrerupt forța gravitațională în mod miraculos. Acest fapt l-a condus pe Einstein în 1907 la o concluzie uimitoare: forța gravitațională și forța apărută în mișcarea accelerată sunt de fapt una și aceeași forță. Această puternică unificare a întărit „principiul echivalenței”, implicând faptul că accelerația și gravitația sunt de fapt două fețe ale aceleiași forțe – indicând faptul că sunt echivalente.

La o conferință susținută la Kyoto în anul 1922, Einstein a descris astfel acel moment de iluminare pe care l-a avut în anul 1907: „Stăteam în biroul de brevete din Berna când dintr-odată mi-a venit o idee: dacă o persoană se află în cădere liberă, nu-și va simți propria greutate. Am fost uimit. Această simplă idee mi-a lăsat o impresie profundă. M-a condus spre o teorie a gravitației”.

*Principiul echivalenței* este într-adevăr o formulare a simetriei universale: legile naturii – așa cum sunt exprimate de ecuațiile lui Einstein ale relativității generale – sunt identice în toate sistemele de referință, inclusiv în cele aflate în mișcare accelerată. Așa încât, de ce există diferențe aparente între ceea ce se observă într-un carusel și într-un laborator în repaus? Relativitatea generală furnizează un răspuns surprinzător. Există diferențe legate numai de condițiile de mediu și nu de legile propriu-zise. În mod

asemănător, direcțiile sus și jos par să fie diferite pe Pământ datorită atracției gravitaționale a acestuia. Chiar și legile naturii nu au direcții preferate (au o simetrie de rotație) și nu fac distincție între sus și jos. Observatorii dintr-un carusel, potrivit relativității generale, simt forța centrifugă care este echivalentă cu o forță gravitațională.

Concluzia este într-adevăr senzațională: simetria legilor față de orice schimbare de coordonate spațio-temporale necesită existența gravitației! Acest fapt explică de ce simetria stă la baza forțelor. Necesitatea existenței simetriei nu dă naturii nici o altă posibilitate: gravitația trebuie să existe.

### **Bibliografie:**

- [1] Mario, Livio, *Ecuția care nu a putut fi rezolvată: matematicieni de geniu descoperă limbajul simetriilor*, Editura Humanitas, București, 2007.
- [2] <http://www.scienceinschool.org/>.