



MICKAËL LAUNAY

**ECUAȚIA
LILIACULUI**

**DE LA FORȚA ARHIMEDICĂ
LA FIZICA CUANTICĂ**

Traducere din limba franceză de
Irinel Antoniu

TREI

Cuprins

Partea întâi. Puterea organizatorică a hazardului

Misterul aspiratorului	9
Oroarea de vid.....	14
Forța invizibilă	20
O gură de atmosferă.....	29
Infinitul mic	39
Un biliard gigantic	47
Cap sau pajură?	56
Maimuțele dactilografe.....	67
Aspiratorul se întoarce	72

Partea a doua. O lume de iluzii

Ambuteiajul	79
Coroana lui Arhimede.....	85
Potop într-un pahar cu șampanie.....	93
În memoria ultramundanilor	98
Șase și nouă	104
Jocul funcției.....	107
Imparele lui Galilei	116
Cuceveaua, cheiropterul și vampirul	126

Partea a treia. Haos

Meteorologia melcilor.....	135
Teatrul vremii.....	139
Unora le place mai agitat (la nivel microscopic)	146
Ecuția căldurii	155
În infinitul mic	162
Un computer cu totul nou	170
O apariție ciudată	175
Secretele fluturului	183
Cine dă cu zarul?	189

Partea a patra. Unda și simfonia

Vaca și clopotnița.....	197
Cele două /a-uri	202
În inima vibrațiilor.....	205
Ecuția undelor.....	216
Propagare și suprapunere	226
Acordurile sinusoidale	236
Brevetul nr. 655508	240
Ricoșările sunetului	244
Să vezi sunetele și să le auzi forma	255
Cele două fante	258

Partea a cincea. În infinitul mic

Particule elementare coafate	269
Cele două fante se întorc	277
Realitatea și ficțiunea	285
Propria sa undă.....	290
Cele 1 001 de interpretări	297
Ecuția mișcării cuantice	304

Câmpul cuantelor	309
Identicele.....	316
Spectrul liliacului.....	322
Bibliografie	335

Partea întâi

Puterea organizatorică a hazardului

Misterul aspiratorului

Trag draperia.

Un cilindru de lumină traversează în diagonală livingul și, deodată, o lume începe să forfotească sub ochii mei. Mii de fire minuscule de praf suspendate în aer. Unele, ridicate poate de mișcarea țesăturii, se mai învolutează câteva secunde în agitația dezordonată a atmosferei înainte să se retragă în zigzag; altele, și mai mici, rătăcesc acolo, în spațiul camerei, poate de câteva zile.

Gravitația le afectează foarte puțin mișcarea. Aceste particule au altă treabă decât să cadă, purtate de hazardul unor curenți de aer minusculi pe care prezența lor mi-i dezvăluie. Imediat ce una dintre ele iese din volumul luminat, redevine instantaneu invizibilă.

În timp ce le privesc, martor de moment al miriadelor lor derizorii, îmi sare brusc în ochi o evidență: nu fac curățenie destul de des.

Mult timp am avut o fascinație perplexă pentru aspiratoare.

V-ați gândit vreodată la funcționarea lor? Pe hârtie, pare destul de simplu. În primul rând, bagi aspiratorul în priză și apeși butonul de pornire; în al doilea rând,

motorul electric face să se învârtă elicea; în al treilea, firimiturile și alte particule aflate la extremitatea tubului sunt aspirate până în sac.

Problema mea se situa la trecerea dintre al doilea și al treilea moment. Cum reușea rotirea elicei să pună în mișcare niște elemente fără să le atingă?

E adevărat că există pe lume forțe care deplasează obiecte de la distanță. Când cade un măr, e prin efectul gravitației. Chiar dacă nu cunoașteți detaliile, știți că oamenii de știință au aranjat de multă vreme căderea corpurilor în una dintre cutiuțele în care clasifică ei lucrurile. Puteți răspunde: mărul cade pentru că este atras de Pământ.

Dar ce lege a lumii, ce teorie explică faptul că firimiturile de pâine împrăștiate pe parchetul livingului meu sunt astfel smulse de jos pentru a urca pe tubul aspiratorului?

Îmi amintesc că am citit într-un manual de fizică, la liceu, că oamenii de știință identificaseră patru forțe fundamentale în univers: gravitația, forța electromagnetică și cele două interacțiuni, numite slabă și puternică.

Nu gravitația ridică firimiturile spre aspirator. Dimpotrivă, gravitația terestră le țintuia pe podea, până la a împiedica aspirarea celor mai grele obiecte. Nici forța electromagnetică: aspiratorul nu era un magnet, iar firimiturile nu erau metalice. Cât despre forțele slabe și cele puternice, ele acționau, citisem eu, la scară microscopică și erau responsabile pentru legăturile dintre particulele care constituie atomii și invizibile cu ochiul liber. Amândouă se aflau deci în afara subiectului, neputând să explice funcționarea aspiratorului meu.

Atunci ce? Uitaseră oamenii de știință să treacă o forță pe lista lor? Forța de aspirare? Oare trebuia să scriu

la Academia de Științe sau mai știu eu la ce altă autoritate în materie ca să semnalez o omisiune?

Nu voi ști niciodată dacă academicienii mi-ar fi răspuns, deoarece bineînțeles că n-am scris niciodată scrisoarea aceea. Dar problema aspiratorului a continuat să nu-mi dea pace.

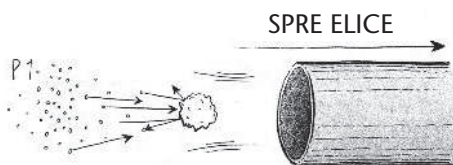
În ancheta mea, înțelesesem repede că aspiratorul nu acționează singur. Pentru a atrage firimitura, el avea un complice: aerul. Ceea ce-i bine de știut, dacă aveți de gând să faceți vreodată curățenie pe Lună — aspiratoarele nu funcționează în vid. Când se pune în mișcare, elicea creează un curent de aer, iar vântul ăsta artificial antrenează firimitura.

Această idee nu făcea însă decât să deplaseze problema. Aerul este compus din molecule microscopice care sunt, fiecare, ca niște firimituri infime. Cum reușea elicea să le pună în mișcare? Prin ce minune moleculele de aer din jurul firimiturii se decideau în mod colectiv să urce pe tub? Era de neînțeles.

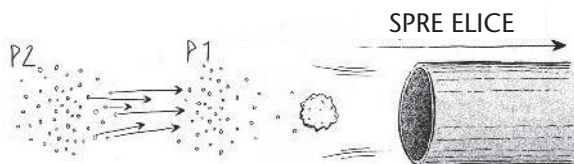
Puteam să înțeleg că elicea agită aerul din apropierea palelor sale. Probabil că existau o mulțime de mici particule care erau percutate de mișcarea ei de rotație. Dar atunci aceste particule trebuiau, conform oricărei logici, să se îndepărteze de elice, așa cum o minge de tenis se îndepărtează de racheta care a lovit-o. Prin urmare, aspiratorul îmi părea a fi capabil să creeze un curent de aer spre exterior și să sufle firele de praf departe de el. Or, aspiratorul crea un curent de aer înspre el!

Ca să fiu mai precis, raționamentul meu părea blocat într-o buclă paradoxală infinită:

1. Pentru fi antrenată în tub, firimitura F trebuia să fie lovită de particule $P1$ venind din spate.



2. Pentru ca aceste particule $P1$ să fie puse în mișcare, trebuia ca ele însele să fie antrenate de particule $P2$ venind și mai din spate.



3. Și, bineînțeles, aceste particule $P2$ trebuiau la rândul lor să fie percutate din spate de particule $P3$ venind și mai de departe.



Era o poveste cu oul și găina de să-ți smulgi părul din cap! Cine a început? Care dintre aceste particule a venit

ASPIRATORUL ALEATORIU

Toată puterea hazardului în slujba curățeniei

FURTUN

Testat și aprobat de Societatea Internațională a Probabiliștilor!

ELICE

ȘTECĂR

FIRIMITURĂ

MOLECULE DE AER

Funcționează în 99,999999999999% din situații

prima să le percuteze pe celelalte și cum naiba ajunsese aspiratorul să acționeze asupra ei?

Mi-a luat mult timp să întrevăd soluția acestui mister și încă mai mult s-o înțeleg suficient de clar încât să fiu mulțumit.

Ceea ce nu știam la vremea aceea este că teoria capabilă să explice aspiratoarele avea să mă ducă mult mai departe decât tot ce-mi imaginam. Într-o lume de iluzii și de hazard. O lume în care nimic nu e sigur și unde aparențele nu sunt decât înșelătoare.

Căci închipuiți-vă că un aspirator nu e altceva decât o mașină aleatorie! O mașină a cărei funcționare nu ține decât de un noroc mereu reînnoit. Să pornești aspiratorul înseamnă întotdeauna să riști ca, de data asta, el să nu aspire. Un risc puțin probabil, dar real. Un risc necesar, deoarece, dacă vrem să funcționeze în cea mai mare parte a timpului, aspiratorul trebuie să poată, uneori, și să nu funcționeze.

Dar să nu ardem etapele. Ce ziceți de o călătorie în Italia?

Oroarea de vid

Suntem la Florența, în jurul anilor 1630, și Ferdinando al II-lea de' Medici, mare duce de Toscana, are probleme cu instalațiile.

Se împlinesc curând două secole de când familia de' Medici domnește peste Florența, de când Florența conduce Toscana, de când Toscana strălucește peste Italia,

iar Italia peste Europa. Aici s-a născut Renașterea. Întinsă lângă Arno și mărginită de dealuri verzi, Cetatea Crinilor trece prin cele mai frumoase secole ale ei: orașul freamătă de o efervescentă creativă ieșită din comun.

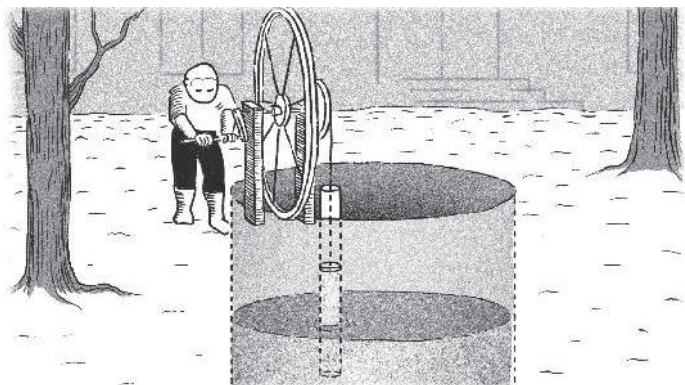
E foarte simplu: inventează ceva la Florența, și îndată lumea întregă va afla! Florinul, moneda orașului, a devenit una dintre principalele monede ale Europei. Dialectul toscan este pe cale să devină italiana, limba întregii țări. Tot aici, sătui de vechile madrigaluri, câțiva compozitori tocmai au inventat opera, în timp ce arhitecții ridică palate unul după altul.

Unul dintre ele, Palazzo Vecchio, „palatul vechi“, este fără îndoială cel mai emblematic pentru oraș. În fața intrării sale principale, trecătorii pot admira *David*-ul lui Michelangelo, care veghează, de la înălțimea celor cinci metri, Piazza della Signoria. Aici locuiau marii duci, iar înaintea lor fusese sediul Signoriei, până când Cosimo I de' Medici, străbunicul lui Ferdinando, a decis să se mute. Familia Medici își alesese atunci ca domiciliu palatul Pitti, mai mare și mai confortabil, de partea cealaltă a fluviului Arno.

Dar mutările nu vin niciodată fără lucruri neprevăzute și, cum vă spuneam, în acești ani 1630, marele duce de Toscana are probleme cu instalațiile.

Continuând o serie de lucrări începute de tatăl și de bunicul său, Ferdinando al II-lea a dispus construirea câtorva fântâni în grădinile noului palat. Și, pentru a face ca apa să urce în una dintre ele, fântânarii au realizat o pompă înaltă de doisprezece metri. Principiul de funcționare este destul de simplu, pompa funcționează ca o seringă: un tub metalic de doisprezece metri este

cufundat vertical într-un rezervor cu apă aflat mai jos, apoi un piston este plasat în tub și e suficient să ridici pistonul pentru ca apa să fie aspirată.



Doar că... nu funcționează. Când pistonul urcă, apa începe să intre în tub până la o înălțime de ceva mai mult de zece metri. Dar, imediat ce pistonul depășește această limită, apa nu îl urmează. Nivelul rămâne blocat fără speranță, iar apa nu ajunge niciodată până la capătul de sus al tubului.

Într-o primă fază, s-ar fi putut crede că e o problemă legată de materiale. Confecționarea unei asemenea pompe nu e ușoară. Tubul poate să aibă scurgeri. Pistonul poate să se blocheze sau să nu fie perfect ermetic. Mecanismul de tragere poate să nu aibă destulă putere... Doar că nu e vorba de așa ceva. Fântânarii au verificat și răsverificat instalația, au făcut de mai multe ori experimentul în condiții diferite, fără niciun efect. Apa urcă fix până la zece metri și treizeci de centimetri, imposibil s-o aduci mai sus. Era limpede că nu în partea mecanică trebuia căutat

răspunsul enigmei, ci în cea teoretică. Trebuia să existe, în această barieră de nedepășit a celor zece metri treizeci, o lege a naturii care lucra în culise.

Din fericire pentru Ferdinando și pentru fântânari, în Florența se afla un om care le-ar fi putut rezolva problema. Un oarecare Galilei.

Nu se știe exact cum s-a desfășurat întâlnirea dintre Galilei și fântânarii marelui duce. Nici măcar dacă a avut loc cu adevărat. Găsim diverse variante mai mult sau mai puțin romanțate ale acestei povești. Chiar au apelat fântânarii la savant pentru a le rezolva problema sau acesta a auzit despre ea în alte împrejurări? Nu se știe.

Se știe însă că Galilei a publicat în 1638 o lucrare intitulată *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze (Discursuri și demonstrații matematice asupra a două științe noi)*, în care evocă — printre alte o mie de subiecte — problema fântânilor în care apa refuză să urce mai mult de zece metri.

Se mai știe că nu trebuie să credem că fântânarii ar fi fost niște novici. Sistemele de apă au fost studiate din negura timpurilor, iar pistoanele de sucțiune nu sunt decât unul dintre mecanisme¹. Încă din secolul al XII-lea, inginerul arab Ismā'īl al-Jazarī inventase și folosisese mai multe mecanisme, dintre care unele permiteau ridicarea apei până la 13,6 metri. Pe scurt, dacă fântânarii i-au prezentat într-adevăr lui Galilei problema lor, este rezonabil

¹ Pentru a rezolva problema, este posibil, de exemplu, să se înșire mai multe pistoane unul după altul sau să se adauge clapete care să împiedice apa să coboare de-a lungul tubului. De asemenea, apa poate fi făcută să urce împingând-o de jos, în loc să fie aspirată de sus.

să presupunem că au acționat mai mult din curiozitate decât fiindcă n-ar fi avut o soluție.

Și, să recunoaștem, problema este interesantă: de ce naiba apa nu urcă niciodată mai mult de 10,30 metri? De ce nu 9,60 sau 11,40 metri? Ce se întâmpla la această înălțime anume încât să o facă de netrecut?

De altfel, înainte de a răspunde la această întrebare, n-ar trebui oare să începem punându-ne o alta, mai simplă: de ce naiba apa urcă pur și simplu? De ce, în primii metri, lichidul decide să intre în tub pe urma pistonului? Dacă am avea dezlegarea acestui prim mister, fără îndoială că ar deveni mai ușor de identificat ce nu funcționează dincolo de zece metri.

Până în secolul al XVII-lea, se considera că răspunsul ține de un vechi principiu enunțat cu două mii de ani în urmă de Aristotel: *horror vacui*, adică oroarea de vid. Potrivit filosofului grec, lumea trebuie să fie umplută peste tot cu ceva, deoarece nu tolerează vidul absolut. Astfel, când pistonul se ridică în tub, este absolut imposibil ca spațiul dintre apă și piston să rămână gol. Cum tubul este perfect ermetic, aerul exterior nu poate veni să ocupe acest gol, așadar îi revine apei să facă lucrul ăsta.

Conform lui Aristotel, *horror vacui* este ridicat la statutul de principiu fundamental. Nu este consecința altor legi mai profunde. Nu e ceva explicabil prin alte legi. Dacă un vid se formează undeva în univers, toate elementele lumii, mișcate de cea mai imperioasă necesitate, își vor face datoria de a-l umple. Așa a decis natura, punct.

*

Ascultând problema fântânarilor, Galilei înțelege cu siguranță că vechiul principiu al lui Aristotel merită o revizuire. Doar că iată: momentul e prost ales. În iunie 1633, savantul a fost condamnat de Biserică pentru luările sale de poziție în favoarea sistemului heliocentric² și i s-a fixat domiciliu obligatoriu în vila sa din Arcetri, ceva mai la sud de Florența. În vremuri normale, Galilei nu ar fi fost omul care să umble cu mănuși, dar poate că e totuși preferabil pentru el, în acest moment din istorie, să se facă puțin uitat.

E greu de știut exact unde au ajuns reflecțiile sale despre problema pompelor. A întrevăzut Galilei adevărata cauză a fenomenului, dar, din diplomație sau din lipsă de probe solide, a preferat să nu o publice? Sau a trecut pe lângă ideea care avea să apară după el? Greu de zis. Dar ceea ce se poate spune este că explicația pe care o va da este destul de dezamăgitoare.

Galilei va spune: de acord, natura are oroare de vid, dar această oroare are limite. Și această limită se situează la zece metri. În *Dialoguri asupra științelor noi*, el propune chiar măsurarea explicită a forței vidului.

Ori de câte ori vom cântări apa cuprinsă în 18 coți³ de tub, fie larg, fie îngust, vom avea valoarea rezistenței vidului.

Dacă acest răspuns nu e satisfăcător, motivul este că nu aflăm nimic din el. Nu dezvăluie nimic despre

² Pământul se învâрте în jurul Soarelui, nu invers.

³ Adică aproximativ 10,5 metri. În Toscana, pe vremea aceea, cotul era o unitate de lungime măsurând 58,4 centimetri.

* Galileo Galilei, *Dialoguri asupra științelor noi*, traducere de Victor Marian, Editura Academiei Române, București, 1961, p. 112 (N.t.).

mecanismele din spatele acestui fenomen. De ce zece metri și nu douăzeci? Nu face decât să adauge un „așa stau lucrurile“ la un alt „așa stau lucrurile“. Aproape că am putea vedea în acest răspuns o provocare pasivă. „Vedeți, nu l-am contrazis pe Aristotel... mă rog, în felul ăsta concluziile mele sunt caraghioase, dar nu l-am contrazis pe Aristotel, faceți ce vreți cu ele.“

În cele din urmă, oricât de dezamăgitoare a fost concluzia lui Galileo și oricare ar fi fost gândurile sale cele mai intime pe această temă, magistrul florentin a sădit o sămânță. Știința avansează în ritmul ei și nicio mare descoperire nu este rodul unui singur om.

Galilei moare în 1642, la vârsta de 77 de ani. În preajma sa, în vila lui din Arcetri, se află Evangelista Torricelli, care i-a fost secretar și unul dintre ultimii colaboratori. El este cel care, doi ani mai târziu, va pune la punct experimentul care avea să răstoarne complet ideile preconceptuate despre adevărata natură a fenomenului de aspirare.

Forța invizibilă

Pe 13 septembrie 2013, Societatea pentru Protejarea Animalelor Urâte a anunțat rezultatele foarte așteptate ale votului pentru titlul de cel mai urât animal din lume. Marele câștigător: blobfish-ul!

Necunoscut cu câteva zile în urmă, acest pește din abisurile australiene avea să facă, în câteva ore, înconjurul planetei. Mutra flască și ochii triști i-au apărut la știrile de televiziune, în reviste, pe rețelele sociale. S-au