

First published in Great Britain in 2010 by
Michael O'Mara Books Limited
Copyright © Michael O'Mara Books Limited 2010
Illustrations by David Woodroffe

@2020 Didactica Publishing House
Toate drepturile rezervate pentru ediția în limba română. Nicio parte a
acestei lucrări nu poate fi reprodusă sau stocată fără acordul editurii.

Editor coordonator: Florentina Ion
Traducător: Ioana Fotescu
Redactor: Cristiana Ion
Corector: Lorina Chițan
DTP: Alina Perțea

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României
STEWART, JEFF

**De ce baloanele se ridică, iar merele cad : legile care fac
lumea să funcționeze** / Jeff Stewart ; trad. de Ioana Fotescu. -
București : Didactica Publishing House, 2020
ISBN 978-606-048-253-6

I. Fotescu, Ioana (trad.)

0875

Didactica Publishing House
Bdul Splaiul Unirii nr. 16, Clădirea Muntenia Business Center,
etaj 5, 506, Sector 4, București
Comenzi și informații:
telefon/fax: +40 21 410.88.14; +40 21 410.88.10
e-mail: office@edituradph.ro
www.edituradph.ro

Tipar: ARTPRINT
Email: office@artprint.ro



De ce baloanele se ridică, iar merele cad

Legile care fac
lumea să funcționeze

Jeff Stewart

Traducere de Ioana Fotescu



București, 2020

CUPRINS

Mulțumiri	7
1 O scurtă istorie a fizicii.....	9
2 Forțele	24
3 Energia și puterea	43
4 Impulsul.....	61
5 Căldura și materia.....	82
6 Undele.....	97
7 Electricitatea	116
8 Relativitatea.....	132
9 Fizica cuantică	152
10 Universul.....	170
Surse suplimentare.....	187
Index	188

1 O scurtă istorie a fizicii

Ce este fizica, mai exact?

Ei bine, într-un anumit fel, fizica este totul.

Fizica intenționează să ne explice despre Big Bangul care a creat Universul acum foarte mult timp, despre cum au ajuns oamenii în acest moment (și cum nu o să ajungem nicăieri altundeva prea repede) și ne arată cum și de ce toate lucrurile care ne înconjoară funcționează în modul în care o fac.

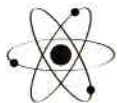
Ne spune cum au apărut primele bucăți de materie, cum au luat naștere primele stele și cum, în decursul unor miliarde de ani, Universul a ajuns să fie atât de imens și de minunat pe cât îl știm noi, a noastră planetă fiind un grăunte la marginea unei galaxii din cele 125 de miliarde.

Ne explică aproape toate lucrurile care au loc în jurul nostru: energia și mișcarea, sunetul și lumina, electricitatea și materia. Iar legile ei stau la bazele chimiei și biologiei.

Fizica ne prezintă și idei noi, incredibile. De exemplu, ne sugerează că ar fi posibilă călătoria în timp. Din păcate, ne spune și că noi oamenii suntem cel mai probabil prea masivi pentru a putea încerca acest lucru.

Pe scurt, fizica modernă ne oferă o perspectivă fascinantă, copleșitoare și uneori pur și simplu ciudată a Universului și a locului nostru în el.

Merele care cad și baloanele care se ridică sunt numai începutul.



Este legea

Fizicienii – o combinație între matematicienii gânditori și practicienii cărora le place să facă experimente, precum să spargă în bucăți și mai mici un lucru care este deja în bucăți – consideră că pot explica toate aceste lucruri deoarece totul se întâmplă în conformitate cu legile naturale.

Aceste legi demonstrează că, dacă se va întâmpla un anumit lucru, atunci îi va urma un altul. Dacă atârni o greutate (pe mine însumi, de exemplu) de un arc, gradul la care se va întinde acel arc va fi egal cu greutatea mea. Iar dacă dublezi greutatea, dublezi și gradul de întindere. (Această lege se numește Legea lui Hooke pentru că a fost descoperită de fizicianul britanic care a trăit în secolul șaptesprezece Robert Hooke.)

Legile fizicii ne sunt utile pentru că fizica este o știință foarte practică. Ceea ce am învățat ne-a ajutat să construim tot ce ne înconjoară, de la cântarul de baie (același arc din nou), la o mulțime de dispozitive interesante, la becurile care ne luminează orașele, la avioanele care (de cele mai multe ori) nu se prăbușesc peste aceste orașe.

Bineînțeles, tot fizica ne-a dat și focurile nucleare ce pot face ca totul, noi și tot ceea ce ne înconjoară, să dispară.

Cum am descoperit fizica

Oamenii au încercat dintotdeauna să explice și să anticipeze lumea care îi înconjoară. Această curiozitate pare să fie o parte esențială din ceea ce ne face ființe umane. Însă nu am început să ne alegem cu ceva util din explicațiile noastre până ce nu am încetat să dăm vina pentru tunete, cutremure și alte asemenea pe niște zei ușor de supărat.

Așadar, asta este fizica. Însă o scurtă trecere în revistă a progresului științific din ultimii cinci sute de ani ne va oferi o idee mai clară despre modul în care fizica ne-a ajutat să ajungem aici unde suntem azi. Și, sperăm, va demonstra oricui îi mai este încă frică de această materie că ea nu face niciun rău, chiar dacă bubuie.

Totul este grecesc

Cu aproape 2500 de ani în urmă, grecii antici s-au gândit foarte mult la știință. În timp ce alergau dezbrăcați la primele Jocuri Olimpice, scriau povești despre zei, eroi neînfricați și monștri cu multe capete și construiau temple minunate, ei au venit cu multe teorii interesante.

De exemplu, Tales a presupus că Pământul plutește pe apă, așadar, cutremurele erau provocate de valuri. Aristotel, cel a cărui carte *Fizica* este prima carte despre subiect care folosește acest cuvânt în titlu, credea că tot ce există în lume este compus din pământ, aer, foc și apă, iar cerurile erau compuse dintr-o materie divină denumită eter. Fumul, credea el, se ridica pentru că era compus din aer, iar aerul avea mereu tendința de a fi deasupra pământului.

Acestea erau teorii simple, simpatice, însă grecii credeau în general că un obiect se comportă într-un

anumit fel deoarece este tipul de obiect care să facă acest lucru. Asta nu ne duce la nicio concluzie; este un argument ciclic, un bun exemplu a ceea ce nu este fizica modernă. (Azi încercăm să explicăm lucrurile în raport cu alte lucruri, ceea ce este un mod drăguț de a spune că de obicei ne place să dăm vina pe altul.)

La drept vorbind, grecii credeau, spre exemplu, că toate cercurile pe care le vedem sunt cumva umbrele „Entităților” rotunde. Se presupunea că entitățile erau divine, perfecte și că nu făceau parte din această lume, așadar Entitatea rotundă era exemplul perfect pentru toate celelalte lucruri rotunde. Cu toate acestea, nu putem ocoli faptul că rotunjimea unui obiect este dată, ei bine, de faptul că este rotund. Gândire care este, așa cum am spus, circulară.

Jocurile minții

O parte a problemei era faptul că grecii antici tindeau să creadă că ar trebui să poți să justifici ceea ce se întâmplă în lume numai prin puterea minții. Ei credeau că lumea din jurul nostru era imperfectă și nu avea prea mult sens să o observi și să te aștepti să se comporte într-un mod regulat.

Și, chiar și atunci când observau ceea ce se întâmpla în jurul lor, făceau unele greșeli ciudate. De exemplu, Aristotel a realizat studii complexe asupra plantelor și animalelor, însă credea că este o regulă ca bărbații să aibă mai mulți dinți decât femeile.

Prezicerea poziției planetelor

Câteva sute de ani mai târziu, un alt grec antic pe nume Ptolemeu (ignorați prima literă „p” atunci când îi spuneți numele, pentru ca cei din jur să nu creadă

că scuipați) a inventat un sistem matematic destul de precis pentru a prezice poziția stelelor și a planetelor.

Acesta a reprezentat un mare pas înainte pentru știință, cu excepția faptului că inventatorul sistemului credea că planetele (și Soarele) se învârt în jurul Pământului. Acest lucru însemna că, pentru a-i ieși rezultatele, el era nevoit să prezică faptul că Luna se va apropia uneori de Pământ de două ori mai mult decât în alte cazuri. Drept rezultat, ar fi trebuit, credea el, să vedem în mod regulat o Lună de două ori mai mare.

Bineînțeles, Luna nu și-a mărit niciodată dimensiunea, însă, în vest, ideile grecești au dominat fizica timp de 1500 de ani. În parte, acest lucru s-a întâmplat pentru că Biserica era de partea lor: școala de gândire grecească, asemenea creștinilor, îl poziționa pe om în centrul Universului și, deoarece stelele erau toate fixate înăuntrul unei sfere gigantice care conținea Universul, rămânea suficient loc în afara lui pentru Rai și Iad.

Pe măsură ce civilizația greacă a intrat în declin, multe dintre ideile și scrierile lor au fost păstrate de savanții islamici, care le-au rafinat și au contribuit încet la creșterea importanței matematicii și a observației directe, mai ales în studiul luminii, al stelelor și al mișcării. Aceasta a fost o alegere bună deoarece, așa cum știm, matematica și observația s-au dovedit a fi elemente-cheie pentru progresul științei.

Revoluția științifică

Este de la sine înțeles că acest nou mod de a gândi a revoluționat felul în care omul percepea lumea. Oamenii au început să descopere că, dacă priveau atent, dacă măsurau timpul, distanța și energia și dacă adunau numerele obținute folosindu-se de matematică

și raționamente atente, puteau prezice – cel puțin în laborator, în condiții atent controlate – ceea ce avea să aibă loc și de ce avea să se întâmple așa. (De fapt, este uimitor cât de departe poți ajunge fără ajutorul matematicii, așa cum demonstrează această carte. Ai nevoie de matematică pentru a putea formula frumos teoriile și pentru a le demonstra altor oameni de știință, însă de cele mai multe ori poți înțelege ideile principale fără ajutorul ei.)

Astronomia a progresat și ea, iar teoria conform căreia Pământul se învârtea în jurul Soarelui a căpătat încet popularitate, în ciuda eforturilor Bisericii Catolice. Biblia ne spune că lumea este fixată ferm, iar această teorie revoluționară a fost chiar așa: una revoluționară.

Marele fizician Galileo Galilei, care se pricepea să mânuiască un telescop și era un avid privitor al stelelor, a fost cel care a oferit prima dovadă directă pentru noua teorie. Biserica l-a pedepsit pentru erezie și a fost arestat la domiciliu. A rămas acolo până la moartea sa.

l-a urmat Sir Isaac Newton – un mistic, alchimist și teolog englez – un om complicat și deseori iritat, care a fost și cel mai mare matematician din istorie și al doilea cel mai mare fizician din lume. Într-una din cărțile sale, *Principia Mathematica*, publicată în anul 1687, a enunțat legea gravitației, precum și trei legi elegante cu privire la mișcare, care descriu modul în care se mișcă obiectele. Acestea au rămas necontestate timp de două sute de ani și încă sunt baza celor mai multe calcule de mișcare efectuate de oamenii de știință și de ingineri.

De exemplu, dacă vrei să afli distanța minimă la care poți opri mașina atunci când conduci cu 130 de kilometri pe autostradă și nu vrei să provoci un carambol aflând lucrul acesta, tot ce îți trebuie este rezultatul unui experiment rapid la 30 de kilometri pe oră, să

cunoști legile mișcării lui Newton și, pentru cei care nu sunt prieteni cu aritmetica, un calculator pentru a înmulți și a împărți (vezi pagina 55).

Un Univers exact

După ce Newton și-a făcut cunoscute descoperirile, a părut că Universul avea cod exact de funcționare și că era condus de legi pe care le puteam descoperi și înțelege. Această idee a schimbat cursul istoriei omului. l-a făcut pe toți oamenii de știință din lume să folosească uneltele matematice ale lui Newton pentru a-î îmbogăți ideile și a dezvolta știința. Astfel, Newton a dat startul goanei după descoperiri științifice, care ține până în ziua de azi.

Am aflat de ce Pământul se învârte în jurul Soarelui și cum ajunge lumina acestuia la noi. Am învățat despre lumină, sunet, electricitate și energie: cum se schimbă, cum se mișcă și cum nu dispăre. Am aflat că tot ceea ce vedem este alcătuit din mici elemente denumite atomi, care sunt formați, la rândul lor, din elemente și mai mici denumite electroni, protoni și neutroni. Și chiar și aceștia conțin elemente și mai mici.

Având la îndemână aceste informații, inginerii au început să construiască lumea modernă.

Cu viteza luminii

De-a lungul secolului al nouăsprezecelea, oamenii de știință au început să descopere mici iregularități în legile lui Newton – și în ramura fizicii denumită mecanică clasică, apărută în urma acestor descoperiri. De exemplu, orbita planetei Mercur părea în neregulă: ea nu se modifica exact așa cum sugerau ecuațiile că ar trebui să o facă. Existau dificultăți și în gestionarea vitezei luminii și a modului în care obiectele radiază căldură.

A fost nevoie de geniul unui asistent tehnic din biroul elvețian de brevete, Albert Einstein, pentru a putea începe să avem un răspuns la aceste ghicitori. În anul 1905, el a scris patru lucrări care au ajutat fizica să înainteze cu pași uriași. Și a făcut toate aceste lucruri în timp ce avea o slujbă de funcționar. Noile lui idei includeau teoria relativității restrânse (care demonstra că nu putem călători cu o viteză mai mare decât cea a luminii) și echivalența masă-energie (faimoasa ecuație $E = mc^2$, care demonstra că putem transforma obiecte în energie, cea care a deschis calea către puterea nucleară și bombele atomice).

Teoriile lui Einstein se potriveau foarte mult cu legile lui Newton în condiții obișnuite și arătau de ce Mercur se deplasa așa cum o făcea. Ele au deschis și un drum cu totul nou pentru fizică, o ramură careia azi îi spunem cosmologie, care se ocupă cu modul în care funcționează Universul în ansamblul său și care ne spune cum iau naștere stelele și chiar alte universuri.

O sută de ani mai târziu, fizica lui Einstein rămâne de referință pentru cercetările de ultimă oră.

Nici aici, nici acolo

În anul 1900, un fizician german pe nume Max Planck a rezolvat problema radiației căldurii atunci când a demonstrat că energia undelor electromagnetice este cuantificată, așadar energia căldurii este emisă în fragmente care nu pot scădea sub o anumită dimensiune. Descoperirea lui a dus la apariția fizicii cuantice în anul 1920, o nouă ramură a științei, descoperită și enunțată de un grup larg de fizicieni care lucrau în același timp, în țări diferite, la ceea ce deseori părea că sunt probleme diferite. Împreună, ei au desființat aproape în totalitate ideea unui Univers exact.

Fizica cuantică este cea a lucrurilor foarte mici: a particulelor individuale de lumină, a structurii atomilor și a tuturor elementelor din compoziția lor, nu numai a electronilor și a protonilor pe care îi cunoșteam deja, ci și a elementelor mult mai mici ale acestora, precum quarci, care au proprietatea ciudată de a exista sub formă de unde care sunt probabil aici și probabil și dincolo, deși nu putem ști cu siguranță niciodată acest lucru.

Întrebări noi

Iar astfel am ajuns în prezent. Azi, principala forță a fizicii este cea de a reuni teoriile despre lucrurile principale (relativitatea lui Einstein) și despre lucrurile minuscule (fizica cuantică) într-o singură explicație pentru întregul Univers: cum funcționează, de ce legile sunt cele care sunt, cum a luat naștere în Big Bang și, poate, moartea sa, peste miliarde de ani.

O variantă a acestui proiect se numește Marea Teorie Unificată sau GUT (Grand Unified Theory). Însă, indiferent de cum i-am spune, în acest moment i-a dat o lovitură serioasă fizicii. Vestea proastă este că ar putea fi imposibil să se creeze o astfel de teorie sau ar fi cu putință, însă nu pentru creierul uman.

Nimeni nu renunță încă, însă acesta este motivul pentru care unii fizicieni se gândesc cu grijă (sau poate doar stau și se uită pe geamul laboratorului) la ceea ce reprezintă legile lor și cum se integrează în Univers.

Din nou greșit

Bineînțeles, fizica și legile ei nu sunt atât de directe precum ar putea sugera această istorie pe repede înainte.

În afară de riscul unui Armagedon nuclear, efectul de seră și timpul pe care îl pierdem gândindu-ne ce

alt dispozitiv electronic (disponibil tot mulțumită fizicii) ar trebui să ne mai cumpărăm, mai există și problema că – așa cum am văzut din această scurtă istorie și în ciuda încrederii pe care o avem în ea pentru a frâna mașina – uneori fizica greșește.

De exemplu, Aristotel credea că obiectele mai grele cad mai repede, ceea ce ne pare și nouă la fel: gândește-te la diferența dintre o pană și o greutate de plumb. Numai că Galileo și Newton i-au demonstrat contrariul.

Apoi Newton, ajutat de merele care cădeau, a folosit teoria gravitației pentru a explica de ce lucrurile cad și pentru a prezice cât de repede iau viteză. Era grozav, însă câteva sute de ani mai târziu, Einstein a făcut ca totul să devină mult mai complicat.

Teoriile lui despre relativitate ne spun că greutatea și viteza în cădere sunt interconectate, însă într-un mod bizar: cu cât un lucru cade mai repede, cu atât devine mai greu. Ar trebui să te miști de mii de ori mai repede decât un avion cu reacție până ce ai observa cu adevărat greutatea pe care o acumulezi, însă experimentele au demonstrat că acest lucru este adevărat.

Așadar, teoria lui Einstein este adevărată și, pe de altă parte, uneori nu este. În fizica cuantică, atunci când ne uităm la mișcarea obiectelor minuscule și, de multe ori, foarte ușoare (de exemplu, fragmentele de lumină denumite fotoni), această teorie nu prea funcționează.

Se pare că cele mai bune teorii actuale despre particulele minuscule sunt incompatibile cu relativitatea. Cumva, undeva continuăm să greșim puțin.

Rezolvarea problemei

În parte, aceste greșeli sunt explicate în urma progresului. Pe măsură ce devenim mai pricepuți la fizică, la a inventa experimente inteligente și la a măsura

rezultatele din ce în ce mai precis, teoriile noastre devin și ele mai bune.

O teorie bună ar trebui să facă întotdeauna preziceri despre lucrurile pe care le putem observa (de exemplu, dacă dublăm greutatea care atâră de un arc, acesta își va dubla lungimea). Dacă vedem că o predicție se adevărește, atunci ea susține teoria. Dacă nu, iar aceasta este infirmată, atunci trebuie să încercăm din nou. De fiecare dată când obținem rezultatul la care ne așteptăm ne crește încrederea în acea teorie, însă este nevoie de un singur contraexemplu pentru a o desființa. Cel puțin în teorie.

De fapt, când un fizician – să îi spunem X – obține un rezultat „greșit”, știința are o problemă. Un mod de a rezolva această problemă este acela de a adapta și a îmbunătăți teoria fără a-i schimba regulile de bază pentru ca ea să poată prezice și rezultatele lui X. Astfel, nu suntem nevoiți să renunțăm la întregii teorii utile doar pentru că buclucașul X a făcut din nou experimente.

Atunci când discutăm despre elasticitate, spunem că legea lui Hooke este valabilă numai pentru unele tipuri de materiale, în anumite condiții – mai exact, este valabilă când arcul este elastic. Dacă tragi prea tare de un arc, el va ajunge la un moment dat doar o sârmă răsucită. Dacă tragi și mai tare, el se va rupe. Cu toate acestea, ruperea unui arc nu desființează legea lui Hooke care a încetat să i se aplice arcului cu mult înainte de momentul ruperii.

Însă îmbunătățirea unei teorii, stabilirea limitelor și a excepțiilor reprezintă o muncă grea. O variantă ușoară este să îl acuzăm pe X că a interpretat greșit rezultatele și să ne întrebăm de ce a primit un buget atât de generos pentru cercetarea lui anapoda. Știința ne oferă mereu suficiente motive de ceartă – pentru cercetători aceasta este jumătate din distracție.