

ALBERT EINSTEIN

TEORIA RELATIVITĂȚII

**RELATIVITATEA SPECIALĂ
ȘI
RELATIVITATEA GENERALĂ**

Traducerea: Nicolae Sfetcu

Teoria relativității

Relativitatea specială și relativitatea generală

Albert Einstein

Traducere de Nicolae Sfetcu

Publicat de Nicolae Sfetcu

Copyright 2018 Nicolae Sfetcu

PREVIZUALIZARE CARTE

Prefață

Prezenta carte este destinată, pe cât posibil, să ofere o perspectivă exactă asupra teoriei relativității acelor cititori care, din punct de vedere științific și filosofic general, sunt interesați de teorie, dar care nu sunt familiarizați cu aparatul matematic al fizicii teoretice. Lucrarea presupune un nivel de educație corespunzător celui al examenului de admitere la facultate și, în ciuda volumului mic al cărții, este necesară oarecare răbdare și voință din partea cititorului. Autorul nu a cruțat niciun efort în a prezenta ideile principale în cea mai simplă și mai inteligibilă formă și, în ansamblu, în secvența și conexiunea din care au provenit în fapt. Din motive de claritate, mi s-a părut inevitabil să mă repet frecvent, fără a acorda nici cea mai mică atenție eleganței prezentării. Am aderat scrupulos la preceptul acestui strălucit fizician teoretic, L. Boltzmann, potrivit căruia elementele de eleganță ar trebui lăsate croitorilor și cizmarilor. Nu pretind că nu am ascuns cititorului dificultățile inerente ale subiectului. Pe de altă parte, am tratat intenționat fundamentele fizice empirice ale teoriei într-o manieră grijulie, astfel încât citorii care nu cunosc fizica să nu se simtă ca un rătăcit care nu poate vedea pădurea din cauza copacilor. Fie ca această carte să provoace câteva ore de meditație asupra subiectului tratat!

Decembrie 1916

A. EINSTEIN

Partea I: Teoria specială a relativității

1. Sensul fizic al propozițiilor din geometrie

În școlile actuale, cei mai mulți dintre voi care au citit această carte au făcut cunoștință cu construcția nobilă a geometriei lui Euclid și vă amintiți - poate mai mult cu respect decât cu iubire - de structura magnifică, pe pedestal, cu care ați fost bătuți la cap în nenumărate lecții de către profesorii conștiincioși. Din cauza experienței trecute, i-ați disprețui cu siguranță pe toți cei

care ar pronunța chiar și cea mai izolată propoziție care ar afirma că această știință este neadevărată. Dar poate că acest sentiment de siguranță mândră vă va părăsi imediat dacă cineva vă va întreba: "*Ce vrei să spui prin afirmația că aceste propoziții sunt adevărate?*" Să abordăm puțin această întrebare.

Geometria pornește de la anumite *concepții*, cum ar fi "planul", "punctul" și "linia dreaptă", cu care suntem capabili să asociem idei mai mult sau mai puțin limitate, și de la anumite propoziții simple (*axiome*) care, în virtutea acestor idei, suntem înclinați să le acceptăm ca fiind "adevărate". Apoi, pe baza unui proces logic, a cărui îndreptățire ne simțim obligați să o recunoaștem, toate propozițiile rămase rezultă din acele axiome, adică sunt dovedite. O propoziție este atunci corectă ("adevărată") când a fost derivată în maniera recunoscută din axiome. Problema "adevărului" propozițiilor geometrice individuale este astfel redusă la unul din "adevărurile" axiomelor. A fost mult timp cunoscut faptul că întrebarea nu numai că nu poate obține un răspuns prin metodele de geometrie, ci este în sine în întregime fără sens. Nu ne putem întreba dacă este adevărat că numai o linie dreaptă trece prin două puncte. Putem spune doar că geometria euclidiană se ocupă de lucruri numite "linii drepte", fiecareia dintre acestea atribuindu-i-se caracterul de a fi determinată în mod unic de două puncte situate pe ea. Conceptul "adevărat" nu se potrivește cu afirmațiile geometriei pure, deoarece prin cuvântul "adevărat", suntem în cele din urmă în obișnuit să desemnăm întotdeauna corespondența cu un obiect "real"; însă geometria nu este preocupată de relația ideilor implicate în ea cu obiectele de experiență, ci numai cu conexiunea logică a acestor idei între ele.

Nu este greu de înțeles de ce, în ciuda acestui fapt, ne simțim constrânși să numim propozițiile geometriei "adevărate". Ideile geometrice corespund unor obiecte mai mult sau mai puțin exacte în natură, iar acestea ultime sunt, fără îndoială, cauza exclusivă a genezei acestor idei. Geometria ar trebui să se abțină de la un astfel de curs, pentru a da structurii sale cea mai mare unitate logică posibilă. Practica, de exemplu, de a vedea ca o "distanță" două poziții marcate pe un corp practic rigid este ceva care este adânc înrădăcinat în modul nostru obișnuit de a gândi. Suntem obișnuiți, în plus, să considerăm trei puncte ca fiind situate pe o linie dreaptă dacă pozițiile lor aparente pot fi făcute să coincidă atunci când le privim cu un ochi, prin alegerea potrivită a locului nostru de observare.

Dacă, în virtutea modului nostru obișnuit de gândire, suplimentăm propozițiile geometriei euclidiene prin unica propoziție că două puncte pe un corp practic rigid corespund întotdeauna aceleiași distanțe (linie - interval), independent de orice schimbare de poziție la care putem supune corpul, propozițiile geometriei euclidiene se rezolvă apoi prin ele însele formând propoziții despre posibilă poziție relativă a corpurilor practic rigide. 1) Geometria care a fost suplimentată în acest fel este apoi tratată ca o ramură a fizicii. Acum putem cere în mod legitim "adevărul" propozițiilor geometrice interpretate în acest fel, deoarece suntem îndreptății să ne întrebăm dacă aceste propoziții sunt satisfăcute pentru acele lucruri reale pe care le-am asociat cu ideile geometrice. În termeni mai puțin exacti putem să exprimăm acest lucru spunând că prin "adevărul" unei propoziții geometrice în acest sens înțelegem validitatea ei pentru o construcție cu riglă și busole.

Desigur, convingerea "adevărului" propozițiilor geometrice în acest sens este fondată exclusiv pe o experiență destul de incompletă. Pentru moment, vom presupune "adevărul" propozițiilor

geometrice, apoi într-o etapă ulterioară (în teoria generală a relativității) vom vedea că acest "adevăr" este limitat și vom lua în considerare amploarea limitării sale.

Partea II: Teoria generală a relativității

18. Principiile special și general ale relativității

Principiul de bază, care a reprezentat pivotul tuturor considerațiilor noastre anterioare, a fost principiul special al relativității, adică principiul relativității fizice a tuturor mișcărilor uniforme. Să analizăm încă o dată înțelesul său cu atenție.

În orice moment a fost clar că, din punctul de vedere al ideii pe care ne-o transmite, fiecare mișcare trebuie considerată doar ca o mișcare relativă. Întorcându-ne la ilustrația pe care am folosit-o frecvent pentru linia de cale ferată și vagon, putem să exprimăm faptul că mișcarea are loc aici în următoarele două forme, ambele fiind la fel de justificate:

- (a) Vagonul este în mișcare față de linia de cale ferată,
- (b) Linia de cale ferată este în mișcare față de vagon.

În (a) linia de cale ferată, în (b) vagonul, servesc drept corp de referință în declarația noastră privind mișcarea care are loc. Dacă este pur și simplu o chestiune de detectare sau de descriere a mișcării implicate, în principiu este lipsit de semnificație ce corp de referință folosim pentru mișcare. Așa cum am menționat deja, acest lucru este evident, dar nu trebuie confundat cu o declarație mult mai cuprinzătoare numită "principiul relativității", pe care am luat-o ca bază a investigației noastre.

Principiul pe care l-am folosit nu numai că susține că putem alege la fel de bine vagonul sau calea ferată drept corp de referință pentru descrierea oricărui eveniment (și acest lucru este, de asemenea, evident). Principiul nostru afirmă mai degrabă ceea ce urmează: dacă formulăm legile generale ale naturii așa cum sunt obținute din experiență, prin folosirea

- (a) căii ferate drept corp de referință,
- (b) vagonului feroviar drept corp de referință,

atunci aceste legi generale ale naturii (de exemplu legile mecanicii sau legea propagării luminii în vid) au exact aceeași formă în ambele cazuri. Acest lucru poate fi exprimat, de asemenea, după cum urmează: Pentru descrierea fizică a proceselor naturale, niciunul dintre corpurile de referință K , K' nu este unic ("special") în comparație cu celălalt. Spre deosebire de prima, această ultimă declarație nu trebuie neapărat să fie considerată *a priori*; nu este cuprinsă în concepțiile "mișcare" și "corp de referință" și derivă din ele; numai experiența poate decide cu privire la corectitudinea sau incorectitudinea acesteia.

Până în prezent, însă, nu am menținut în niciun fel echivalența tuturor corpurilor de referință K în legătură cu formularea legilor naturale. Cursul nostru se referă mai mult la următoarele note. În primul rând, am pornit de la presupunerea că există un corp de referință K , a cărui condiție de mișcare este de așa natură încât legea galileiană este respectată față de el: O particulă lăsată singură și suficient de îndepărtată de toate celelalte particule se mișcă uniform pe o linie dreaptă. Cu referire la K (corpul de referință galileian), legile naturii ar trebui să fie cât mai simple posibil. Dar în plus față de K , toate corpurile de referință K' ar trebui să fie acceptate în acest sens, și ar trebui să fie exact echivalente cu K pentru formularea legilor naturale, cu condiția ca acestea să fie într-o stare de mișcare uniformă rectilinie și non-rotativă în ceea ce privește K ; toate aceste corpuri de referință trebuie considerate drept corpuri de referință galileiene. Valabilitatea principiului relativității a fost asumată numai pentru aceste corpuri de referință, dar nu și pentru celelalte (de exemplu cele care posedă o mișcare diferită). În acest sens, vorbim de principiul special al relativității sau de teoria specială a relativității.

În contrast cu aceasta, intenționăm să înțelegem prin "principiul general al relativității" următoarea afirmație: Toate corpurile de referință K , K' , etc. sunt echivalente pentru descrierea fenomenelor naturale (formularea legilor generale ale naturii), indiferent de starea lor de mișcare. Dar, înainte de a merge mai departe, trebuie subliniat faptul că această formulare trebuie înlocuită ulterior cu una mai abstractă, din motive care vor deveni evidente într-o etapă ulterioară.

Deoarece introducerea principiului special al relativității a fost justificată, fiecare intelect care se străduiește să generalizeze este, probabil, tentat să-și îndrepte pașii spre principiul general al relativității. Dar o considerație simplă și aparent destul de sigură pare să sugereze că, în prezent, în orice caz, există puțină speranță de succes într-o astfel de încercare; Să ne imaginăm că ne-am transporta în vechiul nostru prieten vagonul feroviar, care călătorește cu o viteză uniformă. Atâta timp cât se mișcă uniform, ocupantul vagonului nu simte mișcarea lui, și din acest motiv el poate, fără nicio rețineră, să interpreteze faptele în speță ca indicând că vagonul este în repaus, iar calea ferată este în mișcare. În plus, conform principiului special al relativității, această interpretare este destul de justificată și din punct de vedere fizic. Dacă mișcarea vagonului este acum transformată într-o mișcare neuniformă, ca de exemplu printr-o frânare puternică, atunci ocupantul vagonului simte cum este împins puternic în față. Mișcarea încetinită se manifestă în comportamentul mecanic al corpurilor față de persoana din vagonul feroviar. Comportamentul mecanic este diferit de cel al cazului considerat anterior, și din acest motiv ar părea imposibil ca aceleași legi mecanice să fie relativ la vagonul care se mișcă neuniform, față de vagon atunci când este în repaus sau în mișcare uniformă. În orice caz, este clar că legea galileiană nu se respectă în cazul vagonului care se mișcă neuniform. Din acest motiv, ne simțim obligați în situația actuală să considerăm un fel de realitate fizică absolută pentru o mișcare neuniformă, în opoziție cu principiul general al relativității. Dar, în cele ce urmează, vom vedea curând că această concluzie nu poate fi menținută.

.....

Partea III: Considerații privind Universul ca un întreg

30. Dificultățile cosmologice ale teoriei lui Newton

Pe lângă dificultatea discutată în Secțiunea 21, există o a doua dificultate fundamentală în privința mecanicii clasice cerești, care, din câte știu, a fost mai întâi discutată în detaliu de către astronomul Seeliger. Dacă ne gândim la întrebarea cum trebuie privit universul, considerat ca un întreg, primul răspuns care ne vine în minte este cu siguranță acesta: În ceea ce privește spațiul (și timpul), universul este infinit. Există stele peste tot, astfel încât densitatea materiei, deși foarte variabilă în detaliu, este, totuși, în medie, peste tot, la fel. Cu alte cuvinte: Oricât de departe am călători prin spațiu, ar trebui să găsim peste tot un furnicar atenuat de stele fixe de același fel și densitate.

Această viziune nu este în armonie cu teoria lui Newton. Ea impune mai degrabă ca universul să aibă un fel de centru în care densitatea stelelor să fie maximă și că, pe măsură ce vom ieși din acest centru, densitatea de grup a stelelor ar trebui să se diminueze, până la urmă, la distanțe mari, urmată de o regiune infinită de gol. Universul stelar ar trebui să fie o insulă finită în oceanul infinit al spațiului. [24](#))

Această concepție nu este în sine foarte satisfăcătoare. Este chiar și mai puțin satisfăcătoare deoarece conduce la rezultatul că lumina emisă de stele și de stelele individuale ale sistemului stelar călătoresc în permanență în spațiul infinit, nu se mai întorc niciodată și nu mai intră în interacțiune cu alte obiecte ale naturii. Un astfel de univers de materiale finite ar fi destinat să devină treptat, dar sistematic, sărăcăcios.

Pentru a scăpa de această dilemă, Seeliger a sugerat o modificare a legii lui Newton, în care el presupune că pentru distanțe mari forța de atracție dintre două mase se diminuează mai repede decât ar rezulta din legea pătrată inversă. În acest fel este posibil ca densitatea medie a materiei să fie constantă peste tot, chiar până la infinit, fără a se produce câmpuri gravitaționale infinite de mari. Prin urmare, ne eliberăm de concepția dezagreabilă conform căreia universul material ar trebui să posede ceva de natura unui centru. Bineînțeles că scăpăm de dificultățile fundamentale menționate cu prețul unei modificări și complicații a legii lui Newton care nu are nicio bază empirică, nici teoretică. Ne putem imagina nenumărate legi care ar servi aceluiași scop, fără a fi capabili să precizăm un motiv pentru care unul dintre ele trebuie să fie preferat față de celelalte; pentru că oricare dintre aceste legi ar fi fondată la fel de puțin pe principii teoretice mai generale, cum este legea lui Newton.

31. Posibilitatea unui univers ”finit” și totuși ”nemărginit”

Dar speculațiile asupra structurii universului se mișcă și într-o altă direcție. Dezvoltarea geometriei ne-euclidiene a condus la recunoașterea faptului că putem pune la îndoială infinitatea spațiului nostru fără a intra în conflict cu legile gândirii sau cu experiența (Riemann, Helmholtz).

Aceste întrebări au fost deja tratate în detaliu și cu luciditate de neînchipuit de Helmholtz și Poincaré, în timp ce eu mă pot referi doar la acestea pe scurt aici.

În primul rând, ne imaginăm o existență în spațiul cu două dimensiuni. Ființe plate cu ustensile plate, și în special bare de măsurare rigide plate, sunt libere să se miște într-un plan. Pentru ei nimic nu există în afara acestui plan: ceea ce ei observă să se întâmple cu ei înșiși și cu "lucrurile" lor plate este realitatea totală a planului lor. În particular, construcțiile geometriei plane euclidiene pot fi realizate prin intermediul barelor, de ex. construcția rețelei, considerată în secțiunea 24. Spre deosebire de al nostru, universul acestor ființe este bidimensional; dar, ca și al nostru, se extinde la infinit. În universul lor există loc pentru un număr infinit de pătrate identice formate din bare, adică volumul (suprafața) este infinită. Dacă aceste ființe spun că universul lor este "plan", are sens afirmația, deoarece ele înseamnă că pot realiza construcțiile geometrice euclidiene plane cu barele lor. În acest sens, barele individuale reprezintă întotdeauna aceeași distanță, independent de poziția lor.

Să considerăm acum o a doua existență bidimensională, dar de data aceasta pe o suprafață sferică, nu pe un plan. Ființele plate, cu barele lor de măsurare și alte obiecte, se lipsesc exact pe această suprafață și nu pot să o părăsească. Întregul lor univers de observare se extinde exclusiv pe suprafața sferei. Sunt aceste ființe capabile să considere geometria universului lor drept geometrie plană și barele lor ca trasând "distanța"? Nu pot face asta. Căci dacă încearcă să traseze o linie dreaptă, vor obține o curbă pe care noi "ființele tridimensionale" o desemnăm drept un cerc mare, adică o linie auto-conținută de lungime finită definită, care poate fi măsurată prin intermediul unei bare de măsurare. În mod similar, acest univers are o arie finită care poate fi comparată cu aria unui pătrat construit cu bare. Marele farmec care rezultă din această considerație constă în recunoașterea faptului că universul acestor ființe este finit și totuși nu are limite.

Dar ființele de suprafața sferică nu trebuie să facă un tur al lumii pentru a percepe că nu trăiesc într-un univers euclidian. Ei se pot convinge de asta în fiecare parte a "lumii" lor, cu condiția să nu folosească bucăți prea mici din ea. Pornind de la un punct, aceștia trasează "linii drepte" (arce de cercuri, după cum se consideră în spațiu tridimensional), de lungime egală în toate direcțiile. Ei vor numi linia care unește capetele libere ale acestor linii un "cerc". Pentru o suprafață plană, raportul dintre circumferința unui cerc și diametrul său, ambele lungimi fiind măsurate cu aceeași bară, este, în funcție de geometria euclidiană a planului, egal cu o valoare constantă π , care este independentă de diametrul cercul. Pe suprafața lor sferică, ființele noastre plane ar găsi pentru acest raport valoarea

$$x = \sin(r/R)/(r/R)$$

adică o valoare mai mică decât π , diferența fiind mai considerabilă cu cât este mai mare raza cercului în comparație cu raza R a "sferei lumii". Prin intermediul acestei relații, ființele sferice pot determina raza universului lor ("lumea"), chiar dacă numai o parte relativ mică a lumii lor este disponibilă pentru măsurătorile lor. Dar dacă această parte este într-adevăr foarte mică, ei nu vor mai putea demonstra că sunt într-o "lume" sferică și nu pe un plan euclidian, pentru că o parte mică a unei suprafețe sferice diferă doar ușor de o parte a unui plan de aceeași dimensiune.

Astfel, dacă ființele de suprafață sferică trăiesc pe o planetă a cărei sistem solar ocupă doar o parte neglijabil de mică din universul sferic, ei nu au niciun mijloc de a determina dacă trăiesc într-un univers finit sau într-un univers infinit, deoarece "partea universului" la care au acces este în ambele cazuri practic plan, sau euclidian. Rezultă direct din această discuție că, pentru ființele noastre sferice, circumferința unui cerc crește mai întâi cu raza până când se atinge "circumferința universului" și că, mai departe, ea scade treptat la zero pentru valori ale razei care cresc în continuare. În timpul acestui proces, aria cercului continuă să crească din ce în ce mai mult, până când devine în cele din urmă egală cu aria totală a întregii "sferă a lumii".

Poate că cititorul se va întreba de ce am plasat "ființele" noastre pe o sferă și nu pe o altă suprafață închisă. Dar această alegere are justificarea sa în faptul că, din toate suprafețele închise, sfera este unică în posedarea proprietății că toate punctele de pe ea sunt echivalente. Recunosc că raportul dintre circumferința c a unui cerc și raza lui r depinde de r , dar pentru o valoare dată a lui r este același pentru toate punctele din "sfera lumii"; cu alte cuvinte, "sfera lumii" este o "suprafață de curbură constantă".

În acest univers sferic bidimensional există o analogie tridimensională, adică spațiul sferic tridimensional descoperit de Riemann. Punctele sale sunt toate în mod asemănător echivalente. Dispune de un volum finit, care este determinat de "raza" sa ($2\pi^2R^3$). Este posibil să ne imaginăm un spațiu sferic? Să ne imaginăm un spațiu nu înseamnă altceva decât să ne imaginăm un simbol al experienței noastre "spațiale", adică a experienței pe care o putem avea în mișcarea corpurilor "rigide". În acest sens ne putem imagina un spațiu sferic.

Să presupunem că tragem linii sau întindem corzi în toate direcțiile dintr-un punct, și notăm de la fiecare dintre acestea distanța r cu o bară de măsurare. Toate punctele de capăt liber ale acestor lungimi se află pe o suprafață sferică. Putem măsura special aria (F) a acestei suprafețe cu ajutorul unui pătrat alcătuit din bare de măsurare. Dacă universul este euclidian, atunci $F = 4\pi R^2$; dacă este sferic, atunci F este întotdeauna mai mic de $4\pi R^2$. Cu valori crescânde ale lui r , F crește de la zero până la o valoare maximă care este determinată de "raza lumii", dar pentru creșteri în continuare ale lui r , aria scade treptat la zero. La început, liniile drepte care radiază de la punctul de plecare au o divergență din ce în ce mai mare între ele, dar apoi se apropie una de cealaltă și, în cele din urmă, se reunesc din nou într-un contra-punct al punctului de plecare. În aceste condiții, au străbătut întregul spațiu sferic. Este ușor de observat că spațiul sferic tridimensional este destul de analog cu suprafața sferică bidimensională. Este finit (adică are volum finit) și nu are limite.

Se poate menționa că există și un alt fel de spațiu curbat: "spațiul eliptic". Acesta poate fi considerat un spațiu curbat în care cele două "contra-puncte" sunt identice (care nu pot fi deosebite una de cealaltă). Un univers eliptic poate fi considerat într-o oarecare măsură drept un univers curbat cu simetrie centrală.

Rezultă din ceea ce s-a spus că se pot imagina spații închise fără limite. Dintre acestea, spațiul sferic (și cel eliptic) excelează în simplitatea lor, deoarece toate punctele de pe ele sunt echivalente. Ca urmare a acestei discuții, apare o întrebare interesantă pentru astronomi și fizicieni, și anume dacă universul în care trăim este infinit sau dacă este finit în felul universului sferic. Experiența noastră este departe de a fi suficientă pentru a ne permite să răspundem la

această întrebare. Dar teoria generală a relativității ne permite să răspundem cu un grad moderat de certitudine, și în acest sens dificultatea menționată în Secțiunea 30 își găsește soluția.

Cartea

Teoria relativității - Relativitatea specială și relativitatea generală, de Albert Einstein

Traducere de Nicolae Sfetcu

”Prezenta carte este destinată, pe cât posibil, să ofere o perspectivă exactă asupra teoriei relativității acelor cititori care, din punct de vedere științific și filosofic general, sunt interesați de teorie, dar care nu sunt familiarizați cu aparatul matematic al fizicii teoretice. Lucrarea presupune un nivel de educație corespunzător celui al examenului de admitere la facultate și, în ciuda volumului mic al cărții, este necesară oarecare răbdare și voință din partea cititorului. Autorul nu a cruțat niciun efort în a prezenta ideile principale în cea mai simplă și mai inteligibilă formă și, în ansamblu, în secvența și conexiunea din care au provenit în fapt. Din motive de claritate, mi s-a părut inevitabil să mă repet frecvent, fără a acorda nici cea mai mică atenție eleganței prezentării. Am aderat scrupulos la preceptul acestui strălucit fizician teoretic, L. Boltzmann, potrivit căruia elementele de eleganță ar trebui lăsate croitorilor și cizmarilor. Nu pretind că nu am ascuns cititorului dificultățile inerente ale subiectului. Pe de altă parte, am tratat intenționat fundamentele fizice empirice ale teoriei într-o manieră grijulie, astfel încât cititorii care nu cunosc fizica să nu se simtă ca un rătăcit care nu poate vedea pădurea din cauza copacilor. Fie ca această carte să provoace câteva ore de meditație asupra subiectului tratat!”

Decembrie 1916, A. Einstein

Ediția MultiMedia Publishing <https://www.setthings.com/ro/e-books/teoria-relativitatii-relativitatea-speciala-si-relativitatea-generalala/>

- Digital: EPUB (ISBN 978-606-9016-28-2), Kindle (ISBN 978-606-9016-30-5), PDF (ISBN 978-606-9016-29-9)

- Tipărit (ISBN 978-606-033-180-3)

Ediția tipărită: <https://www.amazon.com/dp/1985895714/>

Data publicării: 25 februarie 2018

6" x 9" (15.24 x 22.86 cm) , 96 pages. ISBN-13: 978-1985895713. ISBN-10: 1985895714

BISAC: Science / Physics / Relativity

Facebook: <https://www.facebook.com/EinsteinTeoriaRelativitatii/>

Prezenta carte este destinată, pe cât posibil, să ofere o perspectivă exactă asupra teoriei relativității acelor cititori care, din punct de vedere științific și filosofic general, sunt interesați de teorie, dar care nu sunt familiarizați cu aparatul matematic al fizicii teoretice. Lucrarea presupune un nivel de educație corespunzător celui al examenului de admitere la facultate și, în ciuda volumului mic al cărții, este necesară oarecare răbdare și voință din partea cititorului. Autorul nu a căutat niciun efort în a prezenta ideile principale în cea mai simplă și mai inteligibilă formă și, în ansamblu, în secvența și conexiunea din care au provenit în fapt. Din motive de claritate, mi s-a părut inevitabil să mă repet frecvent, fără a acorda nici cea mai mică atenție eleganței prezentării. Am aderat scrupulos la preceptul acestui strălucit fizician teoretic, L. Boltzmann, potrivit căruia elementele de eleganță ar trebui lăsate croitorilor și cizmarilor. Nu pretind că nu am ascuns cititorului dificultățile inerente ale subiectului. Pe de altă parte, am tratat intenționat fundamentele fizice empirice ale teoriei într-o manieră grijulie, astfel încât cititorii care nu cunosc fizica să nu se simtă ca un rătăcit care nu poate vedea pădurea din cauza copacilor. Fie ca această carte să provoace câteva ore de meditație asupra subiectului tratat!

Decembrie 1916

A. EINSTEIN

ALBERT EINSTEIN

TEORIA RELATIVITĂȚII

**RELATIVITATEA SPECIALĂ
ȘI
RELATIVITATEA GENERALĂ**

Traducere: Nicolae Sfetcu

Cuprins

Prefață

Partea I: Teoria specială a relativității

- 1. Sensul fizic al propozițiilor din geometrie
- 2. Sistemul de coordonate
- 3. Spațiul și timpul în mecanica clasică
- 4. Sistemul galileian al coordonatelor
- 5. Principiul relativității (în sens restrâns)
- 6. Teorema însumării vitezelor folosită în mecanica clasică
- 7. Incompatibilitatea aparentă a legii de propagare a luminii cu principiul relativității
- 8. Despre ideea de timp în fizică
- 9. Relativitatea simultaneității
- 10. Despre relativitatea conceptului de distanță
- 11. Transformarea Lorentz
- 12. Comportamentul barelor de măsurare și a ceasurilor în mișcare
- 13. Teorema însumării vitezelor
- - Experimentul Fizeau
- 14. Valoarea euristică a teoriei relativității

- 15. Rezultatele generale ale teoriei
 - 16. Experimente și teoria specială a relativității
 - 17. Spațiul patru-dimensional minkowskian
- Partea II: Teoria generală a relativității
- 18. Principiile special și general ale relativității
 - 19. Câmpul gravitațional
 - 20. Egalitatea maselor inerțială și gravitațională ca argument pentru postulatul general al relativității
 - 21. În ce măsură nu sunt satisfăcătoare bazele mecanicii clasice și a teoriei speciale a relativității?
 - 22. Câteva inferențe din principiul general al relativității
 - 23. Comportarea ceasurilor și barelor de măsurare într-un corp de referință în rotație
 - 24. Continuum euclidian și non-euclidian
 - 25. Coordonate gaussiene
 - 26. Continuumul spațiu-timp al teoriei relativității speciale considerat ca un continuum euclidian
 - 27. Continuumul spațiu-timp al teoriei relativității generale nu este un continuum euclidian
 - 28. Formularea exactă a principiului general al relativității
 - 29. Soluția problemei de gravitație pe baza principiului general al relativității
- Partea III: Considerații privind Universul ca un întreg
- 30. Dificultățile cosmologice ale teoriei lui Newton
 - 31. Posibilitatea unui univers "finit" și totuși "nemărginit"
 - 32. Structura spațiului conform teoriei generale a relativității
- Anexe
- Anexa I Derivarea simplă a transformării Lorentz (Suplimentar la Secțiunea 11)
 - Anexa II Spațiul patru-dimensional minkowskian ("Lumea") (Suplimentar la Secțiunea 17)
 - Anexa III Confirmarea experimentală a teoriei generale a relativității
 - (a) Mișcarea periheliului lui Mercur
 - (b) Devierea luminii de un câmp gravitațional
 - (c) Deplasarea liniilor spectrale către roșu
 - Anexa IV Structura spațiului în conformitate cu teoria generală a relativității
- Note

Despre autor

Nicolae Sfetcu

Asociat și manager MultiMedia SRL și Editura MultiMedia Publishing.

Partener cu MultiMedia în mai multe proiecte de cercetare-dezvoltare la nivel național și european

Coordonator de proiect European Teleworking Development Romania (ETD)

Membru al Clubului Rotary București Atheneum

Cofondator și fost președinte al Filialei Mehedinți al Asociației Române pentru Industrie Electronica și Software Oltenia

Inițiator, cofondator și președinte al Asociației Române pentru Teleducare și Teleactivități

Membru al Internet Society

Cofondator și fost președinte al Filialei Mehedinți a Asociației Generale a Inginerilor din România

Inginer fizician - Licențiat în fizică, specialitatea Fizică nucleară. Masterand în Istoria și filosofia științei.

De același autor

Alte cărți scrise sau traduse de același autor:

- A treia lege a lui Darwin - O parodie reală a societății actuale (RO)
- Ghid Marketing pe Internet (RO)
- Bridge Bidding - Standard American Yellow Card (EN)
- Teleducare (Telework) (RO)
- Harta politică - Dicționar explicativ (RO)
- Beginner's Guide for Cybercrime Investigators (EN)
- How to... Marketing for Small Business (EN)
- London: Business, Travel, Culture (EN)
- Fizica simplificată (RO)
- Ghid jocuri de noroc - Casino, Poker, Pariuri (RO)
- Ghid Rotary International - Cluburi Rotary (RO)
- Proiectarea, dezvoltarea și întreținerea siturilor web (RO)
- Facebook pentru afaceri și utilizatori (RO)
- Întreținerea și repararea calculatoarelor (RO)
- Corupție - Globalizare - Neocolonialism (RO)
- Traducere și traducători (RO)
- Small Business Management for Online Business - Web Development, Internet Marketing, Social Networks (EN)
- Sănătate, frumusețe, metode de slăbire (RO)
- Ghidul autorului de cărți electronice (RO)
- Editing and Publishing e-Books (EN)
- Pseudoștiință? Dincolo de noi... (RO)
- European Union Flags - Children's Coloring Book (EN)
- Totul despre cafea - Cultivare, preparare, rețete, aspecte culturale (RO)
- Easter Celebration (EN)
- Steagurile Uniunii Europene - Carte de colorat pentru copii (RO)
- Paști (Paște) - Cea mai importantă sărbătoare creștină (RO)
- Moartea - Aspecte psihologice, științifice, religioase, culturale și filozofice (RO)
- Promovarea afacerilor prin campanii de marketing online (RO)
- How to Translate - English Translation Guide in European Union (EN)

- ABC Petits Contes (Short Stories) (FR-EN), par Jules Lemaître
- Short WordPress Guide for Beginners (EN)
- ABC Short Stories - Children Book (EN), by Jules Lemaître
- Procesul (RO), de Franz Kafka
- Fables et légendes du Japon (Fables and Legends from Japan) (FR-EN), par Claudius Ferrand
- Ghid WordPress pentru începători (RO)
- Fables and Legends from Japan (EN), by Claudius Ferrand
- Ghid Facebook pentru utilizatori (RO)
- Arsène Lupin, gentleman-cambrioleur (Arsene Lupin, The Gentleman Burglar) (FR-EN), par Maurice Leblanc
- How to SELL (eCommerce) - Marketing and Internet Marketing Strategies (EN)
- Arsène Lupin, The Gentleman Burglar (EN), by Maurice Leblanc
- Bucharest Tourist Guide (Ghid turistic București) (EN-RO)
- Ghid turistic București (RO)
- Ghid WordPress pentru dezvoltatori (RO)
- French Riviera Tourist Guide (Guide touristique Côte d'Azur) (EN-FR)
- Guide touristique Côte d'Azur (FR)
- Ghid pagini Facebook - Campanii de promovare pe Facebook (RO)
- Management, analize, planuri și strategii de afaceri (RO)
- Guide marketing Internet pour les débutants (FR)
- Gambling games - Casino games (EN)
- Death - Cultural, philosophical and religious aspects (EN)
- Indian Fairy Tales (Contes de fées indiens) (EN-FR), by Joseph Jacobs
- Contes de fées indiens (FR), par Joseph Jacobs
- Istoria timpurie a cafelei (RO)
- Londres: Affaires, Voyager, Culture (London: Business, Travel, Culture) (FR-EN)
- Cunoaștere și Informații (RO)
- Poker Games Guide - Texas Hold 'em Poker (EN)
- Gaming Guide - Gambling in Europe (EN)
- Crăciunul - Obiceiuri și tradiții (RO)
- Christmas Holidays (EN)
- Introducere în Astrologie (RO)
- Psihologia mulțimilor (RO), de Gustave Le Bon
- Anthologie des meilleurs petits contes français (Anthology of the Best French Short Stories) (FR-EN)
- Anthology of the Best French Short Stories (EN)
- Povestea a trei generații de fermieri (RO)
- Web 2.0 / Social Media / Social Networks (EN)
- The Book of Nature Myths (Le livre des mythes de la nature) (EN-FR), by Florence Holbrook
- Le livre des mythes de la nature (FR), par Florence Holbrook
- Misterul Stelelor Aurii - O aventură în Uniunea Europeană (RO)
- Anthologie des meilleures petits contes françaises pour enfants (Anthology of the Best French Short Stories for Children) (FR-EN)
- Anthology of the Best French Short Stories for Children (EN)
- O nouă viață (RO)
- A New Life (EN)
- The Mystery of the Golden Stars - An adventure in the European Union (Misterul stelelor aurii - O aventură în Uniunea Europeană) (EN-RO)

- ABC Petits Contes (Scurte povestiri) (FR-RO), par Jules Lemaître
- The Mystery of the Golden Stars (Le mystère des étoiles d'or) - An adventure in the European Union (Une aventure dans l'Union européenne) (EN-FR)
- ABC Scurte povestiri - Carte pentru copii (RO), de Jules Lemaitre
- Le mystère des étoiles d'or - Une aventure dans l'Union européenne (FR)
- Poezii din Titan Parc (RO)
- Une nouvelle vie (FR)
- Povestiri albastre (RO)
- Candide - The best of all possible worlds (EN), by Voltaire
- Şah - Ghid pentru începători (RO)
- Le papier peint jaune (FR), par Charlotte Perkins Gilman
- Blue Stories (EN)
- Bridge - Sisteme și convenții de licitație (RO)
- Retold Fairy Tales (Povești repovestite) (EN-RO), by Hans Christian Andersen
- Povești repovestite (RO), de Hans Christian Andersen
- Legea gravitației universale a lui Newton (RO)
- Eugenia - Trecut, Prezent, Viitor (RO)
- Teoria specială a relativității (RO)
- Călătorii în timp (RO)
- Teoria generală a relativității (RO)
- Contes bleus (FR)
- Sunetul fizicii - Acustica fenomenologică (RO)
- Teoria relativității - Relativitatea specială și relativitatea generală (RO), de Albert Einstein
- Fizica atomică și nucleară fenomenologică (RO)
- Louvre Museum - Paintings (EN)
- Materia: Solide, Lichide, Gaze, Plasma - Fenomenologie (RO)
- Căldura - Termodinamica fenomenologică (RO)
- Lumina - Optica fenomenologică (RO)
- Poems from Titan Park (EN)
- Mecanica fenomenologică (RO)
- Solaris (Andrei Tarkovsky): Umanitatea dezumanizată (RO)
- De la Big Bang la singularități și găuri negre (RO)
- Schimbări climatice - Încălzirea globală (RO)
- Electricitate și magnetism - Electromagnetism fenomenologic (RO)
- Știința - Filosofia științei (RO)
- La Platanie - Une aventure dans le monde à deux dimensions (FR)
- Climate Change - Global Warming (EN)
- Poèmes du Parc Titan (FR)
- Mecanica cuantică fenomenologică (RO)
- Isaac Newton despre acțiunea la distanță în gravitație - Cu sau fără Dumnezeu? (RO)
- The singularities as ontological limits of the general relativity (EN)
- Distincția dintre falsificare și respingere în problema demarcației la Karl Popper (RO)
- Buclele cauzale în călătoria în timp (RO)
- Epistemologia serviciilor de informații (RO)
- Evoluția și etica eugeniei (RO)
- Filosofia tehnologiei blockchain - Ontologii (RO)
- Imre Lakatos: Euristica și toleranța metodologică (RO)
- Controversa dintre Isaac Newton și Robert Hooke despre prioritatea în legea gravitației (RO)

- Singularitățile ca limite ontologice ale relativității generale (RO)
- Filmul Solaris, regia Andrei Tarkovsky – Aspecte psihologice și filosofice (RO)
- Tehnologia Blockchain - Bitcoin (RO)
- Carte: Fizica fenomenologică - Compendiu - Volumul 1 (RO)
- Reconstrucția rațională a științei prin programe de cercetare (RO)
- Causal Loops in Time Travel (EN)
- Chinese Fables and Folk Stories (Fables et histoires populaire chinoises) (EN-FR)
- Isaac Newton on the action at a distance in gravity: With or without God? (EN)
- Isaac Newton vs Robert Hooke sur la loi de la gravitation universelle (FR)
- Epistemology of Intelligence Agencies (EN)
- The distinction between falsification and refutation in the demarcation problem of Karl Popper (EN)
- Isaac Newton vs. Robert Hooke on the law of universal gravitation (EN)
- Evolution and Ethics of Eugenics (EN)
- Solaris, directed by Andrei Tarkovsky - Psychological and philosophical aspects (EN)
- La philosophie de la technologie blockchain - Ontologies (FR)
- Philosophy of Blockchain Technology - Ontologies (EN)
- Isaac Newton sur l'action à distance en gravitation : Avec ou sans Dieu ? (FR)

Contact

Email: nicolae@sfetcu.com

Skype: nic01ae

Facebook/Messenger: <https://www.facebook.com/nicolae.sfetcu>

Twitter: <http://twitter.com/nicolae>

LinkedIn: <http://www.linkedin.com/in/nicolaesfetcu>

YouTube: <https://www.youtube.com/c/NicolaeSfetcu>

Editura

MultiMedia Publishing

*web design, comerț electronic, alte aplicații web * internet marketing, seo, publicitate online, branding * localizare software, traduceri engleză și franceză * articole, tehnoredactare computerizată, secretariat * prezentare powerpoint, word, pdf, editare imagini, audio, video * conversie, editare și publicare cărți tipărite și electronice, isbn*

Tel./ WhatsApp: 0040 745 526 896

Email: office@multimedia.com.ro

MultiMedia: <http://www.multimedia.com.ro/>

Online Media: <https://www.setthings.com/>

Facebook: <https://www.facebook.com/multimedia.srl/>

Twitter: <http://twitter.com/multimedia>

LinkedIn: <https://www.linkedin.com/company/multimedia-srl/>