

Ontologia relativității generale

Nicolae Sfetcu

19 martie2019

Sfetcu, Nicolae, "Ontologia relativității generale", SetThings (2 februarie 2019), MultiMedia Publishing (ed.), URL = <https://www.telework.ro/ro/ontologia-relativitatii-generale/>

Email: nicolae@sfetcu.com



Acest articol este licențiat Creative Commons Attribution-NoDerivatives 4.0 International. Pentru a vedea o copie a aceste licențe, vizitați <http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0/>.

Extras din lucrarea:

Sfetcu, Nicolae, "Singularitățile ca limite ontologice ale relativității generale", SetThings (1 iunie 2018), MultiMedia (ed.), DOI: 10.13140/RG.2.2.17470.18242, URL = <https://www.telework.ro/ro/e-books/singularitatile-ca-limite-ontologice-ale-relativitatii-generale/>

Ontologia relativității generale

În viziunea clasică, spațiul și timpul sunt containerele; materie este conținutul. Proprietate distinctivă a materiei este că ea poartă energie și impuls, conservate în timp, rezultând că energia și impulsul sunt fundamentale ontologic. (Norton 2012)

Relativitatea generală (RG) a generat diverse interpretări filosofice timpurii. Adepții lui au evidențiat "relativizarea inerției" și conceptul de simultaneitate, kantienii și neo-kantienii au subliniat abordarea anumitor "forme intelectuale" sintetice (în special principiul covarianței generale, iar empiriștii logici au accentuat semnificația filozofică metodologică a teoriei.

Reichenbach a abordat RG prin prisma tezei "relativității geometriei", încercând o "axiomatizare constructivă" (Rendall 2005) a teoriei relativității pe baza "problemelor elementare de

fapt" (Elementarbestand) cu privire la comportamentul observabil al razelor de lumină, a tijelor și a ceasurilor.

Matematicianul Hermann Weyl a încercat o reconstituire a teoriei lui Einstein pe baza epistemologiei unei "geometrii infinitezimale pure", o geometrie extinsă cu termenii suplimentari care se identificau formal cu potențialul câmpului electromagnetic. (Weyl and Weyl 1993, 115–16)

Thomas Ryckman afirmă că programul de teorie a câmpului unificat geometric pare a fi încadrat în mod inseparabil într-o formă de realism științific, denumită "realism structural", cu o posibilă tendință inspirată față de platonism. (Ryckman 2018) În forma sa contemporană, realismul structural are atât o formă epistemică, cât și o formă "ontică", acesta din urmă susținând în esență că teoriile fizice actuale justifică faptul că trăsăturile structurale ale lumii fizice sunt fundamentale ontologic (Ladyman and Ross 2007), subscriind la ideea că singura continuitate ontologică în ceea ce privește schimbările teoriei fizice fundamentale este continuitatea structurii. Realismul structural ontic este un cadru metafizic care oferă o înțelegere adecvată a caracteristicilor teoriilor fizice fundamentale. Potrivit acestuia, există structuri în domeniul fizicii fundamentale în sensul rețelelor de relații fizice concrete, fără ca aceste relații să depindă de obiecte fizice fundamentale care posedă o identitate intrinsecă, adică o identitate constituită din proprietăți intrinseci sau o primitivitate (hectică). Această poziție poate lua în considerare în mod semnificativ caracteristicile RG fundamentale ale invarianței difeomorfismului și independenței de fond. (Esfeld and Lam 2008).

Unii filosofi văd o opoziție dintre metafizica tradițională angajată într-o prioritate ontologică a obiectelor asupra relațiilor, și realismul structural ontic care se dedică unei priorități ontologice a relațiilor asupra obiectelor. Suporterii realismului structural

ontic consideră că greșeala care duce la această concluzie se află în presupunerea existenței unei distincții ontologice între obiecte, pe de o parte, și proprietăți, inclusiv relațiile, pe de altă parte (Esfeld and Lam 2011). Ei consideră că nu există o distincție ontologică între obiecte și proprietăți, inclusiv relațiile, astfel, nici o relație de dependență ontologică între obiecte și proprietăți, inclusiv relațiile, astfel încât nu există o problemă a unei priorități ontologice. Distincția este doar una conceptuală, (Lam and Esfeld 2012) ar fi o greșeală să deducem din acest mod de reprezentare că există puncte spațio-temporale în lume ca entități distincte din punct de vedere ontologic de proprietățile câmpului metric. Ar rezultă că trebuie să se renunțe la presupunerea existenței unei distincții ontologice între obiecte și proprietăți, inclusiv relații. Nu există o distincție ontologică între obiecte și căile lor de a fi, ci doar una conceptuală.

Empiriști logici anti-metafizici, precum Carnap și neo-kantieni precum Cassirer (care consideră teoria ca fiind un test crucial pentru Erkenntniskritik, termenul preferat pentru epistemologia științelor fizice ale idealismului transcendențial al lui Marburg), au jucat un rol important în dezvoltarea și dezvoltarea conceptului modern de categoricitate în semantica formală (D. Howard 1996). Cassirer a concluzionat că RG prezintă "ceea mai determinată aplicație și realizare în cadrul științei empirice a poziției idealismului critic". (Cassirer 1921)

Einstein, împreună cu Schlick și Reichenbach, a dezvoltat o nouă formă de empirism, adecvată argumentării relativității generale împotriva criticii neo-kantiene. (Schlick 1921)(Reichenbach 1928)

Ideea lui Mach, că masa și mișcarea inerțială a corpului rezultă din influența tuturor celorlalte mase înconjurate (eliminand conceptul spațiului absolut) l-a

influențat puternic pe Einstein în încercarea epistemologică de a generaliza principiul relativității, combinând un principiu valid al invarianței formelor legilor naturii (covarianța generală) cu un "principiu de relativitate generală" falsă a mișcărilor accelerate. (Ryckman 2018)

Einstein nu a fost un realist științific, dar crede că există conținut teoretic dincolo de conținutul empiric, că știința teoretică ne oferă o fereastră asupra naturii, chiar dacă, în principiu, nu va exista o explicație unică corectă la nivelul ontologiei profunde. (D. A. Howard 2017)

În acest context, a existat o discuție permanentă asupra naturii și rolului convențiilor în știință a continuat până la sfârșitul vieții lui Einstein, (Schilpp and Schilpp 1959) dacă alegerea unei geometrii este empirică, convențională sau *a priori*. Duhem (Duhem, Vuillemin, and Broglie 1991) consideră că, în fizică, ipotezele nu sunt testate izolat, ci doar ca parte a teoriei ca un întreg (holism teoretic și subdeterminarea alegerii teoriei prin dovezi empirice). Într-o adresă din 1918 către Max Planck, Einstein a abordat problema subdeterminării:

"Sarcina supremă a fizicianului este ... căutarea celor mai generale legi elementare din care imaginea lumii trebuie obținută prin deducție pură. Nici o cale logică nu duce la aceste legi elementare; este doar intuiția care se bazează pe o înțelegere empatică a experienței. În această stare de incertitudine metodologică, se poate decă sunt posibile în mod arbitrar multe, în sine, sisteme echivalente de principii teoretice; iar această opinie este, în principiu, cu siguranță corectă. Dar dezvoltarea fizicii arată că, din toate construcțiile teoretice imaginabile, una singură, în orice moment, s-a dovedit superioară necondiționat față de toate celelalte. Nimeni din cei care au aprofundat acest subiect nu vanegă faptul că, în practică, lumea percepțiilor determină fără echivoc sistemul teoretic, chiar dacă nici o cale logică nu conduce din percepții la principiile de bază ale teoriei." (Einstein 1918, 31)

Einstein a argumentat de ce este alegerea teoretică determinată empiric într-o scrisoare adresată lui Schlick, unde a folosit argumentul lui Schlick referitor la elementele unei ontologii teoretice:

"Mi se pare că cuvântul "real" este luat în sensuri diferite, în funcție de faptul că se vorbește despre impresii sau evenimente, adică despre stările afaacerilor în sensul fizic.

Dacă doi oameni diferiți vor urmări fizica independent unul de celălalt, vor crea sisteme care sunt de acord cu impresiile ("elementele" în sensul lui Mach). Construcțiile elementale pe care le

realizează cei doi pentru conectarea acestor "elemente" pot fi foarte diferite. Și cele două construcții nu trebuie să fie de acord în ceea ce privește "evenimentele"; pentru că acestea aparțin, cu siguranță, construcțiilor conceptuale. Desigur, cu privire la "elemente", dar nu la "evenimente", sunt reale în sensul de a fi "date în mod inevitabil în experiență".

Dar dacă desemnează ca fiind "real" ceea ce aranjăm în schema spațiu-timp, așa cum a făcut în teoria cunoașterii, atunci fără îndoială "evenimentele" sunt, mai presus de toate, reale ... Aș dori să recomand o distincție conceptuală curată aici." (D. A. Howard 2017)

Punctul de vedere al lui Einstein, conform căruia realul fizic constă exclusiv din ceea ce se poate construi pe baza coincidențelor spațiu-timp, punctele spațiu-timp, de exemplu, fiind considerate ca intersecții ale liniilor de univers, este acum cunoscut sub numele de "argument punct-coincidență". (D. A. Howard 2017) Coincidențele au astfel un rol ontic privilegiat deoarece sunt invariabile și deci determinate în mod univoc.

Nouă perspectivă a lui Einstein asupra ontologiei spațiu-timpului l-au determinat pe Schlick să afirme că Mach a considerat în mod eronat doarele elementele senzației ca fiind reale, evenimentele spațio-temporale individualizate invariabil ca coincidențe în spațiu având de asemenea dreptul de a fi considerate reale datorită modului univoc al determinării lor. (D. A. Howard 2017) Einstein a fost de acord, cu condiția să se facă distincția între cele două tipuri de realitate, a elementelor și a evenimentelor spațio-temporale, că "doi oameni diferiți" care au urmărit fizica în mod independent, vor fi de acord asupra elementelor, dar ar fi în dezacord la nivelul ontologiei evenimentului spațio-temporal.

Imediat după apariția RG, s-a discutat despre o reducere a fizicii la geometrie: "fizica este o pseudogeometrie în patru dimensiuni [adică o geometrie care distinge dimensiunile spațiale și temporale] a cărei determinare metrică guvernează, conform ecuațiilor fundamentale ... din prima mea contribuție [1915], la cantitățile electromagnetice, adică la materie. (Hilbert 1917, 63)

În RG, densitatea energiei și impulsului non-gravitațional pentru un eveniment este reprezentată de tensorul stres-energie al materiei (T), fiind structura care codifică densitățile energiei totale și impulsurilor datorate tuturor formelor non-gravitacionale. Einstein a definit o cantitate analogă, tensorul stres-energie pentru câmpul gravitațional (t). T este un tensor adevărat, dar t este un pseudotensor, ceea ce înseamnă că T poate fi reprezentat independent de un anumit sistem de coordonate, spre deosebire de t . Astfel, nicio schimbare a sistemului de coordonate nu poate face ca T să dispară, spre deosebire de t care poate fi făcut nul pentru un anumit eveniment. (Norton 2012) Energia și impulsul total al sistemului nu mai sunt bine definite.

În RG, "energia câmpului gravitațional nu poate fi localizată". Putem vorbi numai despre energia gravitațională și despre impulsul unui sistem extins, nu și despre densitatea energiei și impulsului gravitațional la un anumit eveniment. (Misner et al. 2017, §20.3-20.4)

De asemenea, RG nu mai oferă o noțiune precisă a forței gravitaționale, aceasta fiind "geometrizată". Restaurarea spațiului temporal Minkowski în regiunile asimptotic plate ale spațiului ne permite să folosim resursele relativității speciale pentru a reintroduce noțiunea de forță gravitațională, identificată cu perturbațiile geometrice ale structurilor metrice de planeitate exactă cerută de un spațiu-timp Minkowski. (Norton 2012)

Metrica (structura metrică) materială a spațiu-timpului în RG este reductibilă la comportamentul entităților materiale (ceasuri, raze luminoase, geodezice, etc.) din spațiu-timp. (Grünbaum 2012) Respectiv, măsurarea spațiu-timpului depinde întotdeauna de instrumentele de măsurare alese ca standarde de măsurare, iar relațiile metrice implică standardele alese. Rezultă că relațiile metrice dintre conținutul material al spațiu-timpului nu sunt explicate de metrica spațio-temporală, ci mai degrabă constitutive. În același timp, în metrica câmpului fizic,

relațiile metriche ale unui spațiu-timp sunt determinate de un câmp fizic ireductibil, câmpul de tensori metric al doilea ordin, care, deșiseparat de entitățile materiale ale spațiului-timp, explică relațiile metriche dintre celelalte entități. (Weingard 1976)

Din acest punct de vedere, statutul epistemologic al credinței noastre că există un câmp metric tensor este la fel ca și convingerile noastre despre alte entități teoretice, cum ar fi neutrinii. Așa cum am postulat existența neutrino-ului pentru a explica deficitul energetic observat în decăderea beta, vom postula câmpul metric, conform PMF, pentru a explica diferite fenomene observate, cum ar fi de ce particulele libere dintr-un câmp gravitațional au traiectoriile pe care le au. Și în acest proces, câmpul de tensori metrici ajută la explicarea relațiilor metriche observate între entitățile materiale. Robert Weingard afirmă că există un dezacord ontologic între cele două metrici, prima fiind constituită de relațiile dintre entitățile materiale în spațiu-timp, în timp ce a doua este un câmp fizic de sine stătător, distinct și ireductibil la conținutul material al spațiu-timpului.

Robert Weingard susține că metrica câmpului fizic oferă un raport mai adecvat al stărilor ontologice a metricii în spațiu-timpul RG. Potrivit aceste teze, un spațiu-timp gol, cu o metrică bine definită, este perfect inteligibil. Această idee a fost contrazisă de Grünbaum:

”Dacă nu există entități fizice extra-geocronometrice care să specifice (individualizeze) elementele omogene ale spațiu-timpului. . . atunci de unde derivă aceste elemente de constituție punctuală echivalentă, altfel, identitate lor individuală? Trebuie ca punctele lumii să nu fie individualizate înainte ca manifestarea spațiu-timpului să poată fi chiar înțeleasă să aibă o anumită valoare? Nu văd niciun răspuns la această întrebare cu privire la principiul individualizării aici în cadrul ontologiei identităților Leibnizice a indiscernabilelor. Nici nu cunosc nicio altă ontologie care să ofere un răspuns inteligibil la această problemă particulară de individualizare a individualilor omogeni.” (Grünbaum 1970)

Începând cu anul 2000 a apărut o nouă abordare a problemei naturii structurilor spațio-temporale, în special în lucrările lui Oliver Pooley (Pooley 2012) și Harvey Brown. (Brown

2015) Abordarea dinamică afirmă că structura spațiu-temporală a lumii noastre se datorează legilor dinamice (fundamentale) ale naturii și simetrieilor, structura spațiu-timp fiind derivată. O geometrie dată pentru spațiu-timp constrânge în mod formal teoriile admisibile la cele cu simetrie dreaptă. O presupunere a multor substantiviști a fost că această constrângere nu era doar formală, ci ontologică: că geometria (de aici și manifestarea în sași) este mai fundamentală decât legile, sau că geometria oferă o explicație "reală" a formei legilor. (Earman 1992, 125). Dar simetria ar putea fi inversată, astfel încât simetria să fie determinată ontologic de către legile teoriei, rezultând că geometria în sași este o expresie a dinamicii materiei. (Huggett and Hoefer 2018)

Gustavo E. Romero afirmă că RG este o "teorie a spațiului și a timpului". (Misner et al. 2017) Spațiu-timpul este emergența compoziției ontologice a tuturor evenimentelor, (Romero 2013) putând fi reprezentat de un concept, cu o reprezentare 4-dimensională a unui câmp metric.

Bibliografie

- Brown, Harvey R. 2015. *Physical Relativity: Space-Time Structure from a Dynamical Perspective*. Oxford University Press.
<http://www.oxfordscholarship.com/view/10.1093/0199275831.001.0001/acprof-9780199275830>.
- Cassirer, Ernst. 1921. "Zur Einstein'schen Relativitätstheorie: Erkenntnistheoretische Betrachtungen." 1921.
https://books.google.ro/books/about/Zur_Einstein_schen_Relativit%C3%A4tstheorie.html?id=I60-AAAAYAAJ&redir_esc=y.
- Duhem, Pierre, Jules Vuillemin, and Louis de Broglie. 1991. *The Aim and Structure of Physical Theory*. Translated by Philip Wiener. 9932nd edition. Princeton: Princeton University Press.
- Earman, John. 1992. *World Enough and Space-Time: Absolute versus Relational Theories of Space and Time*. Cambridge, Mass.: A Bradford Book.
- Einstein, Albert (Author). 1918. "Motive des Forschens." 1918.
- Esfeld, Michael, and Vincent Lam. 2008. "Moderate Structural Realism about Space-Time." *Synthese* 160 (1): 27–46. <https://doi.org/10.1007/s11229-006-9076-2>.
- . 2011. "Ontic Structural Realism as a Metaphysics of Objects." In *Scientific Structuralism*, edited by Alisa Bokulich and Peter Bokulich, 143–159. Springer Science+Business Media.

- Grünbaum, Adolf. 1970. "Space, Time and Falsifiability Critical Exposition and Reply to 'A Panel Discussion of Grünbaum's Philosophy of Science.'" *Philosophy of Science* 37 (4): 469–588.
- . 2012. *Philosophical Problems of Space and Time: Second, Enlarged Edition*. Springer Science & Business Media.
- Hilbert, D. 1917. "Die Grundlagen der Physik. (Zweite Mitteilung)." *Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, Mathematisch-Physikalische Klasse* 1917: 53–76. <https://eudml.org/doc/58973>.
- Howard, Don. 1996. "Relativity, Eindeutigkeit, and Monomorphism: Rudolf Carnap and the Development of the Categoricity Concept in Formal Semantics." *Origins of Logical Empiricism* 16.
- Howard, Don A. 2017. "Einstein's Philosophy of Science." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Fall 2017. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/fall2017/entries/einstein-philsience/>.
- Huggett, Nick, and Carl Hoefer. 2018. "Absolute and Relational Theories of Space and Motion." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Spring 2018. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/spr2018/entries/spacetime-theories/>.
- Ladyman, James, and Don Ross. 2007. *Every Thing Must Go: Metaphysics Naturalized*. Oxford University Press.
- Lam, Vincent, and Michael Esfeld. 2012. "The Structural Metaphysics of Quantum Theory and General Relativity." *Journal for General Philosophy of Science / Zeitschrift Für Allgemeine Wissenschaftstheorie* 43 (2): 243–258.
- Misner, Charles, Kip S. Thorne, John Wheeler, and David Kaiser. 2017. *Gravitation*. Princeton, N.J.: Princeton University Press.
- Norton, John D. 2012. "What Can We Learn About the Ontology of Space and Time From the Theory of Relativity?"
- Pooley, Oliver. 2012. "Substantialist and Relationalist Approaches to Spacetime." Preprint. 2012. <http://philsci-archive.pitt.edu/9055/>.
- Reichenbach, Hans. 1928. *Philosophie der Raum-Zeit-Lehre*. Walter de Gruyter.
- Rendall, Alan D. 2005. "The Nature of Spacetime Singularities." *ArXiv:Gr-Qc/0503112*, 76–92. https://doi.org/10.1142/9789812700988_0003.
- Romero, Gustavo E. 2013. "The Ontology of General Relativity." *ArXiv:1301.7330 [Gr-Qc, Physics:Physics]*. <http://arxiv.org/abs/1301.7330>.
- Ryckman, Thomas A. 2018. "Early Philosophical Interpretations of General Relativity." In *The Stanford Encyclopedia of Philosophy*, edited by Edward N. Zalta, Spring 2018. Metaphysics Research Lab, Stanford University. <https://plato.stanford.edu/archives/spr2018/entries/genrel-early/>.
- Schilpp, Paul Arthur, and Paul Arthur Schilpp. 1959. *Albert Einstein : Philosopher-Scientist*. 1st Harper Torchbook ed. New York : Harper. <https://trove.nla.gov.au/work/10548922>.
- Schlick, Moritz. 1921. "Kritizistische Oder Empiristische Deutung Der Neuen Physik?" *Société Française de Philosophie, Bulletin* 26 (n/a): 96.
- Weingard, Robert. 1976. "On the Ontological Status of the Metric in General Relativity." *The Journal of Philosophy*. 1976. <https://doi.org/10.2307/2025012>.

Weyl, Hermann, and H. Weyl. 1993. *Raum, Zeit, Materie: Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie*. Edited by Jürgen Ehlers. 8th edition. Berlin: Springer.