



Andrzej Łukasik

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

ORCID: 0000-0001-9939-9135

e-mail: andrzej.lukasik@mail.umcs.pl

DOI: <http://dx.doi.org/10.12775/RF.2026.016>

Problem aktualności sporu Newtona z Leibnizem w świetle odkryć teorii względności i mechaniki kwantowej Część 1: Spór o naturę czasu i przestrzeni

Rozumowania nasze opierają się na dwóch wielkich zasadach: na zasadzie sprzeczności, na mocy której osądzamy jako fałszywe to, co sprzecznością objęte, i jako prawdziwe to, co przeciwstawne fałszowi lub z nim sprzeczne. Opierają się także na zasadzie racji dostatecznej, na mocy której stwierdzamy, że żaden fakt nie może okazać się rzeczywisty, czyli istniejący, żadna wypowiedź prawdziwa, jeżeli nie ma racji dostatecznej, dla której to jest takie, a nie inne; chociaż racje te najczęściej nie mogą być nam znane.

Gottfried Wilhelm Leibniz¹

Rzeczywiście, własności ciał mogą być poznane jedynie poprzez eksperymenty. [...] Jak dotąd nie byłem w stanie wydedukować ze zjawisk przyczyny tych własności grawitacji, a z drugiej strony – nie chciałbym wymyślać hipotez. Cokolwiek bowiem, co nie jest wydedukowane ze zja-

¹ Gottfried Wilhelm Leibniz, „Zasady filozofii, czyli monadologia”, przeł. Stanisław Cichowicz, w: Gottfried Wilhelm Leibniz, *Wyznanie wiary filozofa. Rozprawa metafizyczna. Monadologia. Zasady natury i łaski oraz inne pisma filozoficzne*, przeł. Stanisław Cichowicz, Juliusz Domański, Henryk Krzeczkowski, Henryk Moese (Warszawa: PWN, 1969), 536, 303.

wisk, musi być nazwane hipotezą, a z drugiej strony – nie ma miejsca na hipotezy w filozofii eksperymentalnej.

Isaac Newton²

Wstęp

Isaac Newton i Gottfried Wilhelm Leibniz wiedli spór, który należy do najślawniejszych w dziejach filozofii. Dotyczył on przede wszystkim statusu ontologicznego czasu i przestrzeni, a także natury elementarnych składników materii. O drugim aspekcie sporu traktuje część 2 niniejszego artykułu. Znaczenie polemiki między Newtonem a Leibnizem nie ogranicza się do zagadnień nurtujących uczonych w epoce Oświecenia – niemal wszystkie poruszone przez Newtona i Leibniza zagadnienia są nadal aktualne: problem statusu ontologicznego czasu i przestrzeni (absolutyzm *vs* relacjonizm) daleko wykracza poza kontekst teoretyczny mechaniki klasycznej i jest współcześnie dyskutowany na gruncie filozoficznych implikacji szczególnej i ogólnej teorii względności Einsteina, pośrednio związany ze sporem Newtona z Leibnizem problem realności upływu czasu również jest aktualny w związku z filozoficznymi interpretacjami czasoprzestrzeni Minkowskiego szczególnej teorii względności (eternalizm *vs* prezentyzm). Jak dotąd większość filozoficznych poglądów sformułowanych przez Newtona lub Leibniza nie może być uznana za definitywnie potwierdzoną lub obaloną przez rozwój teorii fizycznych, co sprawia, że spór między Newtonem a Leibnizem pozostaje nadal aktualny, a trudności w jego rozstrzygnięciu świadczą o głębi filozoficznych problemów, które poruszyli obaj uczeni.

Absolutyzm vs relacjonizm a mechanika klasyczna

Newton i Leibniz sformułowali przeciwstawne ontologiczne koncepcje czasu i przestrzeni – absolutystyczną i relacjonistyczną³. W *Philosophiae*

² Isaac Newton, *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, przeł. Jarosław Wawrzycki (Kraków: Copernicus Center Press, 2011), 694. Dalej będę używał powszechnie stosowanego skrótu tytułu dzieła Newtona: *Principia*.

³ We współczesnych dyskusjach często w odniesieniu do newtonowskiej koncepcji czasu i przestrzeni używa się również terminu „substancjalizm”, jednak w niniejszym artykule w odniesieniu do fizyki klasycznej będę konsekwentnie stosował określenie „absolutyzm”, ponieważ Clarke w polemice z Leibnizem wielokrotnie podkreślał, że ani przestrzeń, ani czas nie jest sub-

naturalis principia mathematica (1687) Newton przedstawił operacyjne definicje podstawowych wielkości fizycznych, takich jak ilość materii (masa), ilość ruchu (pęd) i siła. Nie definiuje on pojęć czasu i przestrzeni, ponieważ – jak pisze – są one wszystkim znane, wprowadza jednak istotne rozróżnienia na „absolutne i względne, prawdziwe i pozorne, matematyczne i powszechne”⁴. Newtonowski pogląd na ontologiczny status czasu i przestrzeni wyrażają sławne słowa:

Absolutny, matematyczny i prawdziwy czas sam w sobie i przez jego własną naturę płynie równo w odniesieniu do wszystkiego zewnętrznego, który inaczej zwie się trwaniem; względny, pozorny i powszechny czas jest pewną zmysłowo postrzegalną, zewnętrzną (czy to dokładną, czy nierówną) miarą trwania poprzez ruch, który jest powszechnie używany zamiast czasu, tak jak nasza godzina, dzień, miesiąc, rok.

Absolutna przestrzeń, przez jej własną naturę niezależnie od wszystkiego zewnętrznego, pozostaje zawsze ta sama i nieruchoma. Przestrzeń względna jest pewnym ruchomym wymiarem lub miarą przestrzeni absolutnych, którą nasze zmysły odbierają jako położenie w odniesieniu do ciał i która jest potocznie brana za przestrzeń nieruchomą. Taka jest miara przestrzeni podziemnej, powierzchni lub przestrzeni gwiazdnej określona przez jej położenie względem Ziemi. Absolutna i względna przestrzeń są takie same co do kształtu i wielkości, ale nie zawsze są ilościowo tymi samymi⁵.

Newton odróżnia także miejsce absolutne od miejsca względnego i ruch absolutny od ruchu względnego: „Ruch absolutny jest przesunięciem ciała z jednego miejsca absolutnego do drugiego; ruch względny jest przesunięciem z jednego miejsca względnego do drugiego”⁶.

Stanowisko absolutystyczne zawiera dwie zasadnicze tezy dotyczące natury ruchu oraz natury czasu i przestrzeni⁷: 1) poprawny opis zjawiska ruchu wymaga wskazania relacji między ciałami materialnymi a nieruchomą przestrzenią absolutną i wskazania obiektywnej miary interwałów czasowych; 2) istnieje fizycznie rzeczywista przestrzeń niezależnie od ciał materialnych posiadająca strukturę geometrii Euklide-

stancją. Por. np. Gottfried Wilhelm Leibniz, „Polemika z S. Clarke’iem. Dodatek I”, w: Leibniz, *Wyznanie*, 441. Termin „substancjalizm” (rozmaitościowy) jest z kolei powszechnie stosowany w odniesieniu do czasoprzestrzeni ogólnej teorii względności.

⁴ Newton, *Principia*, 190.

⁵ Tamże, 190–191.

⁶ Tamże, 191.

⁷ Por. Damian Luty, *Ontologie strukturalne czasoprzestrzeni* (Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar, 2022), 144.

sa E^3 , której punkty są rozróżnialnymi indywiduami zachowującymi swoją tożsamość w czasie⁸; „istnieje absolutny czas o strukturze E^1 , izomorficzny z prostą rzeczywistą R ze względu na moc zbioru $\text{card } R$ i relację porządku $<$, wyznaczający globalne relacje równoczesności”⁹. Należy podkreślić, że struktura, o której mowa w koncepcji absolutystycznej, jest strukturą samej przestrzeni i samego czasu (czasoprzestrzeni)¹⁰ i nie jest redukowalna do względnych relacji czasoprzestrzennych między ciałami.

Zgodnie z *zasadą względności Galileusza*, aby mówić o ruchu, musimy wskazać na pewien układ odniesienia, względem którego rozpatrujemy ruch ciał. Fizycznym układem odniesienia jest zawsze jakieś ciało albo układ ciał, jego modelem matematycznym jest na przykład kartezjański układ współrzędnych. *Inercjalnym układem odniesienia* nazywamy układ, w którym jeżeli na ciało nie działa siła, to pozostaje ono w spoczynku lub porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym. Nie istnieje jeden wyróżniony inercjalny układ odniesienia, lecz klasa nieskończenie wielu układów inercjalnych, całkowicie sobie równoważnych. Każdy układ poruszający się ruchem jednostajnym prostoliniowym względem danego układu inercjalnego jest również układem inercjalnym.

Rozważmy prosty przykład ruchu w jednowymiarowej przestrzeni. Niech współrzędne czasowe i przestrzenne w układzie spoczywającym U ciała mają postać (x, t) , a w układzie poruszającym się U' (x', t') . Wówczas reguły przejścia od opisu ruchu w jednym układzie do opisu ruchu w drugim układzie wyraża prosta *grupa transformacji Galileusza*:

$$x' = x - vt,$$

$$t' = t,$$

gdzie: x – współrzędna ciała w układzie spoczywającym U , x' – współrzędna ciała w układzie poruszającym się U' , t – współrzędna czasowa w układzie spoczywającym U , t' – współrzędna czasowa w układzie poruszającym się U' , v – prędkość układu U względem U' .

⁸ Por. Tim Maudlin, *Philosophy of Physics. Space and Time* (Princeton–Oxford: Princeton University Press, 2012), 10.

⁹ Luty, *Ontologie strukturalne czasoprzestrzeni*, 144.

¹⁰ Wprawdzie pojęcie czasoprzestrzeni wprowadził do fizyki dopiero Hermann Minkowski w szczególnej teorii względności, ale jest ono bardzo użyteczne i stosuje się powszechnie także w odniesieniu do wcześniejszych teorii. Mówimy zatem o czasoprzestrzeni Galileusza, a nawet o czasoprzestrzeni Arystotelesa.

Z równań bezpośrednio otrzymujemy, że interwały przestrzenne (zatem i wymiary przestrzenne ciał) są niezmiennicze względem transformacji Galileusza, również interwały czasowe są niezmiennicze względem transformacji Galileusza.

$$\Delta t' = \Delta t,$$

$$\Delta x' = \Delta x.$$

Metryka geometrii Euklidesa E^3 dana jest przez twierdzenie Pitagorasa. Kwadrat odległości E między dwoma punktami w przestrzeni wyraża się wzorem:

$$dE^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2.$$

Innymi słowy, stwierdzenie, że przestrzeń jest absolutna, oznacza, że interwały przestrzenne są niezmiennicze względem transformacji Galileusza, podobnie – stwierdzenie, że czas jest absolutny, oznacza, że interwały czasowe są niezmiennicze względem transformacji Galileusza – zegar spoczywający i poruszający się pozostają zsynchronizowane, odmierzając „prawdziwy, absolutny, matematyczny czas”, który „płyne” tak samo w całym Wszechświecie. Z fizycznego, operacyjnego punktu widzenia przestrzeń jest tym, co mierzy się sztywnym prętem pomiarowym, czas natomiast jest tym, co mierzą zegary. Poglądy te odpowiadają naszym potocznym intuicjom, że wymiary przestrzenne ciał są obiektywną ich własnością, a czas płynie tak samo niezależnie od układu odniesienia (obserwatora). Przestrzeń mechaniki klasycznej jest jednorodna, izotropowa i trójwymiarowa, czas jest natomiast jednowymiarowy i anizotropowy (posiada wyróżniony kierunek). Z punktu widzenia ontologii absolutność czasu i przestrzeni oznacza, że czas i przestrzeń istnieją całkowicie niezależnie od materii i mają określone własności metryczne niezależnie od istnienia i rozkładu materii. „W szczególności – pisał Einstein – zasada bezwładności zmusza nas do przypisania fizycznie obiektywnych własności kontinuum czasoprzestrzennemu”¹¹.

Rozważmy następujący eksperyment myślowy: wyobraźmy sobie, że znika cała materialna zawartość Wszechświata, aż do ostatniego atomu. Co pozostanie? Zgodnie z koncepcją Newtona pozostanie pusta przestrzeń pozbawiona materii, a istnienie czasu polegałoby wówczas na *trwaniu pustej przestrzeni* pomimo tego, że nie ma w świecie materii,

¹¹ Albert Einstein, *Istota teorii względności*, przeł. Andrzej Trautman (Warszawa: Prószyński i S-ka, 1997), 59.

a zatem nie zachodzą też żadne zmiany. O ile wyobrażenie pustej przestrzeni jako swoistego (bo nieskończonego) „pojemnika” na materię nie budzi większych kontrowersji, o tyle dwie kwestie związane z czasem wymagają nieco uwagi. Po pierwsze, jest to stanowisko bardzo radykalne. Od starożytności poczynając, nawet w tak bardzo różnych systemach filozofii przyrody jak hylemorfizm Arystotelesa oraz atomizm Demokryta i Epikura, czas zawsze łączono ze zmianą. Arystoteles definiował czas jako „miarę ilości ruchu” i pisał, że „czas nie istnieje bez zmiany; bo gdyby stan naszej myśli w ogóle nie podlegał zmianie albo gdybyśmy nie doznawali tych zmian, nie odczuwalibyśmy upływu czasu. [...] Albowiem czas jest właśnie ilością ruchu ze względu na «przed» i «po»”¹². Według Newtona jednak nawet w „pustym” Wszechświecie istniałby czas. Jego istnienie polegałoby wówczas na trwaniu pustej przestrzeni. Po drugie, według Newtona czas „płyne” od przeszłości do przyszłości, czyli czas ma wyróżniony kierunek. Warto jednak zauważyć, że równania dynamiki Newtona są niezmiennicze względem inwersji w czasie, co oznacza, że wszelkie procesy opisywane przez mechanikę klasyczną są zasadniczo odwracalne w czasie. Ukierunkowanie zdarzeń w czasie, widoczne oczywiście w potocznym doświadczeniu, wymaga zatem wyjaśnienia. Problem ten został przez Arthura S. Eddingtona określony jako problem *strzałki czasu* – dlaczego, pomimo odwracalności wszelkich procesów mechanicznych na poziomie fundamentalnym, nie obserwujemy zdarzeń zachodzących wstecz w czasie?

Analogicznie do absolutyzmu Newtona relacjonizm Leibniza można ująć w postaci dwóch podstawowych tez dotyczących natury ruchu oraz natury czasu i przestrzeni¹³: 1) poprawny opis ruchu wymaga odniesienia do jakiegoś ciała materialnego – wszelki ruch jest względny, pojęcie ruchu w odniesieniu do samej przestrzeni nie ma sensu; 2) czas i przestrzeń nie są realnościami fizycznymi, lecz abstrakcjami z relacji, jakie zachodzą między ciałami, mają charakter czysto idealny. Leibniz pisze: „Co do mnie, niejednokrotnie podkreślałem, że mam przestrzeń za coś czysto względnego, podobnie jak czas, mianowicie za porządek współistnienia rzeczy, podczas gdy czas stanowi porządek ich następstwa”¹⁴. „[U]mysł dochodzi do wytworzenia sobie idei przestrzeni, nie

¹² Arystoteles, *Fizyka*, IV, 218 b–219 b, przeł. Kazimierz Leśniak, w: Arystoteles, *Dzieła wszystkie*, t. 2: *Fizyka. O niebie. O powstawaniu i niszczeniu. Meteorologia. O świecie. Metafizyka* (Warszawa: PWN, 1990).

¹³ Por. Luty, *Ontologie strukturalne czasoprzestrzeni*, 158.

¹⁴ Leibniz, „Polemika z S. Clarke’iem. Trzecie pismo Leibniza”, w: Leibniz, *Wyznanie*, 336.

potrzebując przy tym istnienia rzeczywistego i absolutnego bytu, który by poza umysłem i odniesieniami przestrzennymi jej odpowiadał”¹⁵.

Powróćmy do omawianego już eksperymentu myślowego z unicestwieniem wszelkiej zawartości materialnej Wszechświata. Co w takim przypadku pozostanie z punktu widzenia relacjonizmu? Otóż nie pozostanie nic¹⁶. Przestrzeń i czas są jedynie relacjami między ciałami (rzeczy materialne mogą istnieć równocześnie tylko obok siebie, zdarzenia mogą następować jedno po drugim lub równocześnie). Gdy nie ma rzeczy, nie ma także zachodzących między nimi relacji. Zgodnie z relacjonizmem ani czas, ani przestrzeń nie istnieją niezależnie od obiektów materialnych.

Zarówno Newton, jak i Leibniz przedstawili ważne argumenty na rzecz swych stanowisk. Newton deklarował stanowisko empiryzmu i w swojej argumentacji odwoływał się do doświadczenia, chociaż niektóre przedstawione racje mają jedynie charakter eksperymentów myślowych. Racjonalista Leibniz swoje argumenty opiera na dwóch zasadach przyjętych *a priori*. *Zasada racji dostatecznej* głosi, że „żaden fakt nie może okazać się rzeczywisty, czyli istniejący, żadna wypowiedź prawdziwa, jeżeli nie ma racji dostatecznej, dla której to jest takie, a nie inne”¹⁷. Powiązana z nią *zasada identyczności nierozróżnialnych* głosi, że „nie istnieją nierozróżnialne dwa indywidua [...]. Jeżeli dane są dwie rzeczy nierozróżnialne, to dana jest rzecz ta sama pod dwiema nazwami”¹⁸.

Zgodnie z *zasadą względności Galileusza* spoczynek i ruch jednostajny prostoliniowy są fizycznie nierozróżnialne – nie istnieje żaden eksperyment, który pozwoliłby rozstrzygnąć, czy spoczywam, czy też poruszam się ze stałą prędkością, przynajmniej bez odniesienia do jakiegoś innego układu. Jednak w przypadku ruchu przyspieszonego symetria układów zostaje złamana – przyspieszenie w mechanice Newtona ma charakter absolutny. Gdy na przykład podczas podróży samochodem zmuszeni jesteśmy gwałtownie zahamować, odczuwamy działanie tzw. *pozornych sił bezładności*. Nazywamy je w fizyce *siłami pozornymi*, ponieważ nie istnieje żadne źródło tych sił, są one związane z przyspieszeniem samego układu odniesienia¹⁹. Występowanie sił bezładności było koronnym

¹⁵ Leibniz, „Polemika z S. Clarke’iem. Piąte pismo Leibniza”, w: Leibniz, *Wyznanie*, 407.

¹⁶ Tamże.

¹⁷ Leibniz, „Zasady filozofii”, 303.

¹⁸ Leibniz, „Polemika z S. Clarke’iem. Czwarte pismo Leibniza”, w: Leibniz, *Wyznanie*, 347.

¹⁹ Por. Maudlin, *Philosophy of Physics*, 24.

argumentem Newtona na rzecz ruchu absolutnego i istnienia przestrzeni absolutnej²⁰. W *Principiach* opisał swój sławny eksperyment z wirującym wiadrem napełnionym wodą oraz eksperyment myślowy z dwiema kulami połączonymi liną²¹. Doświadczenie z wiadrem jest niezwykle proste i każdy może wykonać je w domu, jednak o jego interpretację spierają się fizycy i filozofowie od ponad trzystu lat.

Doświadczenie jest następujące: napełniamy wiadro wodą i zawieszamy je na sznurze. Sznur skręcamy i przytrzymujemy wiadro, zatem zarówno wiadro, jak i woda znajdują się w spoczynku. Powierzchnia wody jest płaska. Przestajemy trzymać wiadro – w rezultacie działania sił skrętnych sznura zaczyna ono wirować wokół własnej osi symetrii. Początkowo powierzchnia wody pozostaje płaska, jednak po pewnym czasie pojawia się charakterystyczne wgłębienie – powierzchnia wody przybiera kształt paraboloidy obrotowej. Na pewnym etapie eksperymentu wiadro i woda wirują z taką samą prędkością kątową, nie ma zatem *względego ruchu* wody względem wiadra. Następnie zatrzymujemy wiadro – przestaje wirować, ale woda jeszcze przez pewien czas wiruje i widoczna jest deformacja jej powierzchni. Jest ona ostatecznie spowodowana występowaniem odosiowych sił bezwładności, które pojawiają się w układzie wirującym. Ponieważ widoczna deformacja powierzchni wody pojawia się zarówno wtedy, gdy woda wiruje względem wiadra, jak i wtedy, gdy nie ma takiego ruchu, efekt ten nie może być wyjaśniony *względny ruchem* wody i wiadra. Zdaniem Newtona musi istnieć „w przestrzeni” oś, względem której wiruje woda, czyli jest to przykład ruchu absolutnego. Przestrzeń absolutna jest niedostrzegalna, ale jej istnienie powoduje występowanie obserwowalnych efektów w postaci sił bezwładności. Według Newtona możemy zatem odróżnić prawdziwy ruch od ruchu względnego, zwanego też pozornym.

Drugi przykład przedstawiony przez Newtona ma charakter *eksperymentu myślowego*. Rozważmy dwie kule połączone liną²². Jeżeli wprawimy je w ruch wirowy wokół wspólnego środka masy, wówczas lina będzie naprężona i naprężenie to możemy zmierzyć. W przypadku braku ruchu wirowego lina pozostaje nienapięta. W ten sposób możemy zidentyfikować prawdziwy ruch wirowy „nawet w niezmierzonej próżni, gdzie nie istniałoby nic zewnętrznego, z czym kule mogłyby

²⁰ Por. Lawrence Sklar, *Space, Time, and Spacetime* (Berkeley–Los Angeles–London: University of California Press, 1974), 184.

²¹ Newton, *Principia*, 194.

²² Tamże, 195.

być porównane”²³. Do stwierdzenia ruchu absolutnego nie jest zatem potrzebne zdaniem Newtona żadne inne ciało. Ruch absolutny zachodzi względem pustej przestrzeni absolutnej.

Relacjonista Leibniz nie znajduje dobrego kontrargumentu i nie dysponuje czysto relacjonistycznym wyjaśnieniem ruchu obrotowego, rozumianego jako ruch jednego *ciała* względem drugiego *ciała*. Nie znaczy to jednak, że występowanie odosiowych sił bezwładności w omawianych eksperymentach jednoznacznie rozstrzyga spór na rzecz koncepcji absolutystycznej. W argumentacji Newtona tkwi bowiem pewna trudność, a nawet – jak twierdzi Lawrence Sklar – pewien paradoks²⁴. Newton przyjmuje, że każdy ruch jest ruchem względem *czegoś*. Nawet w eksperymencie myślowym z wirującymi kulami w pustym Wszechświecie, chociaż z oczywistych powodów ruch nie może być odniesiony do żadnego *ciała*, to jednak odniesiony jest on do samej *przestrzeni absolutnej*. W ten sposób Newton „automatycznie przyjmuje, że wszelki ruch jest względny”²⁵. Newton jest antyrelacjonistą w tym znaczeniu, że twierdzi, iż nie można zredukować istnienia przestrzeni absolutnej do relacji przestrzennych między obiektami materialnymi, lecz pozostaje relacjonistą w tym znaczeniu, że uznaje, iż położenie, prędkość i przyspieszenie są terminami relacyjnymi, nawet jeśli relacje nie są odniesione do innych ciał, ale do przestrzeni absolutnej.

Ciekawe uwagi krytyczne wobec argumentu Newtona z wirującym wiadrem sformułował George Berkeley, który również odrzucał pojęcia absolutnego czasu i absolutnej przestrzeni jako abstrakcyjne, a więc fikcyjne. Zauważa on, że istotnie wiadro i woda wirują wokół osi symetrii, ale nie dowodzi to jeszcze istnienia jakiejś ustalonej osi „w przestrzeni absolutnej”, ponieważ również Ziemia wiruje wokół własnej osi, porusza się także po orbicie wokół Słońca, a w konsekwencji ruch wirowy wiadra z wodą ma bardzo skomplikowany charakter, znacznie bardziej złożony niż obrót wokół ustalonej osi w przestrzeni absolutnej. Píše on następująco:

Nie należy pomijać, że według sądu tych, którzy prawdziwe miejsca ciał określają przez części przestrzeni absolutnej, ruchu kamienia w procy albo wody w krążącym naczyniu nie można nazwać ruchem rzeczywiście obrotowym, skoro jest on w dziwny sposób złożony z ruchów nie tylko naczynia lub procy, lecz również z dziennego ruchu Ziemi dookoła osi, miesięcznego ruchu Ziemi i Księżyca naokoło wspólnego środka ciężkości i rocznego

²³ Tamże.

²⁴ Por. Sklar, *Space, Time, and Spacetime*, 189.

²⁵ Tamże.

ruchu Ziemi naokoło Słońca; i z tego powodu każda cząstka kamienia lub wody zakresła linię stanowczo różniącą się od kolistej. Również nie istnieje dążność odosiowa, w którą można by wierzyć, ponieważ nie odnosi się do jakiejś osi w przestrzeni absolutnej²⁶.

Zdaniem Berkeleya wszelki ruch, zarówno jednostajny, jak i przyspieszony, ma charakter względny, o ruchu i przestrzeni możemy mówić tylko w powiązaniu z ciałami postrzegalnymi zmysłowo²⁷.

Gdybym więc założył, że cały świat, wyjąwszy moje własne ciało, został unicestwiony, i stwierdził, że pozostaje jeszcze czysta przestrzeń, to nie miałbym na myśli niczego innego, jak tylko to, że wydaje mi się możliwe, aby członki mego ciała poruszały się swobodnie bez jakiegokolwiek oporu, ale gdyby moje ciało również zostało unicestwione, wówczas nie byłoby żadnego ruchu, a zatem i przestrzeni²⁸.

Podobnie pojęcie czasu ma sens tylko wtedy, gdy mówimy przynajmniej o następstwie idei w umyśle²⁹, zatem z konieczności wiążemy pojęcie czasu ze zmianą.

Wiadro Newtona, a więc również kwestia istnienia przestrzeni absolutnej (a przynajmniej konieczności tego pojęcia w mechanice klasycznej), stało się źródłem wielu eksperymentów myślowych. Załóżmy, że w pustym Wszechświecie znajduje się tylko wiadro z wodą. Jeżeli już pominiemy dość oczywisty fakt, że w przypadku braku grawitacji do wiadra po prostu nie da się nalać wody, to czy możemy uogólnić ten eksperyment myślowy na wirowanie jakiegoś obiektu w pustym (pozbawionym mas) Wszechświecie, jak w przypadku dwóch kul połączonych liną? Czy wtedy również pojawiają się siły bezwładności, z istnienia których możemy wnosić o istnieniu przestrzeni absolutnej? Zdaniem Newtona tak, ponieważ masa jest absolutną i nierelacyjną własnością danego ciała (miarą ilości materii, zatem i miarą bezwładności) i nawet wówczas, gdyby w pustym Wszechświecie istniały jedynie dwie wiru-

²⁶ George Berkeley, „De motu sive de motus principio et natura et causa communicationis motum” (przekład na jęz. polski nieznanego autora), w: Stefan Sarnowski, *Berkeley. Zdrowy rozsądek i idealizm* (Warszawa: Klub Otrycki, redakcja „Colloquia Communia” oraz Wydział Propagandy RN ZSP, 1988), 105–106.

²⁷ George Berkeley, *Traktat o zasadach poznania ludzkiego, w którym poddano badaniu główne przyczyny błędów i trudności w różnych dziedzinach wiedzy oraz podstawy sceptycyzmu, ateizmu i niewiary*, przeł. Józef Salamon SJ (Kraków: Wydawnictwo Zielona Sowa, 2004), 71.

²⁸ Tamże, 71–72.

²⁹ Tamże, 63.

jące kule połączone liną, to doświadczenie przebiegałoby dokładnie tak samo, jak w realnym świecie. Oczywiście w takich przypadkach możemy rozważać wyłącznie eksperymenty myślowe. Tu jednak kryje się pewna trudność.

Ernst Mach zakwestionował prawomocność pewnych przeskoków myślowych w rozumowaniu Newtona, które polegają na przejściu od analizy zachowania wody w wiadrze w realnym świecie („jak pokazał mi eksperyment” – pisał Newton³⁰) do analizy wirujących kul w pewnym możliwym świecie, lecz całkiem różnym od faktycznie istniejącego, bo pozbawionym materii, a taki skok nie opiera się na indukcyjnej generalizacji i jest naukowo nieakceptowalny³¹. Mach twierdził ponadto, że bezwładność ciał nie jest ich absolutną własnością, lecz pochodzi od oddziaływania grawitacyjnego z resztą Wszechświata. Idea ta została nazwana przez Einsteina *zasadą Macha* i odegrała ważną rolę w pracach nad ogólną teorią względności. Gdybyśmy wyobrazili sobie Wszechświat zawierający, powiedzmy, połowę mniej materii niż nasz, wówczas bezwładność danego ciała byłaby o połowę mniejsza. W pustym Wszechświecie nie można byłoby mówić o masie i bezwładności, zatem pojęcie ruchu wirowego i sił odosiowych nie miałoby sensu.

Leibniz podał bardzo ważny argument przeciwko tezie o istnieniu absolutnej przestrzeni i absolutnego czasu, znany jako *argument z przesunięcia*. Jest on tym bardziej interesujący, że jego podstawą jest jedna z fundamentalnych własności przestrzeni mechaniki klasycznej, a mianowicie jej *jednorodność*. Oznacza ona po prostu, że gdy nie ma ciał w przestrzeni, wówczas jeden punkt przestrzeni nie różni się niczym od drugiego i są one empirycznie nierozróżnialne. Argument ten zakłada obowiązywalność zasady racji dostatecznej i związanej z nią zasady identyczności nierozróżnialnych. W istocie można rozróżnić dwa argumenty – z *przesunięcia statycznego* i z *przesunięcia kinetycznego* – które związane są z symetrią praw geometrii Euklidesa, a zatem i przestrzeni mechaniki Newtona, względem translacji i obrotów³². Pierwszy argument brzmi następująco:

Przestrzeń jest czymś absolutnie jednorodnym i gdy brak rzeczy w niej umieszczonych, jeden punkt przestrzeni nie różni się absolutnie niczym od punktu drugiego. Otóż przy założeniu, że przestrzeń sama w sobie jest czymś odmiennym od porządku, w jakim pozostają ciała względem siebie, okazuje się, że niemożliwe jest, aby istniała racja, dla jakiej Bóg, zachowując

³⁰ Newton, *Principia*, 186.

³¹ Por. Sklar, *Space, Time, and Spacetime*, 186.

³² Por. Maudlin, *Philosophy of Physics*, 146.

te same położenia ciał względem siebie, umieścić je w przestrzeni właśnie tak, a nie inaczej³³.

Nie ma racji dostatecznej, aby „materia przy zachowaniu tych samych położeń ciał względem siebie nie została w przestrzeni umieszczona inaczej”³⁴. To samo odnosi się do argumentu z przesunięcia kinetycznego – założmy, że cały świat porusza się ruchem jednostajnym prostoliniowym z dowolną prędkością v . Taka sytuacja byłaby empirycznie nieodróżnialna od spoczynku z przestrzeni absolutnej, a zatem zgodnie z zasadą racji dostatecznej są to te same sytuacje fizyczne.

Oczywiście, kwestie racji, jakimi kierował się Bóg, możemy w tym przypadku pominąć i przedstawić argument Leibniza następująco: jeśli przestrzeń jest jednorodna, to gdyby przesunąć całą zawartość materialną Wszechświata, powiedzmy „o metr w prawo”, wówczas taki stan rzeczy byłby całkowicie nieodróżnialny od stanu sprzed przesunięcia. Jaka zatem byłaby racja dostateczna istnienia świata w tym, a nie w innym miejscu przestrzeni absolutnej? Podobnie, gdyby czas istniał niezależnie od materii (jak sądził Newton), wówczas nie można byłoby znaleźć racji dostatecznej dla tego, że świat powstał w danym momencie, a nie – powiedzmy – rok wcześniej lub później³⁵. Zdaniem Leibniza jednak nic nie dzieje się bez racji, dlaczego jest takie, a nie inne, zatem nie ma racji dostatecznej dla przyjęcia poglądu o istnieniu absolutnego czasu i absolutnej przestrzeni. Są one jedynie systemami relacji między ciałami materialnymi i nie istnieją od nich niezależnie, są sposobami, w jaki porządkujemy zdarzenia.

Samuel Clarke odpowiada na argument z przesunięcia kinetycznego następująco: „Gdyby przestrzeń nie była niczym innym, jak porządkiem rzeczy współistniejących, wynikałoby z tego, że skoro Bóg poruszyłby z miejsca cały świat po linii prostej, z dowolną szybkością, pozostałby on nadal w tym samym miejscu, a także że nie wystąpiłby najmniejszy wstrząs przy najbardziej nagłym wstrzymaniu tego ruchu”³⁶. Zgodnie z fizyką Newtona w przypadku zatrzymania tego ruchu powinniśmy zaobserwować siły bezwładności, ponieważ przyspieszenie ma charakter absolutny. Jednak w przypadku argumentu z przesunięcia statycz-

³³ Leibniz, „Polemika z S. Clarke’iem. Trzecie pismo Leibniza”, w: Leibniz, *Wyznanie*, 336.

³⁴ Tamże, 337.

³⁵ Por. tamże.

³⁶ Leibniz, „Polemika z S. Clarke’iem. Trzecia odpowiedź Clarke’a”, w: Leibniz, *Wyznanie*, 343.

nego i kinetycznego (dopóki mamy do czynienia ze stałą prędkością ruchu) obydwie sytuacje są fizycznie nierozróżnialne, zatem niezgodne zarówno z zasadą identyczności nierozróżnialnych, jak i z zasadą racji dostatecznej.

Interesujące, że mimo upływu ponad trzech stuleci od sformułowania podstaw mechaniki klasycznej przez Newtona, nawet tak fundamentalne zagadnienie jak to, czy mechanika Newtona wymaga założenia istnienia przestrzeni absolutnej, nadal budzi kontrowersje wśród fizyków i filozofów. Na przykład Michał Heller pisze, że:

struktura mechaniki klasycznej rzeczywiście wymaga istnienia absolutnego czasu (tzn. absolutny czas jest częścią tej struktury), ale nie wymaga, a nawet nie dopuszcza istnienia absolutnej przestrzeni (a co za tym idzie, i absolutnego miejsca, i absolutnego ruchu). Wynika to z tego, że w mechanice klasycznej nie jest wyróżniony absolutny spoczynek, lecz jest wyróżniona pewna klasa ruchów, a mianowicie klasa ruchów inercjalnych, tzn. ruchów odbywających się bez przyspieszeń. Należy więc starannie rozróżniać pomiędzy poglądami na czas i przestrzeń samego Newtona a „poglądami” zakładanymi przez jego mechanikę³⁷.

Oczywiście przy rozwiązywaniu konkretnych problemów z fizyki nie zadajemy na ogół pytania o istnienie przestrzeni absolutnej – wystarczy wybrać pewien układ odniesienia, aby opisać ruch. W przypadku zagadnień dotyczących zjawisk z życia codziennego takim naturalnym układem odniesienia pozostaje powierzchnia Ziemi. W zasadzie wybór układu odniesienia ma charakter konwencjonalny i podyktowany jest wygodą – wybieramy po prostu taki układ, w którym rozwiązanie danego problemu jest najprostsze.

Pogląd na temat zbędności przestrzeni absolutnej w mechanice Newtona nie jest jednak powszechnie przyjmowany. W szczególności David Wallace zwraca uwagę na to, że w pierwszej zasadzie dynamiki Newtona mowa jest po prostu o *ruchu*, a nie o *ruchu względnym*³⁸: „Każde ciało zachowuje stan spoczynku lub ruchu jednostajnego wzdłuż linii pro-

³⁷ Michał Heller, *Filozofia przyrody. Zarys historyczny* (Kraków: Wydawnictwo Znak, 2004), 93. Można również spotkać się z poglądem, że pojęcie przestrzeni absolutnej Newtona jest pewnym „dodatkiem filozoficznym”, którego wprowadzenie ma raczej źródła teologiczne niż fizyczne. Newton absolutny czas i absolutną przestrzeń interpretował jako *sensorium dei*, czyli jako sposób, w który Bóg doświadcza Wszechświata i jest w dosłownym sensie obecny w każdym miejscu i każdym czasie.

³⁸ David Wallace, *Filozofia fizyki*, przeł. Wojciech Sady (Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, 2022), 34.

stej, chyba że jest zmuszone do zmiany tego stanu przez przyłożone do niego siły”³⁹. Okazuje się więc, że pytanie: „co to znaczy, że coś się porusza?” albo „względem czego określamy ruch?” nie jest wcale trywialne. Jak już wspomniano, w wielu przypadkach takim układem odniesienia jest Ziemia. Wiemy jednak, że Ziemia się obraca, porusza się wokół Słońca i – ściśle rzecz biorąc – nie stanowi inercjalnego układu odniesienia, w którym byłyby dokładnie spełnione prawa Newtona. Odległe gwiazdy, czyli tzw. gwiazdy stałe, również nie są – ściśle rzecz biorąc – stałe, ponieważ poruszają się względem siebie, podobnie galaktyki poruszają się względem siebie i żaden obiekt materialny nie może pełnić funkcji układu spoczynkowego. Wallace argumentuje, za Newtonem, że jedynie przestrzeń absolutna może być czymś, co pozwala zdefiniować układ spoczynkowy. Jest to oczywiście zgodne z absolutystycznym pojmowaniem przestrzeni jako różnego od materii bytu nieredukowalnego do relacji między ciałami materialnymi i stanowiącego rodzaj tła, na którym opisujemy ruch, a przyjęcie istnienia przestrzeni absolutnej jest na gruncie fizyki Newtona *konieczne*⁴⁰. Wallace podsumowuje swoje rozważania następująco: „Musimy wprowadzić przestrzeń absolutną, aby uzyskać «układ spoczynkowy», względem którego można określić ruchy używane w prawach Newtona (a w każdym razie potrzebujemy samego układu spoczynkowego, a nie da się go zastąpić żadnym układem określonym przez któreś z ciał materialnych)”⁴¹.

Racjonalista Leibniz miał jedynie program apriorycznej nauki o przyrodzie, opartej na „wielkich zasadach podstawowych” (niesprzeczności i racji dostatecznej), natomiast to empirysta Newton stworzył podstawy mechaniki klasycznej, która szybko osiągnęła spektakularne sukcesy i stała się na trzy stulecia paradygmatem naukowości (i nadal, mimo powstania teorii względności i mechaniki kwantowej, odgrywa fundamentalną rolę w strukturze fizyki współczesnej, chociaż wiadomo, że ma ograniczony zakres stosowalności). Jak to zwykle bywa w takich przypadkach, sukcesy teorii fizycznej sprzyjały akceptacji filozoficznych poglądów jej twórcy. Pomimo krytyki Leibniza, Berkeley’a i Macha koncepcja absolutnego czasu i absolutnej przestrzeni została powszechnie przyjęta w nauce. Sytuacja uległa radykalnej zmianie w 1905 roku.

³⁹ Newton, *Principia*, 197.

⁴⁰ Wallace, *Filozofia fizyki*, 36.

⁴¹ Tamże, 39.

Absolutyzm vs relacjonizm a szczególna teoria względności

Pod koniec XIX wieku dostrzeżono istotne sprzeczności między mechaniką Newtona i elektrodynamiką Maxwella. Obydwie teorie były wówczas dobrze potwierdzone empirycznie, ale okazało się, że równania Maxwella opisujące zjawiska elektromagnetyczne nie są niezmiennicze względem transformacji Galileusza, czyli nie zachowują swojej matematycznej postaci przy przejściu od jednego układu odniesienia do drugiego zgodnie z zasadą względności Galileusza. Powstała w ten sposób sytuacja kryzysowa w fizyce, co ostatecznie doprowadziło w 1905 roku do sformułowania przez Alberta Einsteina szczególnej teorii względności (STW)⁴², która w rewolucyjny sposób zmieniła nasze poglądy na temat czasu i przestrzeni. Nieudane próby wykrycia ruchu Ziemi względem eteru (doświadczenia Michelsona–Morleya) doprowadziły Einsteina do wniosku, że w odróżnieniu od innych prędkości prędkość światła w próżni c jest *absolutna i nie zależy od układu odniesienia*. Twierdzenie to, w połączeniu z uogólnieniem zasady względności Galileusza na wszelkie prawa fizyki (nie tylko mechaniki), nosi nazwę *szczególnej zasady względności*. Einstein sformułował ją następująco:

nie tylko zjawiska mechaniczne, ale również elektromagnetyczne nie mają żadnych cech związanych z pojęciem absolutnego spoczynku. Należy raczej sądzić, że te same prawa elektrodynamiki i optyki pozostają słuszne we wszystkich układach współrzędnych, w których są spełnione prawa mechaniki, co już wykazano dla wielkości pierwszego rzędu. Tę hipotezę (będziemy ją dalej nazywać „zasadą względności”) podniesiemy tutaj do rangi postulatu i wprowadzimy jeszcze jeden postulat, tylko pozornie sprzeczny z pierwszym, że światło zawsze rozchodzi się w próżni z określoną prędkością V i nie zależy ona od ruchu ciała emitującego światło⁴³.

Okazuje się, że *wszystkie* prawa fizyki pozostają niezmiennicze, jeśli transformację Galileusza zastąpimy *transformacją Lorentza*, która (dla przypadku jednowymiarowego) ma następującą postać:

⁴² Albert Einstein, „Zur Elektrodynamik bewegter Körper”, *Annalen der Physik* 17 (1905): 891–921. Polski przekład: „O elektrodynamice ciał w ruchu”, przeł. Piotr Amsterdamski, w: *Albert Einstein. 5 prac, które zmieniły oblicze fizyki* (Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego, 2000), 121–156.

⁴³ Einstein, „O elektrodynamice ciał w ruchu”, 121–122.

$$x' = (x - vt) \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

$$t' = \left(t - \frac{xv}{c^2}\right) \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

gdzie: c – prędkość światła w próżni, v – prędkość układu U' względem układu U . Łatwo zauważyć, że gdy prędkość v jest mała w porównaniu z prędkością światła w próżni c , transformacja Lorentza przechodzi w transformację Galileusza, czyli zachodzi formalna korespondencja obu transformacji.

STW ma ważne konsekwencje dla ontologii czasu i przestrzeni, a zatem również dla sporu Newtona z Leibnizem. W tym aspekcie jej najważniejsze konsekwencje są następujące:

1. Równoczesność zdarzeń jest względna – dwa zdarzenia równoczesne z perspektywy układu odniesienia U nie są równoczesne z perspektywy układu odniesienia U' poruszającego się względem niego.
2. Czas jest względny – tempo upływu czasu zależy od układu odniesienia (w „poruszającym się” układzie czas płynie wolniej – względem układu spoczywającego). Efekt ten nazywamy *dylatacją czasu*:

$$\Delta t = \Delta t_0 \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

3. Przestrzeń jest względna – interwały przestrzenne mierzone w „spoczywającym” i „poruszającym się” układzie odniesienia są różne (ciała w ruchu skracają się – względem układu spoczywającego). Efekt ten nazywamy *kontrakcją przestrzeni*:

$$l = l_0 \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}.$$

Jednym z fundamentalnych pytań filozoficznych jest pytanie o to, co jest realne, czyli – jak rzecz ujął Willard van Orman Quine – istnienie jakich bytów postuluje dana teoria naukowa? Otóż teoria „zakłada istnienie tych i tylko tych bytów, których występowanie wśród zmiennych

kwantyfikacji tej teorii jest koniecznym warunkiem prawdziwości jej twierdzeń⁴⁴. Dla fizyka użytecznym kryterium realności jest *niezmienniczość względem grupy transformacji układu współrzędnych*. W STW są to transformacje Lorentza. Ani interwały czasowe (czas), ani interwały przestrzenne (przestrzeń) nie są niezmiennicze względem transformacji Lorentza, zatem osobno wzięte czas i przestrzeń nie zasługują na miano obiektywnych realności fizycznych (absolutnych). W tym sensie można powiedzieć, że STW wyeliminowała z ontologii fizyki absolutny czas i absolutną przestrzeń Newtona, rozumiane jako odrębne i niezależne od siebie realności fizyczne. Jak ujął to Hermann Minkowski, który nadał STW elegancką matematyczną postać używaną do dziś: „Od tej pory czas i przestrzeń rozważane każde oddzielnie są skazane na odejście w cień, a przetrwa tylko połączenie tych dwóch wielkości”⁴⁵. W kontekście sporu między Newtonem a Leibnizem pojawia się zatem pytanie: czy po niemal trzech stuleciach panowania absolutystycznej koncepcji czasu i przestrzeni możemy mówić o zwycięstwie relacjonizmu Leibniza?

Okazuje się, że sprawa nie jest prosta i – co niezmiernie interesujące – zarówno zwolennicy substancjalizmu, jak i zwolennicy relacjonizmu powołują się na teorię względności i wypowiedzi samego Einsteina⁴⁶. Twórca STW często podkreślał, że „przestrzeń” jest terminem niejasnym i powinniśmy mówić o ruchu „względem praktycznie sztywnego ciała (układu) odniesienia”⁴⁷ oraz że „nie możemy mówić o przestrzeni w ogóle (abstrakcyjnej), a tylko o «przestrzeni należącej do ciała A»”⁴⁸. „Przestrzeń” (odległości przestrzenne) to po prostu wyniki pomiarów dokonywanych za pomocą pręta mierniczego, podobnie „czas” jest dla fizyka po prostu tym, co mierzy zegar. Stwierdzenia te brzmią niewątpliwie w duchu relacjonizmu. STW odrzuca wprawdzie stanowisko absolutystyczne w odniesieniu osobno do czasu i osobno do przestrzeni, jednak *interwał czasoprzestrzenny* dS , czyli odległość między zdarzeniami w czasoprzestrzeni, jest niezmienniczy względem transformacji

⁴⁴ Willard van O. Quine, „O tym, co istnieje”, przeł. Barbara Stanosz, w: Willard van O. Quine, *Z punktu widzenia logiki* (Warszawa: PWN, 1969), 33.

⁴⁵ Hermann Minkowski, cyt. w: Abraham Pais, *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, przeł. Piotr Amsterdamski (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2001), 159.

⁴⁶ Robert Rynasiewicz, „Absolute Versus Relational Space-Time: An Outmoded Debate?”, *The Journal of Philosophy* 93(6) (1996): 280.

⁴⁷ Albert Einstein, *O szczególnej i ogólnej teorii względności (wykład przystępny)*, przeł. M. T. Huber (Kraków: Copernicus Center Press, 2026), 58.

⁴⁸ Einstein, *Istota teorii względności*, 13.

Lorentza, zatem obiektywny i absolutny. Kwadrat interwału czasoprzestrzennego dany jest wzorem:

$$dS^2 = dc^2t^2 - dx^2 - dy^2 - dz^2.$$

STW dokonała unifikacji pojęć czasu i przestrzeni w czterowymiarową *absolutną czasoprzestrzeń*⁴⁹. Czasoprzestrzeń Minkowskiego jest absolutna w tym sensie, że jest nieredukowalna do relacji między ciałami i posiada określoną metrykę (różną od euklidesowej metrykę Minkowskiego), która jest niezależna od rozkładu materii, to znaczy taka sama bez względu na to, czy rozpatrujemy Wszechświat pozbawiony materii, czy też uwzględniamy zawartość materialną Wszechświata⁵⁰. Einstein ujął to następująco:

Podobnie jak z punktu widzenia mechaniki newtonowskiej można wypowiedzieć dwa zgodne twierdzenia: *tempus est absolutum, spatium est absolutum*, tak z punktu widzenia szczególnej teorii względności musimy stwierdzić: *continuum spatii et temporis est absolutum*. W tym ostatnim twierdzeniu absolutum znaczy nie tylko „fizycznie rzeczywiste”, ale również „niezależne pod względem własności fizycznych, oddziałujące fizycznie, ale nie podlegające wpływom warunków fizycznych”⁵¹.

Absolutny charakter czasoprzestrzeni STW prowadzi jednak do poważnych trudności, ponieważ wszelkie oddziaływania fizyczne mają charakter *wzajemnego oddziaływania*, co wynika bezpośrednio z trzeciej zasady dynamiki Newtona. Einstein, nawiązując do zasady Macha, pisał, że „pojęcie czegoś (kontinuum czasoprzestrzennego), co może oddziaływać na inne rzeczy, ale nie ulega oddziaływaniu, jest sprzeczne ze sposobem myślenia naukowego”⁵².

Z STW nie da się zatem zaczerpnąć argumentów, które jednoznacznie przemawiałyby albo za koncepcją absolutystyczną Newtona, albo za koncepcją relacjonistyczną Leibniza w odniesieniu do statusu ontologicznego *czasoprzestrzeni*.

⁴⁹ Por. Brian Greene, *Struktura kosmosu. Przestrzeń, czas i struktura rzeczywistości*, przeł. Elżbieta L. Łokas, Bogumił Bieniok (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2005), 72.

⁵⁰ Por. Sklar, *Space, Time, and Spacetime*, 206.

⁵¹ Einstein, *Istota teorii względności*, 59.

⁵² Tamże.

Absolutyzm vs relacjonizm a ogólna teoria względności

Wiadomo, że zakres stosowalności STW jest ograniczony do układów poruszających się ze stałą prędkością (bez przyspieszeń). Kolejnym krokiem Einsteina w kierunku unifikacji pojęć czasu, przestrzeni i materii była sformułowana w 1915 roku ogólna teoria względności (OTW), czyli einsteinowska teoria grawitacji, która wyeliminowała z fizycznego obrazu świata pojęcie siły działającej na odległość, utożsamiając grawitację z zakrzywieniem czasoprzestrzeni. Jej podstawą jest *ogólna zasada względności* (lub *zasada równoważności*), czyli twierdzenie, że pole grawitacyjne jest lokalnie równoważne polu bezwładności – sytuacje takie, że obserwator spoczywa w polu grawitacyjnym jakiegoś ciała (np. Ziemi) i porusza się z odpowiednim przyspieszeniem w przestrzeni kosmicznej, są fizycznie nierozróżnialne⁵³. Dla tematu niniejszego artykułu najważniejsze z OTW jest to, że czasoprzestrzeni nie traktuje się w niej jako biernego tła zdarzeń, ale jako obiekt dynamiczny, który determinuje ruch ciał, a sam (przez metrykę czasoprzestrzeni) ulega zmianom w zależności od rozkładu materii:

$$R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} R g_{\mu\nu} + \Lambda g_{\mu\nu} = \frac{8\pi G}{c^4} T_{\mu\nu},$$

gdzie: $R_{\mu\nu}$ – tensor krzywizny Ricciego, R – skalar krzywizny Ricciego, $g_{\mu\nu}$ – tensor metryczny, $T_{\mu\nu}$ – tensor energii-pędu, Λ – stała kosmologiczna⁵⁴, G – stała grawitacji.

Popularne powiedzenie Johna A. Wheelera głosi, że materia „mówi czasoprzestrzeni”, jak ma się zakrzywiać, zakrzywiona czasoprzestrzeń „mówi materii”, jak ma się poruszać⁵⁵. W OTW ruch swobodny ciał odby-

⁵³ Przynajmniej bez porównania z jakimś zewnętrznym układem odniesienia. W przypadku istnienia grawitacji musi być oczywiście źródło pola grawitacyjnego w postaci mas, natomiast ruch przyspieszony takiego źródła nie wymaga.

⁵⁴ Stała kosmologiczna Λ (niem. *kosmologische Glied*) została wprowadzona do równań OTW przez Einsteina w 1917 roku w celu otrzymania modelu statycznego Wszechświata. Po odkryciu ucieczki galaktyk przez Hubble’a usunął ją z równań, a później nazwał jej wprowadzenie „największą pomyłką w życiu”. Por. Michael R. Gardner, „Relationism and Relativity”, *The British Journal for the Philosophy of Science* 28(3) (1977): 222. Interesujące, że stała kosmologiczna jest ponownie wprowadzana do równań OTW, ale nie w celu otrzymania modelu statycznego Wszechświata, ale aby wyjaśnić akcelerację jego ekspansji.

⁵⁵ Por. Walter Isaacson, *Einstein. Jego życie i wszechświat*, przeł. Jan Skowroński (Kraków: Insignis, 2025), 274.

wa się po *liniach geodezyjnych*, czyli odpowiednikach prostych euklidesowych w zakrzywionej czasoprzestrzeni. Można to interpretować jako niemal fizyczny wpływ czasoprzestrzeni na ruch materii, a zatem mocny argument na rzecz fizycznej realności czasoprzestrzeni⁵⁶. Einstein, tworząc OTW, był zafascynowany relacjonistyczną koncepcją Macha, głoszącą, że bezwładność jest rezultatem oddziaływania danego ciała z innymi masami, nie zaś efektem działania „samej przestrzeni”, a pojęcie ruchu ciała ma sens jedynie w odniesieniu do innych ciał. Okazuje się jednak, że OTW nie eliminuje pojęcia absolutnego ruchu, a w szczególności absolutnego przyspieszania (jak w doświadczeniu z wiadrzem Newtona), zatem „czasoprzestrzeń – będąc wcieleniem grawitacji – jest tak rzeczywista w ogólnej teorii względności, że wielu relacjonistów akceptuje fakt, że stanowi ona punkt odniesienia dla ruchu”⁵⁷. Jak podkreśla Brian Greene, ściśle rzecz biorąc, przez „czasoprzestrzeń” należy w OTW rozumieć różniczkową wyposażoną w metrykę spełniającą równania Einsteina. W takim rozumieniu „czasoprzestrzeń z metryką jest bytem”⁵⁸.

Z równań OTW wynika wiele tak zaskakujących efektów, że co do niektórych sam Einstein miał poważne wątpliwości, czy są realne. Dla sporu absolutyzm – relacjonizm z pewnością istotne znaczenie ma istnienie *fal grawitacyjnych*, czyli zaburzeń samej czasoprzestrzeni. Zostało ono przewidziane przez OTW i potwierdzone empirycznie w 2016 roku w niezwykle precyzyjnych detektorach LIGO, a później także Virgo⁵⁹. Fale grawitacyjne okazały się fizyczną realnością, zatem jest to mocny argument na rzecz fizycznej realności czasoprzestrzeni, a więc również stanowiska substancjalistycznego⁶⁰. Relacje należą bowiem do kategorii przedmiotów idealnych, a byty idealne oczywiście nie mogą ulegać fizycznym oddziaływaniom.

W sporze o status ontologiczny czasoprzestrzeni pojawiła się także nowa wersja argumentu Leibniza z przesunięcia, zwana *argumentem dziury* (*whole argument*), który został pierwotnie sformułowany przez

⁵⁶ Por. Tomasz Bigaj, *Wprowadzenie do filozofii dla fizyków* (Warszawa: Teksty Filozoficzne, 2024), 216.

⁵⁷ Greene, *Struktura kosmosu*, 91.

⁵⁸ Tamże, 90.

⁵⁹ Szczegółową historię odkrycia fal grawitacyjnych zawiera monografia: Nathalie Deruelle, Jean-Pierre Lasota, *Fale grawitacyjne. Nowa era astrofizyki*, przeł. Katarzyna Szeżyńska-Maćkowiak (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2019).

⁶⁰ Por. Tim Maudlin, „Buckets of Water and Waves of Space: Why Spacetime Is Probably a Substance”, *Philosophy of Science* 60(2) (1993): 201.

Einsteina (1913)⁶¹, a następnie zmodyfikowany przez Johna Earmana i Johna Nortona⁶². Oczywiście różni się on od pierwotnej wersji argumentu Leibniza z przesunięcia statycznego, ponieważ geometria czasoprzestrzeni OTW zależy od rozkładu mas, nie wykazuje zatem ani symetrii translacyjnej, ani obrotowej, jednak traktowany jest zwykle jako współczesna wersja argumentu Leibniza.

Model czasoprzestrzeni OTW ma postać $\langle M, g, T \rangle$, gdzie M jest czterowymiarową rozmaitością różniczkowalną, g tensorem metrycznym, T tensorem energii-pędu. *Dyfeomorfizmem* nazywamy odwzorowanie $f: M \rightarrow M'$, które jest: 1) bijekcją (odwzorowaniem różnowartościowym zbioru na zbiór); 2) odwzorowaniem gładkim (ma pochodne wszystkich rzędów); 3) jego odwrotność f^{-1} jest również odwzorowaniem gładkim. Innymi słowy, dyfeomorfizmem jest każde przekształcenie przestrzeni zachowujące bliskość punktów (dopuszczalne są np. rozciąganie i deformacja przestrzeni, ale bez jej rozrywania czy sklejania). Otóż istnieje pewien szczególny dyfeomorfizm czasoprzestrzeni, zwany *dyfeomorfizmem dziury* (d), który przesuwają punkty tylko w pewnym obszarze (zwanym właśnie „dziurą”), pozostawiając resztę czasoprzestrzeni niezmienną⁶³. Jest to więc przekształcenie identycznościowe w obszarze poza dziurą oraz niewiele i w sposób gładki różniące się od identyczności w obszarze dziury H . Jeżeli model $\langle M, g, T \rangle$ jest rozwiązaniem równań pola Einsteina, to również model po przekształceniu $d \langle M, g', T' \rangle$ jest rozwiązaniem. Ponieważ dyfeomorfizm zachowuje relacje między punktami czasoprzestrzeni, a zatem zachowuje także wszystkie relatywne położenia i prędkości ciał, to układy obiektów reprezentowane przez różne modele $\langle M, g, T \rangle$ i $\langle M, g', T' \rangle$ są nierozróżnialne obserwacyjnie.

Dla zwolennika substancjalizmu modele te różnią się od siebie lokalizacją obiektów, która sama w sobie jest jednak nieobserwowalna, ponieważ obserwowalne są jedynie relacje między obiektami. Ze względu na to, że modele $\langle M, g, T \rangle$ i $\langle M, g', T' \rangle$ są różne, substancjalista zmuszony jest do odrzucenia zasady identyczności nierozróżnialnych Leibniza, zgodnie z którą dwa dyfeomorficzne modele reprezentują tę samą sytuację fizyczną. Prowadzi to do *indeterminizmu*, ponieważ stan układu poza dziurą nie wyznacza jednoznacznie stanu układu

⁶¹ Por. Jerzy Gołosz, *Spór o naturę czasu i przestrzeni* (Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2001), 66.

⁶² John Earman, John Norton, „What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story”, *The British Journal for the Philosophy of Science* 38(4) (1987): 515–525.

⁶³ John Norton, „The Hole Argument”, *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 2 (1988): 56.

wewnątrz dziury H niezależnie od tego, jak mały obszar H wybierzemy⁶⁴. Oczywiście determinizm teorii może okazać się fałszywy, ale jak podkreślają Earman i Norton, powinno to wynikać z powodów fizycznych, nie zaś z założeń metafizycznych, tzn. uznania substancjalności czasoprzestrzeni, które można wyeliminować bez naruszania empirycznych konsekwencji teorii⁶⁵. Argument dziury pokazuje, że substancjalistyczne rozumienie różniczkowej i traktowanie jej punktów jako fizycznych indywiduów jest problematyczne. Najsilniej podważa on najbardziej radykalną wersję substancjalizmu zakładającą wewnętrzną tożsamość (*haecceitas*) punktów czasoprzestrzeni⁶⁶.

Relacjonistyczna interpretacja czasoprzestrzeni OTW również stoi jednak przed poważnymi trudnościami. Za Michaeliem R. Gardnerem za najważniejsze z nich można uznać następujące⁶⁷: 1) w rozwiązaniu Gödla równań pola cała masa Wszechświata znajduje się w absolutnej rotacji, co jest nonsensowne z punktu widzenia relacjonizmu; 2) aby uzyskać konkretne rozwiązanie równania pola, konieczne jest uwzględnienie nie tylko rozkładu materii określonej w tensorze energii-pędu $T_{\mu\nu}$, lecz także warunków brzegowych w nieskończoności; 3) istnienie rozwiązań równania pola dla pustych czasoprzestrzeni pokazuje, że zgodnie z OTW czasoprzestrzeń może mieć strukturę niezależną od materii; 4) nie ma sensu mówić o rozkładzie materii determinującym geometrię, ponieważ geometria jest wymagana do określenia rozkładu mas; 5) czterowymiarowy charakter równania pola sprawia, że nie nadaje się ono do opisu rodzaju wpływu przyczynowego, o którym mówi zasada Macha. Równanie rozwiązuje się przez określenie $T_{\mu\nu}$ i ewentualnie warunków brzegowych w całej czasoprzestrzeni. Nie jest zatem jasne, w jaki sposób można by wykorzystać to równanie w zwykłej metodzie badania wpływów przyczynowych: przez określenie warunków początkowych w jednym momencie i wykorzystanie praw ewolucji do określenia warunków wynikowych w późniejszym czasie.

Współczesne dyskusje nad zagadnieniem statusu ontologicznego czasu i przestrzeni koncentrują się głównie na filozoficznych interpretacjach czasoprzestrzeni STW i OTW. Jak wynika z przeprowadzonych analiz, zarówno zwolennicy relacjonizmu, jak i zwolennicy absolutyzmu czerpią argumenty z teorii Einsteina, a dawny spór między Newtonem i Leibnizem jest kontynuowany z uwzględnieniem coraz to bardziej

⁶⁴ Earman, Norton, „What Price Spacetime Substantivalism?": 524.

⁶⁵ Tamże.

⁶⁶ Por. Luty, *Ontologie strukturalne czasoprzestrzeni*, 184.

⁶⁷ Por. Gardner, „Relationism and Relativity": 223.

wyrafinowanych argumentów i jak dotąd nadal aktualny oraz daleki od rozstrzygnięcia⁶⁸.

Problem realności upływu czasu – eternalizm vs prezentyzm

Spór między absolutyzmem a relacjonizmem nie wyczerpuje oczywiście filozoficznych zagadnień czasu i przestrzeni. Wprawdzie z punktu widzenia fizyki współczesnej nie można mówić o czasie w oderwaniu od przestrzeni (zgodnie z teorią względności istniejemy w czterowymiarowym kontinuum czasoprzestrzennym), jednak istnieją co najmniej dwa ważne zagadnienia dotyczące szczególnie czasu – problem strzałki czasu i spór prezentyzmu z eternalizmem. Ten drugi problem ma istotny związek z interpretacjami czasoprzestrzeni STW.

Niezależnie od tego, czy jesteśmy zwolennikami absolutyzmu, czy relacjonizmu, pojęcie „upływu czasu” należy niewątpliwie do podstawowych elementów ludzkiego doświadczenia – pamiętamy przeszłość, a nie przyszłość, robimy się starsi, a nie młodszy, sądzymy, że przeszłość jest zdeterminowana, a przyszłość otwarta, że przeszłości już nie ma, a przyszłości jeszcze nie ma, i obserwujemy określone ukierunkowanie zdarzeń w czasie. Przed powstaniem szczególnej teorii względności intuicyjny podział na przeszłość i przyszłość nie budził kontrowersji zarówno dla absolutysty, jak i dla relacjonisty. Wprawdzie już w starożytnej filozofii przyrody Parmenides kwestionował realność wszelkiej zmiany, a zatem i realność upływu czasu, jednak pogląd heraklitejski, głoszący, że „wszystko płynie”, a czasowość i zmienność są podstawowymi aspektami świata przyrody, wydawał się niekwestionowalny i zgodny z codziennym doświadczeniem.

Sytuacja uległa radykalnej zmianie po sformułowaniu STW. W czasoprzestrzeni Minkowskiego hiperpłaszczyzna teraźniejszości, a zatem również podział zdarzeń na przeszłe i przyszłe jest zrelatywizowany do układu odniesienia („obserwatora”) i nie ma charakteru absolutnego, tak jak w teorii Newtona. Innymi słowy – zdarzenia, które z perspektywy jednego obserwatora (fizycznego układu odniesienia) należą do

⁶⁸ W dyskusjach nad statusem ontologicznym czasoprzestrzeni ogólnej teorii względności sformułowano wiele różnych odmian stanowisk absolutystycznych, relacjonistycznych, substancjalistycznych i strukturalistycznych, których nawet pobieżna analiza wykracza poza ramy niniejszego artykułu oraz poza klasyczne stanowiska Newtona i Leibniza. Szczegółowe omówienie tych zagadnień por. Luty, *Ontologie strukturalne czasoprzestrzeni*.

przeszłości, z perspektywy innego obserwatora należą do przyszłości. Jest to bezpośrednia konsekwencja skończonej wartości prędkości światła i faktu, że prędkość światła w próżni jest maksymalną prędkością, z jaką mogą rozchodzić się jakiegokolwiek oddziaływania (można ją określić jako „prędkość przyczynowości”). Powstaje oczywiście problem, czy w takim razie upływ czasu i podział czasu na przeszłość i przyszłość mają charakter obiektywny.

Eternalizm jest stanowiskiem w filozofii czasu, według którego nie ma obiektywnej różnicy ontycznej między przeszłością a przyszłością – istnieją one tak samo, a upływ czasu jest – jak ujął rzecz Einstein – jedynie iluzją świadomości: „Dla nas, wyznawców fizyki, rozróżnienie pomiędzy przeszłością, teraźniejszością a przyszłością jest niczym innym, jak uparcie podtrzymywaną iluzją”⁶⁹. To, co nazywamy teraźniejszością, jest jedynie chwilowym przekrojem czterowymiarowej czasoprzestrzeni, w której zdarzenia nie pojawiają się ani nie znikają, ale po prostu istnieją. Taka filozoficzna interpretacja czasoprzestrzeni Minkowskiego zwana jest również koncepcją *Wszechświata blokowego* (*Block Universe*) albo *świata parmenidesowego*. Eternalizm łączy się oczywiście z determinizmem i ma mocne ugruntowanie w czasoprzestrzeni STW. Zdaniem niektórych fizyków i filozofów spór między eternalizmem a prezentyzmem jest więc jednoznacznie rozstrzygnięty. Na przykład Sabine Hossenfelder pisze: „Z odkrytych do tej pory praw przyrody wynika, że przyszłość, teraźniejszość i przeszłość istnieją w taki sam sposób. Bierze się to stąd, że bez względu na to, co dokładnie rozumiemy przez słowo istnieć, w odkrytych prawach nie ma niczego, co wyróżniałoby jedną określoną chwilę. Zatem przeszłość istnieje w taki sam sposób jak teraźniejszość”⁷⁰.

Stanowisko to prowadzi jednak do poważnych problemów. Otóż eternalizm traktuje upływ czasu jako złudzenie świadomości, nie wyjaśnia jednak, w jaki sposób to złudzenie powstaje. Wszelkie procesy świadomościowe przebiegają w czasie i „jeżeli mamy stwarzać iluzję upływu czasu, to musimy to robić w czasie”⁷¹. Jeżeli nasza świadomość wytwarza jedynie iluzję upływu czasu, to należy wyjaśnić, jak powstaje subiektywne przekonanie o realności upływu czasu, a STW nic nie mówi na ten

⁶⁹ Albert Einstein, „List kondolencyjny do rodziny przyjaciela Michela Besso z dn. 21 marca 1955”, Archiwum Einsteina 7-215, w: Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, przeł. Michał Krośniak (Warszawa: Prószyński i S-ka, 1997), 85.

⁷⁰ Sabine Hossenfelder, *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki*, przeł. Bogumił Bieniok, Elżbieta L. Łokas (Kraków: Copernicus Center Press, 2023), 43.

⁷¹ Jerzy Gołosz, *Upływ czasu i ontologia* (Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2011), 33.

temat. Eternalizm zakłada „radykalny dualizm czasowego świata i czasowej świadomości”⁷², ale nie oferuje żadnej teorii, która wyjaśniałaby, w jaki sposób konstryuuje się czasowość świadomości w beczasowym świecie. Z punktu widzenia metafizyki naturalistycznej doświadczenie upływu czasu, tak jak wszelkie procesy świadomościowe, musi mieć ostatecznie podłoże w procesach fizycznych zachodzących w mózgu, ale mózg jest częścią świata fizycznego i jeśli świat ten jest aczasowy, to w jaki sposób świadomość może wykazywać charakter czasowy?

Dlatego prezentyzm, czyli stanowisko przyjmujące obiektywność upływu czasu, a więc realność teraźniejszości oraz nierealność przeszłości i przyszłości, ma nadal swoich zwolenników. Oczywiście współczesna argumentacja nie odwołuje się już do newtonowskiego czasu absolutnego, ale wymaga skonstruowania relatywistycznego odpowiednika pojęcia teraźniejszości, który byłby zgodny z STW. Do tego potrzeba jednak „radykalnej zmiany naszych wyobrażeń dotyczących tego, czym jest teraźniejszość i czym jest upływ czasu”⁷³. Prezentyzm jest również niewątpliwie stanowiskiem bliższym naszym fundamentalnym intuicjom, czego w dyskusjach filozoficznych nie należy całkowicie ignorować. Poza tym, jeżeli przyjmemy antyrealistyczną czy też instrumentalistyczną interpretację czasoprzestrzeni Minkowskiego, okaże się ona jedynie wygodnym sposobem opisu zdarzeń, przez co implikacje ontologiczne STW nie będą już tak mocno uzasadnione.

Wnioski

Spór Newtona z Leibnizem dotyczący ontologicznego statusu czasu i przestrzeni prowadzony był na gruncie filozoficznych interpretacji mechaniki klasycznej. Współcześnie teoretyczną podstawą dyskusji między absolutyzmem a relacjonizmem są przede wszystkim filozoficzne interpretacje czasoprzestrzeni STW i OTW Einsteina. W świetle teorii względności kwestia aktualności sporu przedstawia się następująco:

1. STW wyeliminowała z fizycznego obrazu świata absolutny czas i absolutną przestrzeń Newtona rozumiane jako niezależne od siebie realności fizyczne i zastąpiła je czterowymiarową cza-

⁷² Jan Czerniawski, *Ruch, przestrzeń, czas. Prototypy i metafizyczne aspekty podstaw fizyki relatywistycznej* (Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego, 2009), 222.

⁷³ Jerzy Gołosz, „Upływ czasu i teoria względności”, *Filozofia Nauki* 1(73) (2011): 108.

przestrzenią Minkowskiego. Wielu filozofów upatrywało w tym tryumf relacjonizmu Leibniza. Czasoprzestrzeń STW pozostaje jednak absolutna w podobnym sensie, w jakim absolutna przestrzeń Newtona, a OTW nie jest pełną realizacją zasady Macha i czasoprzestrzeń nie daje się zredukować do relacji między obiektami materialnymi, lecz przysługuje jej fizyczna realność.

2. Przyjmowana przez Newtona realność upływu czasu, absolutny charakter teraźniejszości i obiektywny podział na przeszłość i przyszłość są kwestionowane na gruncie eternalistycznej interpretacji czasoprzestrzeni Minkowskiego STW, jednak prezentyzm przyjmujący realność upływu czasu ma również swoich zwolenników.
3. Spór między empiryzmem (Newton) a racjonalizmem (Leibniz) dotyczący epistemologicznych podstaw naukowego obrazu świata również jest daleki od rozstrzygnięcia. Niewątpliwie zgodność z doświadczeniem pozostaje fundamentalnym kryterium poprawności teorii fizycznej, jednak fizycy stosują także różne pozaempiryczne kryteria oceny teorii naukowych, takie jak prostota, piękno, elegancja i naturalność. Einstein o swojej drodze do sformułowania OTW pisał następująco: „Coraz bardziej wątpiłem w możliwość odkrycia prawdziwych praw przez próby ich konstruowania w oparciu o znane fakty. Im dłużej i z większym oporem próbowałem, tym bardziej dochodziłem do przekonania, że do poprawnych wyników może doprowadzić tylko odkrycie uniwersalnej zasady formalnej”⁷⁴.

Warto na zakończenie zwrócić uwagę na to, że spór między abso-lutyzmem a relacjonizmem daleko wykracza poza zagadnienie statusu ontologicznego czasu i przestrzeni. Dotyczy on bowiem również podstawowych własności wszystkich obiektów fizycznych. Na przykład Lee Smolin utrzymuje, że teorie współczesnej fizyki, takie jak mechanika kwantowa, „odchodzą od newtonowskiego obrazu absolutnych własności w stronę innego poglądu, który można nazwać obrazem relacyjnym. Pogląd ten nie jest nowy. Głosił go Leibniz, krytykując fizykę newtonowską”⁷⁵. Carlo Rovelli przedstawił relacyjną interpretację mechaniki kwantowej, w której *wszelkie* własności obiektów fizycznych ujmowane

⁷⁴ Albert Einstein, *Zapiski autobiograficzne*, przeł. Jerzy Bieroń (Kraków: Wydawnictwo Znak, 1996), 33.

⁷⁵ Lee Smolin, *Życie wszechświata. Nowe spojrzenie na kosmologię*, przeł. Dorota Czyżewska (Warszawa: Amber, 1998), 25–26; Lee Smolin, *Niedokończona rewolucja Einsteina. W poszukiwaniu tego, co leży poza granicami teorii kwantowej*, przeł. Urszula Seweryńska, Michał Seweryński (Warszawa: Prószyński i S-ka, 2021).

są w kategoriach relacji⁷⁶. Zagadnienia te wykraczają jednak poza ramy niniejszego artykułu i wymagałyby osobnego opracowania.

Bibliografia

- Arystoteles. 1990. *Fizyka*, IV, 218 b–219 b, przeł. Kazimierz Leśniak. W: Arystoteles, *Dzieła wszystkie*, t. 2: *Fizyka. O niebie. O powstawaniu i niszczeniu. Meteorologia. O świecie. Metafizyka*. Warszawa: PWN.
- Berkeley George. 1988. „De motu sive de motus principio et natura et causa communicationis motum” (przekład na język polski nieznanego autora). W: Stefan Sarnowski, *Berkeley. Zdrowy rozsądek i idealizm*. Warszawa: Klub Otrycki, redakcja „Colloquia Communia” oraz Wydział Propagandy RN ZSP.
- Berkeley George. 2004. *Traktat o zasadach poznania ludzkiego, w którym poddano badaniu główne przyczyny błędów i trudności w różnych dziedzinach wiedzy oraz podstawy sceptycyzmu, ateizmu i niewiary*, przeł. Józef Salamon SJ. Kraków: Wydawnictwo Zielona Sowa.
- Bigaj Tomasz. 2024. *Wprowadzenie do filozofii dla fizyków*. Warszawa: Teksty Filozoficzne.
- Czerniawski Jan. 2009. *Ruch, przestrzeń, czas. Protofizyczne i metafizyczne aspekty podstaw fizyki relatywistycznej*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Deruelle Nathalie, Jean-Pierre Lasota. 2019. *Fale grawitacyjne. Nowa era astrofizyki*, przeł. Katarzyna Szeżyńska-Maćkowiak. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Earman John, John Norton. 1987. „What Price Spacetime Substantivalism? The Hole Story”. *The British Journal for the Philosophy of Science* 38(4): 515–525.
- Einstein Albert. 1905. „Zur Elektrodynamik bewegter Körper”. *Annalen der Physik* 17: 891–921.
- Einstein Albert. 1996. *Zapiski autobiograficzne*, przeł. Jerzy Bieroń. Kraków: Wydawnictwo Znak.
- Einstein Albert. 1997. *Istota teorii względności*, przeł. Andrzej Trautman. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Einstein Albert. 1997. „List kondolencyjny do rodziny przyjaciela Michela Besso z dn. 21 marca 1955”. *Archiwum Einsteina* 7-215. W: Alice Calaprice, *Einstein w cytatach*, przeł. Michał Krośniak. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Einstein Albert. 2000. „O elektrodynamice ciał w ruchu”, przeł. Piotr Amsterdamski. W: *Albert Einstein. 5 prac, które zmieniły oblicze fizyki*, 121–156. Warszawa: Wydawnictwa Uniwersytetu Warszawskiego.
- Einstein Albert. 2026. *O szczególnej i ogólnej teorii względności (wykład przystępny)*, przeł. M. T. Huber. Kraków: Copernicus Center Press.

⁷⁶ Por. Carlo Rovelli, *Helgoland. Znaczenie kwantowej rewolucji*, przeł. Bogumił Bieniok, Elżbieta L. Łokas (Łódź: JK Wydawnictwo, 2021).

- Gardner Michael R. 1977. „Relationism and Relativity”. *The British Journal for the Philosophy of Science* 28(3): 215–233.
- Gołosz Jerzy. 2001. *Spór o naturę czasu i przestrzeni*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Gołosz Jerzy. 2011. *Upływ czasu i ontologia*. Kraków: Wydawnictwo Uniwersytetu Jagiellońskiego.
- Gołosz Jerzy. 2011. „Upływ czasu i teoria względności”. *Filozofia Nauki* 1(73): 95–131.
- Greene Brian. 2005. *Struktura kosmosu. Przestrzeń, czas i struktura rzeczywistości*, przeł. Elżbieta L. Łokas, Bogumił Bieniok. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Heller Michał. 2004. *Filozofia przyrody. Zarys historyczny*. Kraków: Wydawnictwo Znak.
- Hossenfelder Sabine. 2023. *Czy Wszechświat myśli? I inne ważne pytania nauki*, przeł. Bogumił Bieniok, Elżbieta L. Łokas. Kraków: Copernicus Center Press.
- Isaacson Walter. 2025. *Einstein. Jego życie i wszechświat*, przeł. Jan Skowroński. Kraków: Insignis.
- Leibniz Gottfried Wilhelm. 1969. „Zasady filozofii, czyli monadologia”, przeł. Stanisław Cichowicz. W: Gottfried Wilhelm Leibniz, *Wyznanie wiary filozofa. Rozprawa metafizyczna. Monadologia. Zasady natury i łaski oraz inne pisma filozoficzne*, przeł. Stanisław Cichowicz, Juliusz Domański, Henryk Krzeczkowski, Henryk Moese. Warszawa: PWN.
- Leibniz Gottfried Wilhelm. 1999. „Specimen dynamicum”, cz. 2, przeł. Marek Olszewski. W: Gottfried Wilhelm Leibniz, *Pisma z metafizyki natury*, red. Stanisław Blandzi, 94–104. Toruń: Wydawnictwo Rolewski.
- Luty Damian. 2022. *Ontologie strukturalne czasoprzestrzeni*. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe Scholar.
- Maudlin Tim. 1993. „Buckets of Water and Waves of Space: Why Spacetime Is Probably a Substance”. *Philosophy of Science* 60(2): 183–203.
- Maudlin Tim. 2012. *Philosophy of Physics. Space and Time*. Princeton–Oxford: Princeton University Press.
- Newton Isaac. 2011. *Matematyczne zasady filozofii przyrody*, przeł. Jarosław Wawrzycki. Kraków: Copernicus Center Press.
- Norton John. 1988. „The Hole Argument”. *Proceedings of the Biennial Meeting of the Philosophy of Science Association* 2: 56–64.
- „Nota bibliograficzna do polemiki Leibniza z Clarke’iem”. 1969. W: Gottfried Wilhelm Leibniz, *Wyznanie wiary filozofa. Rozprawa metafizyczna. Monadologia. Zasady natury i łaski oraz inne pisma filozoficzne*, przeł. Stanisław Cichowicz, Juliusz Domański, Henryk Krzeczkowski, Henryk Moese. Warszawa: PWN.
- Pais Abraham. 2001. *Pan Bóg jest wyrafinowany... Nauka i życie Alberta Einsteina*, przeł. Piotr Amsterdamski. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Quine Willard van Orman. 1969. „O tym, co istnieje”, przeł. Barbara Stanosz. W: Willard van Orman Quine, *Z punktu widzenia logiki*. Warszawa: PWN.
- Rovelli Carlo. 2021. *Helgoland. Znaczenie kwantowej rewolucji*, przeł. Bogumił Bieniok, Elżbieta L. Łokas. Łódź: JK Wydawnictwo.

- Rynasiewicz Robert. 1996. „Absolute Versus Relational Space-Time: An Outmoded Debate?”. *The Journal of Philosophy* 93(6): 279–306.
- Sklar Lawrence. 1974. *Space, Time, and Spacetime*. Berkeley–Los Angeles–London: University of California Press.
- Smolin Lee. 1998. *Życie wszechświata. Nowe spojrzenie na kosmologię*, przeł. Dorota Czyżewska. Warszawa: Amber.
- Smolin Lee. 2021. *Niedokończona rewolucja Einsteina. W poszukiwaniu tego, co leży poza granicami teorii kwantowej*, przeł. Urszula Seweryńska, Michał Seweryński. Warszawa: Prószyński i S-ka.
- Wallace David. 2022. *Filozofia fizyki*, przeł. Wojciech Sady. Łódź: Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.

Streszczenie

W artykule podjęto kwestię aktualności sporu między dwoma wielkimi uczonymi Oświecenia – Isaakiem Newtonem i Gottfriedem Wilhelmem Leibnizem – dotyczącego ontologicznego statusu czasu i przestrzeni w świetle teorii względności. Wskazuje się, że spór między absolutyzmem i relacjonizmem znajduje swą kontynuację na gruncie filozoficznych interpretacji czasoprzestrzeni szczególnej oraz ogólnej teorii względności i daleki jest od rozstrzygnięcia, ponieważ zarówno zwolennicy absolutyzmu, jak i zwolennicy relacjonizmu dysponują mocnymi argumentami na rzecz swych stanowisk. Analizie poddano współczesne modyfikacje argumentów Newtona i Leibniza.

Słowa kluczowe: absolutyzm, relacjonizm, zasada identyczności nierozróżnialnych, zasada racji dostatecznej

The Newton–Leibniz Debate in Light of Relativity and Quantum Mechanics. Part 1: On the Nature of Time and Space

Summary

The article addresses the question of the contemporary relevance of the dispute between two great Enlightenment scholars – Isaac Newton and Gottfried Wilhelm Leibniz – concerning the ontological status of time and space in light of the theory of relativity. It is argued that the debate between absolutism and relationism continues within philosophical interpretations of spacetime in both special and general relativity and is far from being resolved, since both proponents of absolutism and proponents of relationism possess strong arguments in support of their positions. The analysis examines contemporary modifications of the arguments advanced by Newton and Leibniz.

Keywords: absolutism, relationalism, the principle of the identity of indiscernibles, the principle of sufficient reason