

Jan Czerniawski

## Protofizyka a istota teorii względności

**Słowa kluczowe:** *protofizyka, teoria względności, interpretacja dynamiczna, sens quasi-operacyjny, geometria tła*

### Wstęp

Szczególne teorie względności (STW) jest bardzo dobrze ugruntowaną empirycznie teorią naukową, która stanowi dziś powszednie narzędzie pracy fizyka. Podobną rolę w kosmologii odgrywa ogólna teoria względności (OTW). Użytkownicy tych konceptualnych narzędzi nie zawsze jednak zdają sobie sprawę ze związanych z nimi kontrowersji interpretacyjnych. Każda empirycznie adekwatna teoria naukowa niesie w sobie pewną informację na temat świata, w którym żyjemy. Odczytanie jednak tej treści z matematycznego formalizmu teorii nie zawsze jest sprawą prostą. Nierzadko więc niektóre konsekwencje teorii dla naukowego obrazu świata umykają uwadze interpretatorów. Czasem też przeciwnie, przypisywane są jej wnioski, które wcale z niej nie wynikają.

Z samej natury nauk szczegółowych wynika, że teorie naukowe nie opisują pełni rzeczywistości, lecz tylko pewne jej dobrze wyodrębnione aspekty. Aby więc światopoglądowe konsekwencje teorii wystarczająco skonkretyzować, trzeba czasem odwołać się do założeń wykraczających poza jej treść. Dzieje się tak również w przypadku obu teorii względności. Spróbujemy pokrótce stwierdzenie to uszczegółwić.

### Dwie interpretacje szczególnej teorii względności

Ze szczególną teorią względności wiąże się zazwyczaj rewolucyjne zmiany w obrazie rzeczywistości, wyrażające się głównie w eliminacji eteru elektromagnetycznego oraz relatywizacji czasu i przestrzeni. Jedną z tych konsekwen-

cji jednak do pewnego stopnia przypisywana jest jej na wyrost. Na względność przestrzeni składa się względność jej geometrii i tożsamości miejsca w czasie, której w czasoprzestrzeni odpowiada relacja kolokacji (Augustynek 1972: 13). Otóż relatywizacja przestrzeni w tym drugim aspekcie dokonała się już w XIX wieku w związku z zastąpieniem absolutnej przestrzeni Newtona w funkcji determinowania klasy inercjalnych układów odniesienia przez eter elektromagnetyczny, z założenia będący pewnym szczególnym obiektem materialnym. W rezultacie pojęcie absolutnej przestrzeni stało się zbędne i można było ograniczyć się do rozważania przestrzeni względnych w różnych układach odniesienia, w tym w układzie związanym z eterem. Jeśli więc STW wprowadzała tu relatywizację, to jedynie geometrii przestrzeni, bo w świetle zastanej fizyki kolokacja, odpowiadająca pojęciu spoczynku, już była względna – choć, rzecz jasna, dalece nie wszyscy zdawali sobie z tego sprawę.

Nieco inaczej sprawa wygląda z czasem. Odpowiednikiem geometrii przestrzeni jest tu chronometria, zaś kolokacji – równoczesność. Niewątpliwie w fizyce nierelatywistycznej czas w obu tych aspektach był absolutny, co faktycznie w pewnym sensie zmieniła teoria względności. Aby jednak zmianie tej dać adekwatny wyraz, konieczne są pewne rozróżnienia, na które przyjdzie czas po wyjaśnieniu sprawy eliminacji eteru.

Jak wiadomo, szczególna teoria względności była odpowiedzią na kryzys wywołany fiaskiem prób wykrycia ruchu Ziemi względem eteru. Najbardziej spektakularną porażką tego rodzaju był negatywny wynik eksperymentu Michelsona-Morleya. Wprawdzie dysponowano już wyjaśnieniem tego wyniku opartym na hipotezie skrócenia Lorentza-FitzGerala, jednak pierwotnie hipoteza ta miała charakter *ad hoc*, w związku z czym oparte na niej wyjaśnienie było słusznie uważane za niezadowolające. Opinia ta zachowała swoją popularność również później, gdy J. Larmor wyprowadził postulowany przez hipotezę efekt jako przewidywanie „elektronowej” teorii budowy materii (Wróblewski 2006: 152).

Co gorsza, losy tego przewidywania podzieliło inne, w myśl którego procesy w poruszającej się materii ulegają spowolnieniu w proporcji danej czynnikiem Lorentza (Bell 1987: 71). Tymczasem wzięcie pod uwagę obu efektów prowadzi do zastąpienia w roli przekształceń kinematycznych przekształceń Galileusza przez przekształcenia Lorentza (Bell 1987: 71–72; Czerniawski 1995: 611–612). To zaś oznacza, że wobec symetrii równań Maxwella względem tych przekształceń nie jest możliwe wykrycie ruchu laboratorium względem eteru nie tylko na podstawie wyników eksperymentów optycznych, w szczególności np. eksperymentu Kennedy’ego-Thorndike’a (Taylor, Wheeler 1975: 118), lecz w ogóle na podstawie wyników jakichkolwiek eksperymentów elektrodynamicznych, za których szczególne przypadki uznać można eksperymenty optyczne. Taki zaś charakter miały praktycznie wszystkie eksperymenty przeprowadzone w tym celu. Rzekomo oparte na teorii „elektronowej”

przewidywania pozytywnych wyników takich eksperymentów wynikały więc z niewystarczającego zrozumienia jej wewnętrznej logiki.

Co więcej, jeśli dodatkowo założyć, że prawa rządzące wszystkimi oddziaływaniami fundamentalnymi mają symetrię taką samą jak równania Maxwella, to wykrycie ruchu względem eteru jest z zasady niemożliwe. Innymi słowy, obowiązuje zasada względności Einsteina (zob. Kopczyński, Trautman 1981: 67), identyczna z pierwszym postulatem Einsteina. Natomiast drugi postulat obowiązuje wprost w teorii „elektronowej”, o ile za układ „spoczywający” przyjąć układ spoczywający względem eteru, zaś w świetle pierwszego postulatu również bez tego zastrzeżenia. Oznacza to, że dojrzałą wersję teorii „elektronowej” H.A. Lorentza uznać można za pewną interpretację szczególnej teorii względności, różniącą się od interpretacji przyjętej i spopularyzowanej przez Einsteina założeniem na temat istnienia eteru (Bell 1987: 77; tenże, 1996). Nie jest więc prawdą, jakoby eliminacja eteru była konsekwencją STW. Faktycznie bowiem została ona jedynie zapostulowana przez Einsteina w ramach swobody interpretacyjnej tej teorii.

Powyższe spostrzeżenie rzuca nowe światło na wynikającą z STW relatywizację czasu i geometrii przestrzeni. Faktem jest, że w jej ramach określony na podstawie identycznych operacji pomiarowych w różnych układach inercjalnych czas fizyczny jest względny, tzn. zależny od układu odniesienia. Jeśli jednak istnieje eter, to czas w układzie spoczywającym względem niego ma charakter wyróżniony, chociaż w konsekwencji obowiązywania zasady względności nie sposób go jednoznacznie określić na podstawie pomiarów, co wymagałoby wskazania owego wyróżnionego układu.

Oprócz względnego czasu fizycznego, w modelu interpretacji STW zakładającej istnienie eteru jest więc określony pewien czas o bardziej fundamentalnym charakterze, pokrywający się z czasem fizycznym w układzie eteru. Podobnie oprócz względnej geometrii fizycznej przestrzeni, jest w nim określona pewna bardziej fundamentalna geometria, pokrywająca się z geometrią fizyczną w układzie eteru. Jest naturalne utożsamić te dodatkowe elementy modelu z absolutnym czasem i absolutną geometrią przestrzeni fizyki nierelatywistycznej. Z teorii względności wynika więc jedynie relatywizacja czasu fizycznego i fizycznej geometrii przestrzeni, a nie czasu i geometrii przestrzeni jako takich. Natomiast eliminacja odpowiednich pojęć absolutnych wynika nie z niej samej, lecz tylko z jednej z jej logicznie dopuszczalnych interpretacji.

## Problem statusu pojęć absolutnych

Dynamiczna interpretacja STW, zakładająca istnienie eteru, nie cieszy się dobrą opinią wśród specjalistów, a wśród innych fizyków i popularyzatorów nauki popadła wręcz w zapomnienie. Zapewne w jakimś stopniu wynika to z różnych

zaszłości w historii fizyki. Jej popularności jednak zdecydowanie nie sprzyja fakt, że wprowadza ona pojęcia, które mogą budzić zastrzeżenia. Chodzi mianowicie o pojęcia eteru, absolutnego czasu i absolutnej geometrii przestrzeni. Żadne z nich nie ma jednoznacznego sensu operacyjnego, tj. o ich stosowalności nie sposób jednoznacznie rozstrzygnąć na podstawie doświadczenia. Nie są to więc pojęcia fizyczne w przyjętym dziś rozumieniu tego terminu, lecz raczej w pewnym sensie metafizyczne. Eliminację takich pojęć z fizyki można zaś uważać za największą zdobycz związanego z teorią względności przełomu w metodologii fizyki.

Fizyka jest nauką opartą na pomiarach, więc zakaz wprowadzania do niej pojęć całkowicie pozbawionych sensu operacyjnego wydaje się uzasadniony. Pojęciom, do których odwołuje się interpretacja dynamiczna, nie można jednak przypisać takiego charakteru bez zastrzeżeń. Względność czasu fizycznego związana jest z faktem, że fizyczne zegary podlegają uniwersalnemu efektowi dylatacji czasu. Gdyby więc można było dysponować zegarem doskonałym, niepodlegającym temu efektowi, to za jego pomocą można byłoby określić operacyjnie czas absolutny. Podobnie, gdyby można było dysponować doskonale sztywnym prętem pomiarowym, niepodlegającym efektowi skrócenia długości, to operacyjnie można byłoby określić również absolutną geometrię przestrzeni. Chociaż więc pojęcia te pozbawione są zwyczajnie rozumianego sensu operacyjnego, można im przypisać rozumiany w ten sposób warunkowy sens operacyjny, czy raczej sens quasi-operacyjny (Czerniawski 2009a: 46).

Jak wspomniano wyżej, w modelu STW z eterem czas absolutny pokrywa się z czasem fizycznym w układzie eteru, zaś absolutna metryka przestrzeni – z metryką fizyczną w tym układzie. W zasadzie więc obu tym pojęciom można byłoby nadać sens operacyjny, gdyby nie fakt obowiązywania zasady względności, wykluczającej wskazanie na podstawie pomiarów układu odniesienia spoczywającego względem eteru. Ich sens quasi-operacyjny mógłby zatem zmienić się w sens operacyjny, gdyby w przyszłości odkryto zjawiska łamiące zasadę względności.

W przypadku eteru sprawa jest bardziej skomplikowana. W pojęciu tym tkwi bowiem pewna dwuznaczność: przez eter można rozumieć bądź hipotetyczny substancjalny nośnik pól oddziaływań fundamentalnych (eter materialny), bądź wyróżniony układ odniesienia (eter geometryczny) (Kopczyński, Trautman 1981: 58–59). Podczas gdy pojęciu eteru materialnego nie sposób przypisać nie tylko sensu operacyjnego, ale nawet quasi-operacyjnego, inaczej rzecz się ma w przypadku eteru geometrycznego. Gdyby można było określić czas absolutny, a tym samym również absolutną równoczesność, to fizyczna metryka czasoprzestrzeni pozwoliłaby określić eter geometryczny przez relację ortogonalności względem hiperpowierzchni zdarzeń absolutnie równoczesnych (Czerniawski 2009b: 110). Pojęcie eteru geometrycznego ma więc również

pewien sens quasi-operacyjny, tyle że o charakterze jeszcze bardziej warunkowym niż w przypadku absolutnego czasu.

Podobna dwuznaczność cechuje też zresztą pojęcie absolutnej równoczesności. Z jednej strony, absolutny charakter ma pojęcie równoczesności ontologicznej (Snihur 1990: 68; Czerniawski 1990: 321), polegającej na współstawianiu się zdarzeń, co odpowiada zdroworozsądkowemu przekonaniu, że czas „płynie”, a zdarzenia stają się. Z drugiej strony, oczywiste jest, że dwa doskonałe zegary, raz zsynchronizowane w tym samym miejscu, pozostawałyby zsynchronizowane na zawsze, niezależnie od historii ich ruchu względnego. Tym samym wyznaczałyby pewną równoczesność określoną niezależnie od jakiegokolwiek układu odniesienia, a zatem absolutną. Tak rozumiana absolutna równoczesność w oczywisty sposób pokrywa się z równoczesnością ontologiczną, lecz ewidentnie posiada sens quasi-operacyjny, którego tamta jest pozbawiona, jako zależna od pojęcia pewnego sposobu istnienia, jakim jest stawianie się (Czerniawski 2009a: 225).

Jak się przekonaliśmy, w odróżnieniu od pojęć w wąskim sensie metafizycznych, jak eter materialny czy równoczesność ontologiczna, pojęcia absolutnego czasu, absolutnej geometrii przestrzeni i eteru geometrycznego wyróżnia pewna specyfika, wobec której potraktowanie ich jako po prostu metafizycznych wygląda nienaturalnie. Jak wobec tego je zakwalifikować? Ze względów, które wkrótce staną się jasne, właściwe jest określić je jako specyficznie protofizyczne.

## **Protofizyka a status pojęć absolutnych**

Termin „protofizyka” do obiegu wprowadził P. Lorenzen na określenie dyscypliny na pograniczu fizyki i matematyki, poświęconej badaniu operacyjnego sensu podstawowych pojęć fizycznych (zob. Lorenzen 1961: 430). Tak rozumiana protofizyka stała się ważnym składnikiem programu konstruktywistycznego ugruntowania nauki tzw. szkoły erlangenńskiej (zob. Porębski 1975: 146), stanowiąc zarazem kontynuację badań tego rodzaju zapoczątkowanych przez H. Dinglera, a zainspirowanych – po części negatywnie – przez Einsteina. Badania te zresztą już wcześniej jako protofizykę właśnie określił F. Lipsius (zob. Lipsius 1927: V). Doceniając pionierski charakter refleksji Einsteina nad operacyjnym sensem pojęć takich jak równoczesność czy metryka przestrzeni, Dingler zanegował jednak jej wyniki i opartą na nich teorię (por. Dingler 1920). Podzielając jego zastrzeżenia, Lorenzen zmienił nieco przedmiot krytyki, nie odrzucając samej teorii względności, lecz proponując oparcie jej na nowych konstruktywistycznych podstawach, których wypracowaniu służyć miały badania określone przez niego jako protofizyczne. Badania takie podjęli zresztą, na ogół niezależnie od siebie, inni badacze, np. H. Ives (zob. Grabińska 1986).

Z tej perspektywy można przyjąć, że Einstein rozwijał pewną protofizykę, którą można określić jako relatywistyczną, w odróżnieniu od nierelatywistycznej protofizyki zainicjowanej przez Dinglera i rozwijanej przez Lorenzena. Kluczowe dla opozycji tych dwóch odmian protofizyki jest Newtonowskie odróżnienie absolutnych i względnych pojęć przestrzeni i czasu (zob. Newton 1729: 9–10; Heller 2004: 90). Specyficzna dla przestrzeni absolutnej była niemożliwość jej zdefiniowania (tj. jednoznacznego określenia) na podstawie pomiarów. Einstein uważał, że takie pojęcia są w fizyce niedopuszczalne. Kiedy więc okazało się, że w świetle eksperymentów elektrodynamicznych taki charakter mają pojęcia eteru i absolutnego czasu, konsekwentnie zapostulował ich eliminację.

To właśnie uznał Dingler za najpoważniejszy błąd leżący u podstaw teorii względności. Według niego, teoria ta, wprowadzając zmianę kinematyki w celu rozwiązania problemów w mniej od niej fundamentalnej elektrodynamice, narusza „zasadę porządku pragmatycznego” (por. Dingler 1938: 116–117). Niezależnie jednak od oceny tej zasady, skądinąd kontrowersyjnej, bardziej doniosłe wydaje się wprowadzone przez niego pojęcie „punktu zerowego” (zob. Dingler 1923: 133, 141; Torretti 1978: 94, 102). Skoro w świetle nowej fizyki ruch powoduje zmianę wymiarów poruszających się ciał i tempa przebiegających w nich procesów, to wyników pomiarów za pomocą fizycznych prętów pomiarowych i zegarów nie można brać za dobrą monetę, lecz należy je odpowiednio korygować, uwzględniając odchylenie ich przestrzenno-czasowych charakterystyk od idealnego stanu, w jakim byłyby, gdyby nie podlegały tym efektom. Ów idealny stan to właśnie „punkt zerowy”.

Niestety, jego realizacja stwarza problem nie do pokonania. Jeśli zgodzić się, że ostatecznym źródłem wspomnianych efektów jest ruch względem eteru, to „punkt zerowy” realizują jedynie fizyczne pręty pomiarowe i zegary spoczywające względem niego. Aby więc uzyskać na podstawie realnych pomiarów w poruszającym się układzie odniesienia wiarygodne określenie relacji przestrzennych i czasowych, należałoby uzgodnić je z wynikami pomiarów w układzie spoczywającym. To jednak wymagałoby wskazania układu eteru, co w świetle zasady względności jest zasadniczo niemożliwe.

W rzeczywistej praktyce badawczej nie ma zatem realnej alternatywy dla oparcia określenia relacji przestrzenno-czasowych na wynikach pomiarów nieskorygowanych ze względu na skutki ruchu względem eteru. Takie właśnie rozwiązanie w ramach protofizyki relatywistycznej oparto na założeniu nieistnienia eteru, lecz wobec wspomnianego wyżej problemu pozostaje ono uzasadnione i bez niego. Gdyby bowiem wyniki pomiarów w różnych układach odniesienia chcieć uzgadniać z odpowiednimi wynikami w pewnym układzie, trzeba byłoby go wybrać zupełnie bezpodstawnie. Wbrew opinii Lorenzena więc, powrót w fizyce do określenia stosunków przestrzenno-czasowych zakła-



dającego takie uzgodnienie nie tylko nie zapewniłby powtarzalności wyników pomiarów, ani obiektywności opartego na nich opisu zjawisk (por. Lorenzen 1968; tenże, 1997: 104), lecz w dodatku wprowadzałby do ich określenia element arbitralności, który Einsteinowi udało się wyeliminować.

Wydaje się, że Lorenzen błędnie zidentyfikował kontrowersyjny aspekt protofizyki relatywistycznej. Tym, czego brakuje opartemu na niej opisowi zjawisk, nie jest obiektywność ani powtarzalność leżących u jego podstaw wyników pomiarów, lecz co najwyżej adekwatność. Co gorsza, trafność zarzutu nieadekwatności zależy od rozstrzygnięcia kwestii istnienia eteru, gdyż przy założeniu jego braku nie istnieje ideał, od którego odchyłałby się opis oparty na nieskorygowanych pomiarach.

Z drugiej strony, rozstrzygnięcie takie ma szereg skrajnie nieintuicyjnych konsekwencji. Jak już o tym była mowa, wynika z niego relatywizacja nie tylko czasu fizycznego i fizycznej geometrii przestrzeni, lecz czasu i geometrii przestrzeni jako takich. W szczególności oznacza to relatywizację wyników porównania przestrzennych wymiarów poruszających się względem siebie ciał i tempa przebiegających w nich procesów. Np. spośród dwóch takich ciał jedno może być dłuższe z pewnego punktu widzenia, a z innego krótsze. Podobnie od punktu widzenia może zależeć, który z dwóch porównywanych procesów trwa dłużej.

Tak rozumiana relatywizacja stosunków wymiarów przestrzennych i czasowych wynika z relatywizacji równoczesności, która zawsze pośredniczy w odpowiednich porównaniach. Jeszcze bardziej nieintuicyjną konsekwencją względności równoczesności jest brak „upływu” czasu. Pamiętamy, że „upływowi” czasu, czyli stawaniu się zdarzeń, odpowiada absolutna z samej swej natury relacja równoczesności ontologicznej. W czasoprzestrzeni STW jednak relacja ta musiałaby co najmniej lokalnie pokrywać się z równoczesnością fizyczną w pewnym układzie inercyjnym, wyróżniając go tym samym spośród innych. Tym samym zaś w czasoprzestrzeni określony zostałby pewien eter geometryczny, wbrew założeniu, że eteru nie ma.

Oczywiście można po prostu zrezygnować z intuicji, z którymi niezgodne są te konsekwencje. Gdyby jednak chcieć je zachować, należałoby zdecydować się na wybór interpretacji STW dopuszczającej eter geometryczny i równoczesność absolutną. Interpretacja taka zaś musi opierać się na protofizyce bardziej liberalnej niż relatywistyczna protofizyka Einsteina, gdyż dopuszczającej pojęcia mające jedynie sens quasi-operacyjny. Taki charakter ma właśnie nierelatywistyczna protofizyka Lorenzena. W jej ramach nie kwestionuje się użyteczności obdarzonych sensem operacyjnym pojęć protofizyki Einsteina w fizykalnym opisie zjawisk, lecz tylko dopuszcza się obok nich pojęcia, które nie mają charakteru fizycznego w przyjętym dziś rozumieniu, skądinąd wprowadzonym właśnie przez Einsteina, lecz są pojęciami specyficznymi pro-

tofizycznymi. Z tego względu, w odróżnieniu od profotofizyki relatywistycznej, nie zawiera się ona całkowicie w obrębie fizyki, lecz się z nią przecina. W dalszych rozważaniach przez profotofizykę rozumiana będzie właśnie profotofizyka nierelatywistyczna.

## Profotofizyka a geometria czasoprzestrzeni

Poza innymi względami, do niepopularności profotofizyki w środowisku naukowym w jakimś stopniu zapewne przyczyniło się pewne uprzedzenie jej zwolenników do języka geometrii czasoprzestrzeni, powszechnego wśród fizyków specjalizujących się w teorii względności. U podstaw tego uprzedzenia leżało przeświadczenie, że tensor metryczny STW jest nie tyle wielkością geometryczną, co raczej pewnym matematycznym środkiem do określenia wpływu ruchu na wymiary ciał i tempo przebiegających w nich procesów (por. Lorenzen 1977: 390). Podobnie tensor metryczny OTW jest według nich jedynie środkiem do określenia skutków pola grawitacyjnego (uogólnieniem potencjału grawitacyjnego) (por. Lorenzen 1978: 8). Nic dziwnego więc, że do języka geometrii czasoprzestrzeni podchodzili z rezerwą.

Z tego jednak, że tensor metryczny pełni słusznie wskazane przez nich funkcje, bynajmniej nie wynika, że tym samym nie może on być wielkością określającą pewną geometryczną strukturę. Zwolennik profotofizyki nie musi bynajmniej rezygnować ze swojego stanowiska, by uznać tę możliwość. Powinien za to założyć, że oprócz określonej przez tensor metryczny OTW fizycznej geometrii czasoprzestrzeni, ma ona też pewną absolutną geometrię tła. Niestety, jako pierwszy zauważył to przeciwnik profotofizyki (por. Borzeszkowski, Wahsner 1995: 7), który nie do końca zrozumiał jej wewnętrzną logikę. Uznał on, że przekład profotofizyki na język geometrii czasoprzestrzeni sprowadza się do wprowadzenia jako geometrii tła geometrii Minkowskiego, tak jak to się robi w tzw. bimetrycznych (dwumetrycznych) teoriach grawitacji (zob. Will 1979: 48–49; Kopczyński, Trautman 1981: 160).

Z taką propozycją jednak zwolennik profotofizyki nie może się zgodzić z co najmniej dwóch powodów. Po pierwsze, przy takim rozstrzygnięciu w ramach STW geometria tła pokryłaby się z geometrią fizyczną. Po drugie zaś, idealne pręty pomiarowe i zegary, pozwalające wybranej do roli geometrii tła geometrii Minkowskiego nadać sens quasi-operacyjny, nie realizują idei „punktu zerowego”. Choć bowiem nie podlegają one metrycznym skutkom grawitacji, wciąż jeszcze podlegają relatywistycznym efektom będącym skutkami ruchu, z którymi efekty grawitacyjne wykazują wyraźną analogię (Foster, Nightingale 1985: 127).

Jak już zauważyliśmy, realizujące „punkt zerowy” doskonałe zegary pozwoliłyby określić absolutny czas. Taki element powinna więc zawierać geome-



tria tła zgodna z wymaganiami protofizyki. Podobnie doskonale sztywne pręty pomiarowe pozwoliłyby określić absolutną geometrię przestrzeni. Jeśli ponadto zgodzić się, że zakrzywienie geometrii fizycznej jest skutkiem grawitacji, jak to zresztą zakłada się zarówno w ramach teorii bimetrycznych, jak też w ramach tej wersji ogólnej teorii względności, która nie wprowadza stałej kosmologicznej, to ta geometria przestrzeni powinna być płaska. W absolutnej geometrii tła powinna być więc określona euklidesowa geometria przestrzeni.

Nie oznacza to jednak, że sama geometria tła powinna być euklidesowa, lub choćby tylko płaska (afiniczna), tj. wyposażona w płaską koneksję afiniczną, jak geometria Minkowskiego, stanowiąca fizyczną geometrię czasoprzestrzeni STW, czy geometria czasoprzestrzeni Galileusza, odpowiadająca mechanice nierelatywistycznej (zob. Kopczyński, Trautman 1981: 84–85, 138). Koneksja afiniczna pozwala bowiem zdefiniować tzw. pochodną absolutną czterowektora prędkości względem czasu własnego wzdłuż linii świata cząstki (Kopczyński, Trautman 1981: 147), a jeśli jest absolutna, to tym samym, przez warunek jego zerowania się, wyróżnić ruchy w absolutnym sensie nieprzyśpieszone.

Wprawdzie sensowność zasady bezwładności wymaga istnienia wyróżnionej klasy ruchów, jakimi są ruchy swobodne, jednak wystarczy, by element pozwalający je zdefiniować określony był w fizycznej geometrii czasoprzestrzeni. Bezwładność jest zjawiskiem dynamicznym, więc nie ma potrzeby wprowadzania odpowiadającego jej elementu do absolutnej geometrii tła. Co więcej, określenie ruchów absolutnie nieprzyśpieszonych byłoby sprzeczne z ideą względności ruchu. Tym bardziej sprzeczne z nią byłoby określenie przez geometrię tła absolutnej prędkości, czemu w czasoprzestrzeni Minkowskiego odpowiada wyróżnienie stożków zerowych (światlnych). Dla oddania specyfiki pewnego zjawiska dynamicznego, jakim jest rozprzestrzenianie się światła, wystarczy, by odpowiedni element był obecny w geometrii fizycznej.

Ostatecznie więc geometria tła zgodna z protofizyką powinna zawierać jedynie absolutny czas i absolutną, euklidesową geometrię przestrzeni momentalnych, tj. hiperpowierzchni stałości absolutnego czasu. Taką geometrią jest zaś geometria czasoprzestrzeni Leibniza (Czerniawski 2009b: 109; por. Ehlers 1973: 74; Gołosz 2001: 18–19). W połączeniu z fizyczną metryką czasoprzestrzeni struktura ta wyznacza pewien eter geometryczny. Podobnie jak elementy geometrii tła, nie ma on charakteru fizycznego, lecz specyficznie protofizyczny. Sam jednak nie jest absolutnym, lecz dynamicznym elementem struktury czasoprzestrzeni (zob. Anderson 1967: 83; Gołosz 2001: 17–18; por. Kopczyński, Trautman 1981: 158–159). Najlepiej to widać w przypadku czasoprzestrzeni ogólnej teorii względności, gdzie metryka jest elementem dynamicznym. Czasoprzestrzeń teorii szczególnej można jednak potraktować jako szczególny przypadek czasoprzestrzeni OTW, co pozwala jako dynamiczną potraktować metrykę również w niej. Dodatkowych racji na rzecz takiego rozstrzygnię-

cia dostarczają zaś przedstawione wyżej argumenty przeciwko wprowadzaniu do absolutnej geometrii tła struktur afinicznej i stożkowej, definiowalnych za pomocą metryki (zob. Kopczyński, Trautman 1981: 86–87, 151–152).

## Protofizyka a perspektywy rozwoju fizyki teoretycznej

Jak się przekonaliśmy, w języku geometrii czasoprzestrzeni program protofizyki wyraża się w postaci postulatu wzbogacenia czasoprzestrzeni ogólnej teorii względności o absolutną geometrię tła, którą powinna stanowić geometria Leibniza. Zabieg taki pozwala pogodzić z treścią teorii względności różne fundamentalne intuicje. Przede wszystkim chodzi tu o intuicję „upływu” czasu. Zgodnie z inną taką intuicją, stosunki wymiarów poruszających się względem siebie ciał i tempa przebiegających w nich procesów mają sens absolutny, a nie jedynie względny. Co więcej, jest tak niezależnie od odległości między tymi ciałami. W końcu zaś, intuicja podpowiada, że absolutny sens powinien też mieć wynik porównania równoczesnych wartości wielkości wektorowej bez względu na różnicę lokalizacji przestrzennej.

Oczywiście intuicje te można zlekceważyć, traktując przywiązanie do nich jako wyraz, w najlepszym razie, konserwatyzmu. Bardziej umiarkowana wersja takiej opinii polegałaby na zakwestionowaniu ich znaczenia dla fizyka, który w swojej pracy może się nimi w ogóle nie przejmować, pozostawiając „spekulacje” na ich temat filozofom. Postulat wprowadzenia leibnizjańskiej geometrii tła można jednak uzasadniać niezależnie od nich, nawiązując do realnych problemów, z jakimi boryka się fizyka teoretyczna.

Pomysł wyposażenia czasoprzestrzeni OTW w absolutną geometrię tła bywał już wysuwany w związku z problemem określenia energii w tej teorii (Rosen 1985: 997–998). Dotychczas do tej roli proponowano geometrię Minkowskiego, której symetria pozwala na jednoznaczne określenie energii. Istotną rolę ze względu na rozwiązanie wspomnianego problemu odgrywa jednak symetria translacyjna, która cechuje również geometrię Leibniza. Cokolwiek więc sądzić o argumentach, jakie w tym kontekście wysuwano na rzecz wprowadzenia geometrii Minkowskiego jako geometrii tła (zob. Rosen 1985: 998, 1004–1005), wszystkie one równie dobrze przemawiają na rzecz geometrii Leibniza. Z drugiej strony, nie zawiera ona struktury stożkowej, co sprawia, że w przypadku jej wyboru nieporównanie łatwiej jest spełnić warunek zgodności struktur kauzalnych (zob. Pitts, Schieve 2004: 212, 234) niż w przypadku geometrii Minkowskiego.

Nawet jednak jeśli wspomniane argumenty uznać za nieprzekonywające, zalety leibnizjańskiej geometrii tła, a ściślej jej elementu, jakim jest absolutny czas, ujawniają się w kontekście poszukiwań kwantowej teorii grawitacji. Jedną z ważnych przeszkód w tych poszukiwaniach jest tzw. problem czasu

w kwantowej grawitacji (zob. Isham 1992; Sokołowski 2002). Podczas gdy mechanika kwantowa, w tym zwłaszcza koncepcja redukcji pakietu falowego, najwyraźniej zakłada zdroworozsądkową koncepcję czasu „płynącego”, standardowo interpretowana teoria względności wydaje się ją wykluczać. Jeśli jednak w ramach interpretacji tej ostatniej wprowadzić absolutny czas, to problem znika. Oczywiście można się krzywić na takie rozwiązanie, przypominające znane „rozwiązanie” węzła gordyjskiego przez Aleksandra Macedońskiego; reakcję tego rodzaju trudno byłoby jednak uznać za coś więcej niż wyraz subiektywnej preferencji estetycznej.

Można za to zastanawiać się, czy zaproponowane rozwiązania obu problemów nie mają charakteru *ad hoc*. Zarzut taki byłby zasadny, gdyby obdarzoną odpowiednią symetrią geometrię tła w pierwszym przypadku, zaś czas absolutny jako jej element w drugim, wprowadzono wyłącznie w celu rozwiązania tych problemów. Tu ujawnia się walor wsparcia, jakiego dostarcza im protofizyka. Nie sposób bowiem przypisać charakteru *ad hoc* koncepcjom wypracowanym „z pierwszych zasad”. W ten sposób intuicje stojące za protofizyką i rozwiązania problemów teoretycznych oparte na jej owocach wspierają się nawzajem, wspólnie przemawiając na korzyść zgodnej z programem protofizyki dynamicznej interpretacji teorii względności.

Niezależnie od tego, problematyka operacyjnego sensu podstawowych pojęć fizycznych jest na tyle specyficzna, by sensowne było wydzielić ją jako odrębną dziedzinę badań. Dotychczas badaniom tego rodzaju przypisywano często charakter dydaktyczny, co jednak nie wydaje się trafne. Kontekst, w jakim pojawiają się one choćby w pracach Einsteina, sugeruje, że mają znaczenie bardziej fundamentalne. Termin „protofizyka” na określenie ich dziedziny wydaje się więc w miarę trafny, zwłaszcza w braku innego. Doniosłą skądinąd w innych kontekstach różnicę między zawartą w zakresie fizyki relatywistyczną protofizyką Einsteina a nierelatywistyczną protofizyką Lorenzena można w tym kontekście uznać za nieistotną.

## Bibliografia

- Anderson J.L. (1967), *Principles of Relativity Physics*, New York: Academic Press.
- Augustynek Z. (1972), *Własności czasu*, Warszawa: PWN.
- Bell J.S. (1987), *How to teach special relativity*, w: tenże, *Speakable and Unsayable in Quantum Mechanics*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, s. 67–80.
- Bell J.S. (1996), wywiad w: P.C.W. Davies, J.R. Brown (red.), *Duch w atomie: dyskusja o paradoksach w teorii kwantowej*, przeł. P. Amsterdamski, Warszawa: CIS, s. 63–76.

- Borzeszkowski von H.-H., Wahsner R. (1995), *Messung als Begründung oder Vermittlung? Ein Briefwechsel mit Paul Lorenzen über Protophysik und ein paar andere Dinge*, Sankt Augustin: Academia.
- Czerniawski J. (1990), *Dwie interpretacje teorii względności*, „Zagadnienia Naukoznawstwa” 26, nr 3, s. 315–329.
- Czerniawski J. (1995), *Fizyczna treść przekształceń kinematycznych*, „Postępy Fizyki” 46, nr 6, s. 607–616.
- Czerniawski J. (2009a), *Ruch, przestrzeń, czas: Protofizyczne i metafizyczne aspekty podstaw fizyki relatywistycznej*, Kraków: Wydawnictwo UJ.
- Czerniawski J. (2009b), *Przeszłość i perspektywy protofizyki*, w: J. Zon (red.), *Pogranicza nauki: Protonauka – paranauka – pseudonauka*, Lublin: Wyd. KUL, s. 103–113.
- Dingler H. (1920), *Kritische Bemerkungen zu den Grundlagen der Relativitätstheorie*, „Physikalische Zeitschrift” 21, s. 668–675.
- Dingler H. (1923), *Die Grundlagen der Physik: Synthetische Prinzipien der mathematischen Naturphilosophie*, wyd. 2, Berlin: Gruyter.
- Dingler H. (1938), *Die Methode der Physik*, München: Reinhardt.
- Ehlers J. (1973), *The nature and structure of spacetime*, w: J. Mehra (red.), *The Physicist's Conception of Nature*, Dordrecht: D. Reidel, s. 71–91.
- Foster J., Nightingale J.D. (1985), *Ogólna teoria względności*, przekł. S. Lipiński, Warszawa: PWN.
- Gołosz J. (2001), *Spór o naturę czasu i przestrzeni: Wybrane zagadnienia filozofii czasu i przestrzeni Johna Earmana*, Kraków: Wydawnictwo UJ.
- Grabińska T. (1986), *Analiza operacjonistycznych założeń kinematyki H.E. Ivesa i kinematyki relatywistycznej*, „Z Zagadnień Filozofii Przyrodoznawstwa i Filozofii Przyrody” 8, s. 7–34.
- Heller M. (2004), *Filozofia przyrody: Zarys historyczny*, Kraków: Znak.
- Isham C.J. (1992), *Canonical quantum gravity and the problem of time*, w: L.A. Ibort, M.A. Rodriguez (red.), *Integrable Systems, Quantum Groups, and Quantum Field Theories*, Boston: Kluwer, s. 157–287.
- Kopczyński W., Trautman A. (1981), *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, Warszawa: PWN.
- Lipsius F.R. (1981), *Wahrheit und Irrtum in der Relativitätstheorie*, Tübingen 1927, Mohr.
- Lorenzen P. (1961), *Das Begründungsproblem der Geometrie als Wissenschaft der räumlichen Ordnung*, „Philosophia Naturalis” 6, nr 4, s. 415–431.
- Lorenzen P. (1968), *Wie ist Objektivität der Physik möglich*, w: tenże, *Methodisches Denken*, Frankfurt/M: Suhrkamp, s. 142–151.
- Lorenzen P. (1977), *Eine Revision der Einsteinschen Revision*, „Philosophia Naturalis” 16, s. 383–391.

- Lorenzen P. (1978), *Die allgemeine Relativitätstheorie als eine Revision der Newtonschen Gravitationstheorie*, „Philosophia Naturalis” 17, s. 1–9.
- Lorenzen P. (1997), *Myslenie metodyczne*, przeł. i red. S. Blandzi, Warszawa: Wyd. IFiS PAN.
- Newton I. (1729), *The Mathematical Principles of Natural Philosophy*, przeł. A. Motte, t. 1, London.
- Pitts J.B., Schieve W.C. (2004), *Null cones and Einstein's equations in Minkowski spacetime*, „Foundations of Physics” 34, nr 2, s. 211–238.
- Porębski C. (1975), *Szkoła erlangenńska* (recenzja z: F. Kambartel, J. Mittelstrass, P. Lorenzen i in., *Zum normativen Fundament der Wissenschaft*), „Studia Filozoficzne” nr 8, s. 146–149.
- Rosen N. (1985), *Localization of gravitational energy*, „Foundations of Physics” 15, nr 10, s. 997–1008.
- Snihur S. (1990), *Czas i przemijanie. Studium filozoficzne*, Warszawa: Wyd. SGGW-AR.
- Sokołowski L.M. (2002), *Quantum spacetime and the problem of time in quantum gravity*, w: H. Eilstein (red.), *A Collection of Polish Works on Philosophical Problems of Time and Spacetime*, Dordrecht: Kluwer, s. 23–46.
- Taylor E.F., Wheeler J.A. (1975), *Fizyka czasoprzestrzeni*, przeł. B. Pierzchalska, wyd. 2 popr., Warszawa: PWN.
- Torretti R., *Hugo Dindler's philosophy of geometry*, „Dialogos” 32, s. 85–128.
- Will C.M. (1979), *The confrontation between gravitation theory and experiment*, w: S.W. Hawking, W. Israel (red.): *General Relativity – An Einstein Centenary Survey*, Cambridge: Cambridge Univ. Press, 24–89.
- Wróblewski A.K. (2006), *Einstein i fizyka 100 lat temu*, „Postępy Fizyki” 57, nr 4, s. 148–156.

## Streszczenie

W swojej ortodoksyjnej geometrycznej interpretacji teoria względności ma rewolucyjne konsekwencje dla naukowego obrazu świata. Dynamiczna interpretacja Lorentza pozwala uniknąć niektórych z nich i zachować absolutne pojęcia czasu i geometrii przestrzeni. Pojęcia te jednak są metafizyczne, jako pozbawione jednoznacznego sensu operacyjnego. Protofizyka Lorenzena pozwala zobaczyć, że nie są one też metafizyczne, gdyż mają pewien sens, który można określić jako quasi-operacyjny, bądź warunkowy sens operacyjny. Tym samym sprzyja ona poważnemu potraktowaniu interpretacji dynamicznej i oddzieleniu niezależnej od interpretacji istoty teorii względności od treści specyficznych dla różnych interpretacji.