

Krzysztof MAŚLANKA
Maria MAŚLANKA

REFLEKSJE PRZY STUDIOWANIU HISTORII POGLĄDÓW NA PRZESTRZEŃ

„Wtedy przestrzeń była czymś sztywnym, nieruchomym i jednorodnym, niedopuszczającym zmian czy też nakładania jakichś warunków. I tylko geniusz Riemanna, samotny i niezrozumiany już w połowie zeszłego stulecia odkrył nowe podejście do przestrzeni pozbawiając ją sztywności i dopuszczając możliwość, że uczestniczy ona w procesach fizycznych”.

Albert Einstein

Surową i jednoznacznie negatywną ocenę roli odegranej przez filozofów w kształtowaniu poglądów na czas i przestrzeń zawarł Albert Einstein na pierwszych stronach swej książki „Istota teorii względności”:

„Nasze pojęcie i układy pojęć mają racje bytu tylko o tyle, o ile opisują zespoły naszych wrażeń. Jestem przekonany, że filozofowie wywarli szkodliwy wpływ na rozwój myśli naukowej przenosząc niektóre podstawowe pojęcia z dziedziny doświadczenia, gdzie znajdują się one pod naszą kontrolą, na nietykalne wyżyny aprioryzmu (...) W szczególności jest to prawdziwe w odniesieniu do pojęć czasu i przestrzeni, które fizycy pod wpływem faktów musieli zdjąć z Olimpu rzeczy a priori, uściślić je i dostosować do obecnych potrzeb”.

*UWAGA: Tekst został zrekonstruowany przy pomocy środków automatycznych; możliwe są więc pewne błędy, których sygnalizacja jest mile widziana (obi@opoka.org). Tekst elektroniczny posiada odrębną numerację stron.

Gdyby słowa te napisał ktokolwiek inny, można by nie przywiązywać do nich większej wagi. Ale Einstein miał prawo mówić o czasie i przestrzeni. Pojęcia te są podstawowe w tym, że należą zarówno do języka potocznego jak i do terminologii fizyki. Jak ewoluowały nasze wyobrażenia o przestrzeni w kolejnych fazach zdejmowania „z Olimpu rzeczy a priori” i jaki jest obecny status tego pojęcia z punktu widzenia współczesnej fizyki teoretycznej oraz kosmologii?

1. Pierwszym godnym uwagi modelem przestrzeni i czasu były absolutna przestrzeń i absolutny czas Newtona. Przez dwa stulecia uważano je za ostatnie słowo w tej kwestii; nikt nie spodziewał się radykalnych zmian, nie było nawet wyraźnego odróżniania modelu przestrzeni (euklidesowej) od samej przestrzeni fizycznej. Przestrzeń jako „naczynie na przedmioty”, niezmiennie i niezależne od nich — absolutne.

2. Następnym i bezsprzecznie najważniejszym modelem fizycznej czasoprzestrzeni została riemanowska różniczkowalna: przestrzeń jako ewoluująca w czasie hiperpowierzchnia zakrzywiona. Podstawową zaletą tego modelu jest to, że w naturalny sposób zawiera on koncepcje grawitacji, która manifestuje się przez krzywiznę, bez potrzeby dodatkowego zakładania „sił” grawitacyjnych. Bardzo piękny — i niestety nieczęsty — przykład kiedy to koncepcja czysto matematyczna wyprzedziła zapotrzebowanie fizyki, która z kolei przejęła bez potrzeby zmian gotowy i niezwykle udany model.

3. Kolejny etap to próba odpowiedzi na pytanie czy przestrzeń ma strukturę gładkiej różniczkowości nawet w dowolnie małej skali odległości, czy może — podobnie jak materia — posiada pewną naturalną „ziarnistość”. W ten sposób powstał w latach pięćdziesiątych model piany kosmicznej Wheelera uzupełniony ilościowo dwadzieścia lat później przez Hawkinga (spacetime foam). Szczegółowa analiza tzw. całki działania dla pola grawitacyjnego prowadzi do ogólnego wniosku, że czasoprzestrzeń w bardzo małej skali ($1,6 \cdot 10^{-33}$ cm) dopuszcza bardzo duże fluktuacje kwantowe, które Wheeler porównuje obrazowo do piany morskiej lub wrzącej wody. Istotne jest to, że oprócz fluktuacji krzywizny możliwe są również jakościowe fluktuacje topologiczne. W ten sposób powstaje obraz przestrzeni jako wiecznie niespokojnej, fantastycznie drobnej piany wypełniającej cały Wszechświat, której nigdy nie będziemy mogli badać doświadczalnie, gdyż nawet w świecie cząstek elementarnych przestrzeń robi wrażenie doskonale gładkiej i ciągłej. Trzeba przyznać, że wielki jest kontrast między zdawałoby się oczywistą koncepcją przestrzeni absolutnej Newtona — uosobieniem niewzruszonego

kosmicznego spokoju, a obrazem kwantowej kotłowaniny, której nie widzimy, tak jak pilot samolotu lecącego nad oceanem na wysokości kilku kilometrów nie widzi fal, ani piany na pozornie idealnie gładkim lustrze wody. Jakże inaczej wygląda ten sam ocean dla kogoś płynącego po falach w niewielkiej łódce. Cała psychologiczna trudność w przyjęciu tej koncepcji wynika z prostego powodu: przyroda sama ustaliła swa naturalną jednostkę długości zbudowaną ze stałych przyrody $l_p = \frac{G\hbar}{c^3}$, podczas gdy człowiek posiada swa własną subiektywną skalę odległości związaną z rozmiarami własnego ciała. W tej antropomorficznej skali odległości nawet elektron jest olbrzymem.

4. Następny model przestrzeni w naturalny sposób wywodzi się z tzw. teorii unifikacyjnych opartych o lokalną grupę cechowania (gauge theories). Sama przestrzeń jest tu czymś w rodzaju przechłodzonej cieczy mogącej podlegać przejściom fazowym, przy których wydzielą się energia. W kosmologii zjawisko to prowadzi do inflacji (rozdęcia) Wszechświata co pozwala wyjaśnić pewne paradoksy standardowego modelu (modele Gutha, Lindego i innych). Uświadomienie sobie, że próżnia, w sensie pustej przestrzeni bez cząstek, może posiadać różne stany energetyczne sprawia, że nazwa ta staje się tylko symboliczna; podobny los spotkał kiedyś „niepodzielny” atom. Powstaje natomiast nieodparte pytanie: czy aktualna próżnia we Wszechświecie nie jest „falszywą próżnią” dopuszczająca w bliżej nieokreślonej przyszłości możliwość apokaliptycznego przejścia fazowego?

5. Kolejnym uogólnieniem, choć idącym w innym kierunku są wielowymiarowe modele przestrzeni — tzw. teoria Kaluzy–Kleina. Ten ostatni krzyk mody to w gruncie rzeczy stary pomysł, który odgrzano po sześćdziesięciu latach i przyprawiono do smaku przy pomocy supersymetrii. Paradoksem w rozwoju nauki jest, że idea Kaluzy i Kleina pojawiła się „za wcześnie”, w każdym razie zbyt wcześnie, by docenić jej trafność. Pomysł polega na dopuszczeniu dodatkowych wymiarów, które są w pewnym sensie „małe” tak, że nie widać ich bezpośrednio. W teorii Kaluzy–Kleina są to jednak wymiary całkowicie realne: w nich właśnie mają swe źródło siły elektromagnetyczne, słabe i silne. Zadanie zatem polega po prostu na zinterpretowaniu pewnych znanych od dawna, „formalnych” symetrii wewnętrznych tych oddziaływań na gruncie czysto geometrycznych symetrii dodatkowych wymiarów przestrzennych.

Patrząc na powyższy, nieco uproszczony i skrótowy schemat, trudno oprzeć się kilku refleksjom. Proces poznawania w fizyce jest ciągiem kolejnych „skoków” rozumienia. W każdym kolejnym takim skoku zbliżamy się do poznania fragmentu rzeczywistości i na ogół jest to tylko ulepszenie po-

przedniego modelu. O ile bowiem w czasach Newtona nikt nie wątpił w ścisłość koncepcji przestrzeni absolutnej i rzeczywistość utożsamiano z samą koncepcją, dzisiaj z ostrożną asekuracją wolimy mówić raczej o modelach unikając wszelkich definitywnych i dogmatycznych ustaleń. Jest także oczywiste, że piana kosmiczna nie opisuje „zespołu naszych wrażeń” i nigdy nie będziemy jej oglądać. Zamiast hipotetycznego narzędzia, zdolnego próbować przestrzeń na odległościach rzędu długości Plancka musi wystarczyć nam jego namiastka — matematyka całek po trajektoriach oraz lepsza lub gorsza intuicja. Co czeka nas w przyszłości na tej drodze i jakie jeszcze modele przestrzeni będzie można dopisać do powyższej listy, jeśli założyć, że tempo ich odkrywania będzie równie duże?

Śledzenie rozwoju naszych wyobrażeń o tak podstawowych i bliskich pojęciach jak czas i przestrzeń dowodzi dobitnie jak bardzo obecne poglądy oddaliły się od pierwotnych, zdawałoby się oczywistych koncepcji; co więcej, pozwala przypuszczać, że nie są to ostatnie słowa w tej dziedzinie. Studia takie są też interesujące same w sobie. O potrzebie studiowania historii rozwoju nauk humanistycznych napisano wiele i powiedziano jeszcze więcej. Historia ta jest w naturalny sposób wpisana w same te nauki. W przypadku nauk przyrodniczych studiowanie ich historii nie jest zajęciem, którym zawodowy fizyk lub matematyk mógłby się pochwalić w gronie swoich kolegów. Na egzaminie z fizyki często pada pytanie np. o matematyczne szczegóły dotyczące manipulowania równaniami Maxwella, ale egzaminowany student byłby niezmiernie zaskoczony, gdyby padło pytanie o okoliczności ich powstania, rok publikacji czy oryginalny sposób zapisu przez odkrywcę. Bardzo złośliwi twierdzą wręcz, że gdy zasmakuje się sukcesów naukowych i brak już ochoty na bieżące śledzenie literatury fachowej, wtedy zawsze można robić dwie rzeczy: szukać ewentualnych korelacji statystycznych na komputerze, których wykrycie dają pozory zrozumienia, albo studiować historię własnej dyscypliny. Ale czy jest to właściwe miejsce dla historii rozwoju nauk przyrodniczych?

Często przywoływanym i tradycyjnym już symbolem naszych czasów jest szybszy niż kiedykolwiek rozwój nauk przyrodniczych i stowarzyszony z nim postęp techniki. Ale symbolem epoki stał się niewątpliwie również szybki zanik refleksyjności ogółu tych, którzy korzystają, a niekiedy i cierpią z powodu wytworów postępu techniki nad prawami przyrody, których odkrycie legło u podstaw owych wytworów. Zanik refleksyjności tak powszechny, że z pewnością zasługujący na miano kryzysu i chociaż modny

ten termin nie jest pochwałą stanu rzeczy to przecież wskazuje na potrzebę poświęcenia mu kilku słów.

Jest oczywiste, że sformalizowany i abstrakcyjny język współczesnej fizyki jest obcy większości wykształconych ludzi i przez to pewne pojęcia używane na co dzień przez naukowców są niedostępne dla innych. Ale nie to wydaje się przyczyną stwarzającą barierę obojętności wobec nauk takich jak fizyka. Jeszcze w latach trzydziestych, gdy dziennikarze ujawnili że Albert Einstein przygotował nową wersję swej jednolitej teorii pola (on sam miał nadzieję, że ostateczną; dziś wiemy, że był w błędzie) natychmiast przetłumaczony na angielski tekst przesłano telefonicznie do Stanów Zjednoczonych i rozplakatowano na szybach domu towarowego, przed którym zgromadzili się przechodnie. Zapewne częściowa w tym zasługa reklamy prasowej, niewątpliwie niezwykła osobowość twórcy teorii względności sprzyjała zainteresowaniu, ale były chyba też i inne przyczyny.

Bardzo charakterystycznym zjawiskiem we współczesnej nauce, które można by obarczyć częściową odpowiedzialnością za wspomniany kryzys refleksyjności jest olbrzymi zalew nowych prac i publikacji, wśród których są dobre, przeciętne i całkiem złe i nawet profesjonalista nie jest w stanie przejrzeć i ocenić wszystkich. Jeden z wydawców najważniejszego czasopisma fizycznego „The Physical Review” powiedział kiedyś z humorem, że w roku 2000 szybkość przyrostu tego periodyku na półkach bibliotek przekroczy prędkość światła, ale nie będzie to sprzeczne z teorią względności, ponieważ przekaz informacji spadnie wtedy do zera. Tym pilniejsza potrzeba szybkiej i rzetelnej, a przede wszystkim odpowiedzialnej i nie przeładowanej tanimi sensacjami popularyzacji wiedzy. Niezależnie od wszystkich możliwych przyczyn wydaje się, że powoli i niezauważenie wchodzimy w okres kryzysu; jakkolwiek nie tak widocznego na co dzień i dokuczliwego jak inne kryzysy. Jest to sfera zjawisk, która — jeśli użyć terminologii technicznej — ma długą stałą czasową: zaniedbania obecne ujawnią swe skutki w dalekiej przyszłości. Ale nie oznacza to, że można o nich zapomnieć.

Jest jeszcze jeden dość swoisty efekt, o którym warto w tym kontekście wspomnieć. Jak już podkreślono język współczesnej fizyki jest nieznanym większości wykształconych ludzi i przez to pewne pojęcia używane przez fachowców są niedostępne dla ogółu. Od poznającego wymaga się zatem zawsze przekroczenia pewnej bariery pojęciowej i związanego z tym niemałego wysiłku umysłowego. Tylko pobieżne i w nieprzemyślany sposób prowadzone nauczanie np. fizyki prowadzi do wytworzenia nieprawdziwych przeświadczeń jakoby twórcy tej nauki byli jasnowidzami, a sam proces dochodzenia

do fragmentów prawdy był dla nich prosty i oczywisty. Na ogół satysfakcja z udanej próby przyswojenia sobie jakiegoś pojęcia lub zrozumienia zjawiska jest nagrodą wieńczącą długi proces błędzenia. Ostateczna publikacja zwykle nie mówi nic o nieudanych próbach, jakkolwiek zrozumienie ich jest zapewne nie mniej pouczające niż końcowy rezultat. Jednym z tych, którzy mogli sobie jeszcze pozwolić na mniej lakoniczne przedstawianie swoich wyników był Kepler. Niezagrożony przez konkurentów i nie wiedząc o tym, że z nauki można zrobić maszynę ambicji i współzawodnictwa opisywał swoje próby udane i błędne pokazując przez to jak dokonywał odkryć. Nie obawiał się, że zaszkodzi to jego reputacji; mając na uwadze jedynie postęp wiedzy nie taił swoich pomyłek, ale dokładnie je opisywał. Oto znamieny cytat z jego książki: „...moim przekonaniem jest, że okoliczności w jakich ludzie zdobywają wiadomości o zjawiskach niebieskich są niemniej ważne niż same odkrycia... Jeżeli Krzysztof Kolumb, Magellan, Portugalczycy opowiadający o swoich tułaczkach nie tylko są usprawiedliwieni, ale ponadto nie chcemy, by którąkolwiek z przygód opuścili, pozbawiając nas w ten sposób wielu przyjemności, niech nikt nie bierze mi za złe, że postępuję jak oni.”

Warto uświadomić sobie w tym miejscu jeszcze jeden prosty fakt związany ze wspomnianą barierą pojęciową. W naukach takich jak historia czy studia nad językiem efekt poznania jest zwykle proporcjonalny do włożonego wysiłku, jest nadto na ogół natychmiastowy. W naukach zwanych tradycyjnie ścisłymi przejście pewnej drogi w celu zrozumienia, wymaga zawsze wiary w jej sensowność. Postęp na takiej drodze jest zwykle żmudny i znacznie częściej doświadczyć można swoistych upokorzeń niż upragnionego światła poznania. Tylko wiarą w istnienie nieznanego wyjaśnić można wysiłki żeglarzy płynących w poszukiwaniu drogi do Indii. Podobnie, jedynie wiarą w istnienie rozwiązania można zrozumieć dziesięć lat samotnych zmagania Einsteina w poszukiwaniu ogólnie kowariantnej teorii grawitacji, lata prób i ślepych zaułków przy poszukiwaniu przez Keplera ilościowego związku między rozmiarami orbit planet a okresami ich obiegu wokół Słońca. Wszystkie te prawdy, do których zbliżyli nas ci, którzy mieli odwagę uwierzyć w ich istnienie niewątpliwie należą w sposób trwały do kultury ludzkości. Jeżeli zatem ze słusznym oburzeniem reaguje się na fakt nieznanomości przez młodzież szkolną szczegółów dotyczących literatury „w imię kultury ogólnej, humanizmu itd.” dlaczego — w imię tych samych zasad — nie bronić potrzeby szerszej znajomości współczesnych poglądów na przykład na istotę przestrzeni, choćby jedynie w takim zakresie jak przedstawiono powyżej. Nie chodzi tu o puste kolekcjonowanie wiedzy, nie chodzi nawet o erudy-

cje czy osławioną „kulturę ogólną”. Stojące za tym wszystkim prawa fizyki mogą któregoś dnia zmienić oblicze codziennej rzeczywistości i wtedy trudno będzie się tłumaczyć tradycyjnym „to za trudne”.