

Michał Heller

Filozofia fizyki przed nowym millenium

Filozofia Nauki 4/2, 7-15

1996

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie przez **Muzeum Historii Polski** w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego. Artykuł jest umieszczony w kolekcji cyfrowej bazhum.muzhp.pl, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

Michał Heller

Filozofia fizyki przed nowym millenium

1. Ontologia, fizyka i redukcjonizmy

Tytuł mojego artykułu brzmi patetycznie. Celowo. Fizyka jest nierozzerwalnie związana z tzw. zachodnią filozofią. Osiem ksiąg *Fizyki* Arystotelesa nie stanowiło początku, lecz było świadectwem długiego etapu, którego detale zagubiły się w naszej historycznej pamięci. Aż do czasów nowożytnych fizyka pozostawała częścią filozofii; dopiero potem stała się jej największą konkurentką, ale równocześnie czynnikiem, który — jak żaden inny — przyczynił się do stymulacji filozoficznego myślenia. I właśnie u progu nowego millenium warto nie tylko oceniającym spojrzeniem ogarnąć minione stulecie, lecz również wybiec myślą ku otwierającym się perspektywom. A sądzę, że są to perspektywy szerokie. Fizyka i filozofia będą jeszcze miały sobie wiele do powiedzenia. Dołączając do patetyczności element prowokacji, podejmę ryzyko dowodzenia, że w nadchodzących dziesięcioleciach fizyka coraz bardziej będzie stawiała się filozofią.

Na temat zadań i celów filozofii wylano morze atramentu i farby drukarskiej. Pomimo ogromnego rozrzutu opinii i mnogości stanowisk — tak czy inaczej filozofuje się po to, by coś zrozumieć: naturę bytu, sensowność istnienia, strukturę świata, swoje miejsce w rzeczywistości... Aby wymienić to wszystko, co próbowano zrozumieć przy pomocy filozoficznych spekulacji, należałoby przepisywać indeksy rzeczowe z podręczników historii filozofii. A zrozumieć — najogólniej rzecz biorąc — to znaczy porozkładać na najprostsze elementy i potem znowu ułożyć w całość, tak by zobaczyć, jak wszystko ze sobą współdziała. Nie musi to wcale zakładać teoriopoznawczego redukcjonizmu. Najprostsze elementy nie muszą być mechanicznymi czy quasi-mechanicznymi częściami całości, lecz na przykład mogą być jakimiś aspektami struktury, które z pewnych względów uważa się za fundamentalne. Całość nie musi być więc uważana za całość dlatego, że składa się z części, lecz na przykład dlatego, że w jakimś

sensie najłatwiej ją wyjaśnić. Ten dział filozofii, który zajmuje się wyławianiem i analizowaniem tych najbardziej fundamentalnych elementów lub aspektów rzeczywistości, nazywa się „ontologią”. W tym sensie ontologia jest najpierwotniejszą (najbardziej podstawową) spośród wszystkich dyscyplin filozoficznych.

Jeżeli zgodzimy się z tym — z konieczności dość pobieżnym — rozpoznaniem, to musimy również przyznać, że począwszy od XVII wieku nowożytna fizyka zaczęła spełniać funkcje co najmniej podobne do funkcji typowych dla ontologii. Wprawdzie filozofowie często utrzymują, że wyjaśnianie ontologiczne jest wyjaśnianiem innego typu niż to, którego dostarcza fizyka; w niczym to jednak nie zmienia faktu, że teorie fizyczne również rozkładają «fizyczną rzeczywistość» na najbardziej fundamentalne elementy, komponują z nich całości; i że zabieg ten wcale nie musi być rozumiany — a w odniesieniu do najnowszych teorii pól kwantowych nawet nie może być rozumiany — w duchu redukcjonizmu.

Ta «ontologiczna funkcja» nowożytnej fizyki została bardzo wcześnie zauważona (a nawet przesadnie zaakcentowana) przez samych twórców fizyki i ich bezpośrednich następców. Wkrótce zaczęto wręcz odrzucać filozoficzne ontologie lub — w najlepszym razie — traktować je jako nieudolne poprzedniczki wyjaśnień dostarczanych przez fizykę. To przekonanie — żywione często instynktownie — zostało później zastąpione przez bardziej systematyczną refleksję metanaukową.

Jednym z pierwszych rezultatów takiej refleksji był pogląd, zwany dziś „fenomenalizmem”. Głosił on, że istnieją tylko zjawiska (fenomeny), a poszukiwanie jakiegokolwiek głębszej warstwy bytu jest jedynie pogonią za złudzeniami. Fizyka i inne nauki empiryczne dają pełne wyjaśnienie świata, gdyż badają one wszystko, co tylko jest dostępne badaniu. Oczywiście jedne zjawiska zależą od drugich, i w siatce tych zależności pewne zjawiska są bardziej podstawowe, lub bardziej «elementarne», niż inne. W ten sposób narodził się redukcjonizm. Zwolennicy tego poglądu głosili, że najbardziej elementarne zjawiska to te, które bada fizyka i, co za tym idzie, wyjaśnianie kończy się z chwilą, gdy jakąś naukę uda się zredukować do fizyki. Fizyka spełnia więc rolę ontologii. Jest to, być może, ontologia zubożona w porównaniu z tradycyjnymi dociekaniami ontologicznymi, ale innej ontologii nie ma. Świat taki właśnie jest — zjawiskowy. Pozytywizm, a potem jeszcze ostrzej neopozytywizm, ostatecznie usankcjonował te poglądy, odmawiając wszelkiej wartości poznawczej dociekaniom filozoficznym, które byłyby czymś więcej niż analizą naukowych teorii.

W tym sensie fizyka przejęła funkcję tradycyjnej ontologii, ale tego rodzaju ufilozoficzenie fizyki pociągało minimalizm filozoficzny. I to w jednej z najbardziej drastycznych jego postaci znanych w dziejach myśli ludzkiej. Czy jednak pozytywistyczny minimalizm nie był tylko złym odczytaniem tego, co w ciągu ostatnich trzystu lat zdarzyło się w obszarze wzajemnego oddziaływania filozofii i nauk empirycznych?

2. Migracja pojęć i problemów

A właściwie co się zdarzyło? Zdarzyło się tak wiele, że jestem tu w stanie naszkicować jedynie kilka najbardziej rzucających się w oczy procesów.

Przed wszystkim dość łatwo zauważyć, że szereg pojęć przeszło z filozofii do fizyki. Los taki spotkał między innymi pojęcia: „przestrzeni”, „czasu”, „zdeteminowania”, „przyczynowości”, „porządku”, „organizacji”, „złożoności”, „indywidualności”, „lokalności”, „globalności”... Co więcej, niektóre z tych pojęć z fizyki przechodziły z powrotem do koncepcji filozoficznych, by stamtąd ponownie rozpoczynać swoją wędrówkę w kierunku teorii fizycznych. Problem jest znacznie bardziej złożony, niż sugeruje to jego rozwiązanie, jakie zaproponowano przez wprowadzenie rozróżnienia kontekstu odkrycia i kontekstu uzasadnienia. Oddziaływanie filozofii na fizykę nie sprowadza się wyłącznie do inspirowania twórców teorii fizycznych ideami filozoficznymi (choć wagi tego procesu nie można nie doceniać). Pojęcia o niewątpliwiej proveniencji filozoficznej faktycznie funkcjonują w niektórych teoriach fizycznych (a nie tylko w umysłach uczonych) i wraz z tymi teoriami ulegają ewolucji.

Proces migracji pojęć pomiędzy filozofią a fizyką nie jest prostym przejmowaniem przez jedną z tych dyscyplin terminów związanych z danym pojęciem i przenoszeniem ich do słownika drugiej dyscypliny. Pojęcia są uwikłane w problemy, i jeżeli migrują, to razem z problemami i za sprawą problemów. Dlatego Popper wołał mówić raczej o «sytuacjach problemowych» niż oddzielnie o pojęciach i problemach.

3. Filozofia w fizyce

To prawda, że pojęcia uwikłane w problemy, przechodząc z terenu filozofii na teren fizyki, zmieniały swoje znaczenia, ale przeważnie nie do tego stopnia, by się całkowicie pozbawić swojego filozoficznego ładunku. To raczej pojęcie „filozoficzności” ulegało przemianom, dostosowując się do zmienionej sytuacji problemowej. W ten sposób doszło do powstania tego, co dziś niekiedy nazywa się „filozofią w fizyce”. Jest to nieco sloganowe określenie wyrażające to, że niektóre zagadnienia tradycyjnie należące do filozofii są obecne w teoriach fizycznych, lub — co więcej — że teorie fizyczne stawiają zagadnienia o wyraźnym charakterze filozoficznym, które bez tych teorii w ogóle by nie powstały. Zagadnienia czasu i przestrzeni tradycyjnie należą do filozofii i, również tradycyjnie, pojawiają się w wielu teoriach fizycznych: od mechaniki klasycznej począwszy, na najnowszych próbach kwantowania pola grawitacyjnego skończywszy. Notoryczne angażowanie się filozofów w spory dotyczące szczególnej teorii względności jest wymownym świadectwem tego, że ta teoria fizyczna zawiera w sobie — łatwe do dostrzeżenia — wątki filozoficzne. Brak tak licznych dyskusji wokół, na przykład, teorii pól kwantowych, nie świadczy o niefilozoficzności tej dziedziny fizyki, lecz jedynie o tym, że coraz częściej aby filozofować, trzeba być fizykiem.

W paragrafie 6. przedstawię nieco dokładniej przykład zagadnienia o silnym wydźwięku filozoficznym, które nie powstałoby bez zaawansowanych teorii fizycz-

nych. Przykład ten również dotyczy czasu i przestrzeni, ale wiąże się z jeszcze bardziej filozoficznym problemem, jakim jest problem indywidualizacji. Zastosowanie tzw. niekomutatywnej (nieprzemiennej) geometrii do badania najbardziej podstawowego poziomu organizacji świata (kwantowa teoria pól łącznie z kwantową grawitacją), ujawniło możliwość istnienia — bez możliwości umiejscowienia w czasie i przestrzeni. Na tym poziomie istnieje autentyczna geometria i dynamika, a więc jakaś postać rozciągłości i zmiany, ale nie ma możliwości zidentyfikowania punktów lub otoczeń. Teoria jest od początku do końca globalna, bez jakichkolwiek cech, które wiązałyby się z lokalnością. A jeśli nie ma zlokalizowania, to czy można mówić o indywidualach? W każdym razie, jeśli zgodzić się ze Strawsonem, że kryterium rozpoznawania indywidualów jest umiejscowienie w czasie i przestrzeni, to możliwości takiej nie ma. Jest rzeczą oczywistą, że doniosłość tego zagadnienia wykracza daleko poza obszar wąsko rozumianej filozofii przyrody.

Powiedziałem, że problem nie powstałby, gdyby nie zastosowanie niekomutatywnych geometrii do podstaw fizyki. Jest to prawdą w tym sensie, że problem ten narodził się w tak nieoczekiwanym «miejscu» i został sformułowany przy pomocy tak precyzyjnych narzędzi pojęciowych, że istotnie można mówić o jego nowości, ale prawdą jest również to, iż jest rzeczą niezmiernie trudną wymyślić coś, o czym by filozofowie już wcześniej, w jakimś sensie, nie rozprawiali. Spory o *principium individuationis* pojawiły się we współczesnej fizyce w postaci zupełnie różnej od tej, jaką miały ich średniowieczne pierwowzory. Pojawiły się, ale nie odżyły. O ile na przykład problemy absolutności czy względności czasu i przestrzeni zostały przeniesione wprost z filozofii na teren fizyki, o tyle zagadnienia lokalizacji i indywidualizacji zostały postawione na nowo, bez pomocy filozofii, przez teorie współczesnej fizyki.

4. Epistemologia fizyki

Jeżeli w fizyce istnieją problemy o znaczeniu filozoficznym, to rodzi się pytanie, jak je rozpoznać. Chodzi tu o rozpoznanie w sensie metateoretycznym, a więc o rozstrzygnięcie takich zagadnień, jak: miejsce tych problemów w strukturze teorii fizycznej, ich rola w ewolucji teorii fizycznych i w konkurencji pomiędzy teoriami, stosunek tych problemów do ich filozoficznych archetypów... Filozoficzne zagadnienia w fizyce — z jednej strony uczestniczą we wszystkich filozoficznych uwikłaniach typowych dla współczesnej fizyki, z drugiej strony dodają one do tych uwikłań wymiar filozoficzny, domagający się wzbogacenia analiz z zakresu standardowej metodologii fizyki o analizy metafizyczne.

Jeżeli można utrzymywać, że współczesna fizyka spełnia (przynajmniej niektóre) funkcje tradycyjnej ontologii, to uzasadnione staje się twierdzenie, że współczesna filozofia nauki (zawężona do filozofii fizyki) odgrywa rolę teorii poznania, zwykle wyprzedzającej badania ontologiczne. Ale jest również rzeczą oczywistą, że tradycyjne rozważania epistemologiczne, w zastosowaniu do «filozoficznych zagadnień w fizyce» już nie wystarczą. Muszą być one uzupełnione o analizy, uwzględniające charakterysty-

czny kontekst fizyki. Problem jest jednak bardziej subtelny (i bardziej fascynujący filozoficznie) niż tylko sprowadzenie wszystkiego do dość przecież ogólnikowego postulatu łączenia tradycyjnych rozważań epistemologicznych z metateoretyczną refleksją, dotyczącą współczesnej fizyki. Chodzi o to, że fizyka zaczyna być, w pewnym sensie, problemem sama dla siebie.

Jest rzeczą powszechnie wiadomą, że dyskusje na temat racjonalności rozwoju nauki stanowią dziś trzon badań z zakresu filozofii nauki. W dyskusjach tych idzie o podanie możliwie adekwatnego modelu rozwoju nauki, przy czym przez model rozumie się schemat lub opis, który ujmowałby najbardziej charakterystyczne cechy ewolucji naukowych teorii (czy po prostu nauki). Żaden z modeli proponowanych przez filozofów nauki nie próbuje uchwycić mechanizmów tych przemian, czyli odtworzyć dynamiki procesu ewolucji nauki. Mam tu na myśli dynamikę w sensie, w jakim termin „dynamika” funkcjonuje w teoriach fizycznych. Dynamika jest dziedziną fizyki; i to w gruncie rzeczy każda dynamika: nie tylko dynamika punktu materialnego lub bryły sztywnej, lecz także dynamika przemian populacji, dynamika wzrostu rośliny, dynamika ewolucji grup społecznych... Nic dziwnego, że pora zapytać także o dynamikę rozwoju nauki. Rozwój nauki jest oczywiście bardzo skomplikowanym procesem, ale teoria układów dynamicznych dysponuje możliwością przeprowadzania idealizacji, które na ogół dają dobre (często więcej niż dobre) przybliżenie rzeczywistych zjawisk. A zresztą możliwość uchwycenia dynamicznych mechanizmów rozwoju nauki jest zyskiem, na który warto postawić — nawet za cenę ryzyka zbyt daleko posuniętych uproszczeń.

Coraz częściej mówi się również o konieczności stworzenia nauki o kognitywno-informacyjnych własnościach ludzkiego umysłu; i miałyby to być nie nauka filozoficzna, lecz nauka typu przyrodniczego, posługująca się metodami wypracowanymi przez fizykę, biologię, informatykę itp. Co więcej, zaczątki takiej nauki można już obserwować gdzieś na pograniczu badań funkcjonowania mózgu i tzw. zagadnienia sztucznej inteligencji. Nie ulega wątpliwości, że z chwilą gdy taka nauka w pełni się ukonstytuuje, stanie się ona nieodzownym narzędziem wykorzystywanym w analizie procesu powstawania i ewolucji teorii naukowych.

5. Ontologie strukturalistyczne

Wróćmy jednak do centralnego problemu filozoficznego, jakim jest problem ontologii. Fenomenalizm zredukował ontologiczną funkcję fizyki do badania jedynie zjawiskowego aspektu świata. Pozytywizm zradykalizował to stanowisko, odrzucając istnienie jakichkolwiek innych aspektów świata — poza aspektem zjawiskowym. Dziś zdajemy sobie sprawę z tego, że taki punkt widzenia jest w gruncie rzeczy arbitralną decyzją ontologiczną. Samo uprawianie fizyki i traktowanie jej osiągnięć na serio zakłada pewnego rodzaju «ontologiczne widzenie świata». Warto zapytać, o jaką ontologię tu chodzi. Ale najpierw: co rozumiem przez traktowanie osiągnięć fizyki na serio? Czy mam na myśli odwoływanie się do pragmatyzmu w sporze o realistyczną lub

antyrealistyczną interpretację teorii fizycznych? Przyznaję, że argumenty takie trafiają mi do przekonania, i odwołując się do nich, byłbym skłonny przypisać światu strukturę pozostającą w jakimś stosunku do matematycznych struktur teorii fizycznych. Ale postulowane przeze mnie traktowanie fizyki na serio może znaczyć coś znacznie mniej. Możemy mianowicie pytać jedynie o to, jaką ontologię zakłada matematyczny formalizm danej teorii fizycznej, zawieszając pytanie o stosunek tej teorii do rzeczywistości, czyli zawieszając sąd w sprawie realistycznego czy antyrealistycznego jej interpretowania (nawet antyrealista może z czystym sumieniem pytać o ontologię tego rodzaju). Takie rozumienie ontologii nie jest odległe od Quine'owskiego utożsamiania istnienia z zakresem zmiennych kwantyfikowanych. Nie pytamy o to, co istnieje, lecz o to, czego istnienie zakłada dany język; z tym że w wypadku teorii fizycznej językiem, o który chodzi, jest matematyczna struktura danej teorii.

Ostatnie zdanie w pewnej mierze określa rodzaj takiej ontologii, a mianowicie musi to być ontologia struktury. Teorie matematyczne przedstawiają bowiem pewne struktury, natomiast teorie fizyczne wykorzystują niektóre z tych struktur do modelowania świata, tym samym przejmując na siebie całą strukturalistyczną architekturę matematyki. Trzeba jednak podkreślić, że zależność struktury teorii fizycznej od odpowiedniej struktury matematycznej nie musi być (i na ogół nie jest) jedno-jednoznaczny odwzorowaniem. Niekiedy jedna teoria fizyczna może dopuszczać kilka różnych formalizmów (struktur) matematycznych. Na przykład mechanikę kwantową można przedstawić w formalizmie przestrzeni Hilberta lub w formalizmie algebr C^* . W takiej sytuacji należy przypuszczać, że te różne formalizmy są reprezentacjami pewnej jednej abstrakcyjnej struktury matematycznej, i dana teoria fizyczna zakłada właśnie tę abstrakcyjną strukturę. Struktura zakładana przez mechanikę kwantową nie byłaby więc ani strukturą przestrzeni Hilberta, ani strukturą algebr C^* , lecz abstrakcyjną strukturą, której te dwie matematyczne teorie są reprezentacjami (terminu „reprezentacja” nie używam tu w znaczeniu technicznym stosowanym w matematyce, lecz w luźnym sensie do niego zbliżonym).

W ten sposób należy rozumieć twierdzenie, że wszystkie teorie fizyczne zakładają ontologię strukturalistyczną. Nie trzeba dodawać, że jedynie skrajni antyrealiści nie będą mieli pokusy pytania o stosunek ontologii zakładanych przez teorie fizyczne do ontologii świata. Wydaje się, że wszyscy inni będą skłonni przypisywać światu, przynajmniej w jakimś sensie (może tylko aproksymatywnie), także pewną ontologię typu strukturalistycznego. W tego rodzaju tendencjach należy jednak zachować daleko idącą ostrożność. Nie znamy dziś zupełnej teorii fizycznej (tzn. teorii, która by w sposób pełny opisywała wszystkie oddziaływania fizyczne; np. mechanika kwantowa nie jest teorią zupełną, ponieważ pomija kwantowe efekty grawitacji), a przypisywanie światu struktury którejś z niezupełnych teorii byłoby niezwykle ryzykownym zabiegiem. Nawet gdyby samo «przypisywanie» obwarować rozmaitymi zastrzeżeniami.

6. Przykład — zagadnienie indywidualizacji

Tradycyjne rozważania ontologiczne odznaczają się dużym stopniem ogólności, by nie rzec — ogólnikowości. Niekiedy mówi się, że na tym polega ich filozoficzna doniosłość i metafizyczna niepodważalność. Na przykład twierdzenie „Każdy byt jest bytem” jest tautologicznie niepodważalne i niejednokrotnie było interpretowane w bardzo ontologiczny sposób. Chciałbym zwrócić uwagę na fakt, że analizy ontologiczne, w sensie zaproponowanym w poprzednim paragrafie, mogą być wysoce niebanalne (tzn. mogą wymagać bardzo zaawansowanego warsztatu formalnego) i mogą prowadzić do wniosków, których w żaden sposób nie da się przewidzieć na drodze intuicji. Jako przykład takiej analizy pragnę krótko przedstawić — czy raczej zasygnalizować — analizę zagadnienia indywidualizacji (wspomnianego już w paragrafie 3.).

Dziś już powszechnie wiadomo, że problem indywidualizacji pojawił się w mechanice kwantowej — a jeszcze bardziej wyraziście w kwantowych teoriach pola — i że rozwiązania sugerowane przez te teorie fizyczne są dość odległe od usankcjonowanych tradycją ustaleń. Jeżeli zdanie „Każdy byt jest bytem” rozumieć jako stwierdzenie tożsamości z sobą samym i odrębności od innych, to na poziomie kwantowym zasada ta napotyka wiele znaków zapytania: «indywidua» nie tylko nabierają cech probabilistycznych, ale mogą się nakładać na siebie (zasada superpozycji). Są to dosyć znane twierdzenia teorii fizycznych, ale warto pokusić się o ich analizę ontologiczną w stylu zaproponowanym w poprzednim paragrafie. Można mianowicie zapytać, w jakiej strukturze matematycznej, wykorzystywanej przez teorie fizyczne, mieści się założenie o możliwości indywidualizacji, i w jaki sposób założenie to może być łamane. Postawimy to zagadnienie w całej ogólności, nie ograniczając się do mechaniki kwantowej i kwantowej teorii pola. Tym bardziej, iż okazuje się, że w teoriach tych zakwestionowanie indywidualizacji nie jest tak radykalne, jak to jest możliwe.

Za najbardziej podstawowe struktury matematyczne powszechnie uważa się struktury teoriomnościowe, ale są one dosyć ubogie i ich ontologiczna interpretacja wychodzi niewiele poza banalne stwierdzenie, że jednostki można klasyfikować na podstawie ich własności (jednostki posiadające tę samą własność stają się elementami tego samego zbioru). Znacznie bogatszymi strukturami są struktury algebraiczne, i bardzo często to właśnie one są odpowiedzialne za głębokie własności teorii fizycznych. Tak ma się sprawa z indywidualizacją.

Dla uproszczenia problem indywidualizacji zawężę do problemu lokalizacji w (czaso)przestrzeni. Dla potrzeb naszej uproszczonej analizy możemy myśleć o lokalizacji, jako o pewnym szczególnym przypadku indywidualizacji, a mianowicie o indywidualizacji punktów (punktochwil) w (czaso)przestrzeni. Nasza intuicja sugeruje nawet, że bez lokalizacji nie ma indywidualizacji.

Otóż wiadomo, że w teoriach fizycznych czasoprzestrzeń jest modelowana przez strukturę matematyczną zwaną „rozmaitością różniczkową” (lub krótko „rozmaitością” — oznaczymy ją przez M), a cała informacja o geometrycznej strukturze rozmai-

tości jest zawarta w algebrze $C^\infty(M)$ funkcji gładkich na rozmaiłości M . Istnieniu punktów w rozmaiłości (lub punktachwil — *resp.* zdarzeń — w czasoprzestrzeni) odpowiada istnienie maksymalnych ideałów w algebrze $C^\infty(M)$.¹ Co więcej, dowodzi się, że następstwem istnienia maksymalnych ideałów w algebrze $C^\infty(M)$ jest istnienie otoczeń punktów w rozmaiłości M . Zidentyfikowaliśmy więc strukturę algebraiczną odpowiedzialną za te własności, które zwykle uważamy za istotne dla pojęcia lokalizacji w (czaso)przestrzeni. Możliwość lokalizacji czegokolwiek w czasie i przestrzeni (w czasoprzestrzeni) nie jest związana z tajemniczą «haecceitas», lecz z głębokimi własnościami, które można precyzyjnie wyrazić w języku algebry. Wprawdzie nasza intuicja nie widzi ontologicznej doniosłości tych związków, ale ich miejsce w formalnej strukturze teorii nie pozostawia co do tego żadnych wątpliwości.

Co więcej, uchwycenie pewnej struktury pozwala nią manipulować. Możemy na przykład zapytać, czy możliwa jest geometria bez pojęcia lokalizacji. Aby taką geometrię skonstruować, trzeba poszukać algebry, która zachowywałaby pewne własności algebry funkcji gładkich na rozmaiłości, ale w której nie istniałyby ideały maksymalne. Matematyk wie, że nie może to być algebra funkcji, lecz jakaś nieprzemienna (niekomutatywna) algebra A .² Okazuje się, że można zbudować «nieprzemienną geometrię», wykorzystując pewną nieprzemienną algebrę A jako odpowiednik zbioru $C^\infty(M)$ funkcji gładkich w wypadku zwykłej geometrii na rozmaiłości M . Oczywiście nieprzemienna geometria jest tworem od początku globalnym, w którym nie można wyróżnić ani punktów, ani otoczeń; a zatem nie ma w nim możliwości lokalizacji.³

Konstrukcja nieprzemiennych geometrii nie jest tylko ćwiczeniem z matematycznej abstrakcji. Geometrie te znajdują zastosowanie w fizyce. Jak wiadomo, dotychczas nie udało się w sposób spójny połączyć fizyki grawitacji (ogólnej teorii względności) z fizyką kwantową. Matematyczne metody tych dwu obszarów fizyki wydają się pozostawać ze sobą w nie dającym się pogodzić kontraście (by nie powiedzieć — sprzeczności). Jedną z podstawowych różnic sprowadza się do tego, że za geometryczne własności ogólnej teorii względności odpowiedzialność ponoszą przemienne algebry (gładkich funkcji na rozmaiłościach), podczas gdy metody fizyki kwantowej opierają się na algebrach nieprzemiennych (na algebrach operatorów na przestrzeniach Hilberta). Nasuwa się więc myśl, by zbudować ogólną teorię względności, wykorzystując zamiast zwykłej geometrii, pewną geometrię nieprzemienną. Prace takie są w toku. Zgodnie z tym programem badawczym, w mikroskali — na najbardziej fundamentalnym pozio-

¹ Maksymalnym ideałem odpowiadającym za istnienie punktu $x \in M$ jest zbiór wszystkich funkcji $f \in C^\infty(M)$, dla których zachodzi $f(x) = 0$.

² Tzn. taka algebra, że dla jej dowolnych dwu elementów $a, b \in A$, $a \cdot b \neq b \cdot a$.

³ Niekiedy mówi się o «niekomutatywnej przestrzeni». Ponieważ jednak pojęcie „przestrzeni” wiąże się z lokalizacją, wolę raczej mówić o «niekomutatywnej (nieprzemiennej) geometrii». Jest to geometria bez pojęcia „przestrzeni”.

mie fizyki — nie byłoby ani czasu, ani przestrzeni, a co za tym idzie możliwości lokalizacji obiektów fizycznych. Możliwość lokalizacji w makroświecie byłaby następstwem stopniowego wyłaniania się czasu i przestrzeni z kwantowych korelacji, w trakcie przejścia granicznego od nieprzemiennej geometrii mikroświata do przemiennej geometrii obowiązującej w makroświecie.

Ontologiczne konsekwencje tego programu są oczywiste. Lokalizacja w czasie i przestrzeni (a w konsekwencji indywidualizacja) nie jest jakąś absolutną ontologiczną koniecznością, lecz następstwem bardziej fundamentalnych cech rzeczywistości, których nie jest w stanie «uchwycić» nasza intuicja, ale które możemy analizować metodami algebraicznymi. Odpowiednio zinterpretowana algebra staje się ontologią fizyki. Na koniec pragnę jeszcze raz przypomnieć, że ontologii tej nie musi się rozumieć jako ontologii «świata rzeczywistego»; wystarczy, jeśli się ją traktuje jako ontologię zakładaną przez teorie fizyczne. Być może sens pojęcia „ontologia” w ten sposób uległ zmianie, ale jest to zwyczajny los wszystkich ważnych pojęć. Ważne pojęcia ulegają ewolucji wraz z sytuacjami problemowymi, w jakie są uwikłane.

7. Filozoficzne horyzonty fizyki

Gdy przyjrzymy się, jak układały się wzajemne stosunki fizyki i filozofii w naszym stuleciu, łatwo zauważyć, że po okresie wzajemnych niechęci (w latach dominacji radykalnego pozytywizmu) nastąpił okres określania granicy wzajemnych kompetencji. Tego rodzaju «pakt o nieagresji», oparty na nieingerowaniu w sprawy partnera, może być tylko etapem przejściowym. Wszystko wskazuje na to, że agresywność fizyki nie zostanie w ten sposób okiełznana, lecz być może wyda owoc zgodnie z mechanizmem dosyć często spotykanym w historii: zdobywca nowych terenów z czasem ulega miejscowej kulturze i, często wbrew własnej woli, zaszczepia jej nowe żywotne soki. Myślę, że jeśli stosunki pomiędzy fizyką i filozofią będą rozwijać się prawidłowo, to fizyka wprawdzie wtargnie na wiele terenów dotychczas zarezerwowanych dla filozofii, ale z czasem sama nabierze wiele cech nauki filozoficznej. Nie sądzę, by — jak utrzymują niektórzy — fizyka dobiegła końca wraz z końcem naszego stulecia. Nawet jeżeli obecne najważniejsze problemy fizyki zostaną rozwiązane, pojawią się problemy sięgające jeszcze dalej. Filozoficzne horyzonty fizyki sięgają głęboko w następne millenium.