ZAGADNIENIA FILOZOFICZNE
W NAUCE
VII / 1985, s. 5–20*

René THOM

KU ODRODZENIU FILOZOFII PRZYRODY

Chciałbym tu przedyskutować syntetyczny, globalny punkt widzenia Filozofii Przyrody, przez nakreślenie, jak w jej terminach wyraża się — moim zdaniem — rola teorii katastrof. Można powiedzieć oczywiście, że czyniąc to przedstawiam pewnego rodzaju program, a jak wiadomo, programy są czasem realizowane, a czasem nie. Doskonale zdaję sobie z tego sprawę, ale przynajmniej dobrze jest wiedzieć, dokąd chcemy iść i z tego względu przedstawienie programu nie jest tak bezużyteczne jak by się wydawało. Punktem wyjściowym moich rozważań jest zasadniczo refleksja nad rolą matematyki w naukach szczegółowych i — ewentualnie — w filozofii. Oczywiście powszechnie wiadomo, że matematykę stosuje się w naukach, odgrywa ona rolę w naukowym wyjaśnieniu, ale właściwy powód użycia matematyki w nauce jest wciąż raczej tajemniczy — różne wyjaśnienia tego faktu można tu proponować. Pozwolę sobie zacząć od próby zdefiniowania, czym jest nauka. Określenie to, jak wiadomo, należy do zadań epistemologii i wiemy, że epistemologowie nie zgadzają się w kwestii zdefiniowania nauki. Definicja, jaką tu chcę zaproponować, jest raczej prosta ale oczywiście jest również raczej mglista — w tej materii jednak nie da się uniknąć pewnej niejasności.

Chciałbym tu zatem podać jako zasadę, że jeśli zdanie ma być nazwane naukowym, to po pierwsze — musi być prawdziwe, po drugie weryfikacja, dowód prawdziwości tego zdania powinien być powszechnie zrozumiały, być do przyjęcia w zasadzie przez kogokolwiek. To chciałbym przyjąć jako podstawową definicję nauki. Jeśli zgodzicie się, że jest to definicja, to oczywiście wynikają stąd bezpośrednio pewne konsekwencje.

Po pierwsze — odrzucenie wszelkiego rodzaju argumentów odwołujących się do autorytetów, ponieważ nie ma autorytetów w nauce. Nie powinno być ekspertów, żadnych w ogóle autorytetów w nauce, bowiem sprawdzenie prawdziwości danego stwierdzenia powinno być możliwe dla każdego.

Drugą konsekwencją jest proces kumulowania się nauki. Mianowicie jeśli stwierdzenie zostało uznane za naukowe w danym czasie i w danym miejscu, to będzie musiało być uznane za naukowe za każdym innym razem. Zatem ilość naukowej prawdy może tylko wzrastać. W ten sposób powiedzenie o rozwoju naukowej wiedzy nie ma w sobie nic tajemniczego — jest tautologią. I kiedy naukowcy zwykli byli przechwalać się postępami swojej dziedziny, jak to się czyta w prasie, nie należy dać się zmylić taką gadką — oni właśnie wypowiadają tauto-

*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.

logię. W pewnym sensie każda nauka dokonuje postępów z samej swojej definicji, w przeciwieństwie do innych dziedzin ludzkiej aktywności jak sztuka czy filozofia, o których nie da się powiedzieć, że czynią postępy.

Z kolei jeśli chcemy wiedzieć, co czyni stwierdzenie naukowe akceptowalnym i możliwym do udowodnienia, to nie pozostaje nic innego,

jak dokonać następującego rozróżnienia. Wśród naukowych stwierdzeń znajdują się przede wszystkim stwierdzenia dotyczące specyficznego zdarzenia czaso–przestrzennego, opisującego część rzeczywistości i ta część rzeczywistości ma być zlokalizowana w przestrzeni i w czasie po to, by można było się upewnić, że rzeczy maja się tak, jak się maja. Pod tym względem uważam, na przykład, że historia jest nauką tak jak inne. Co do historii, wielu ludzi powiada, że tylko zjawiska reprodukowalne można rozpatrywać jako naukowe, a zdarzeń nie dających się odtworzyć nie można uważać za przedmiot nauki. Nie podzielam tego poglądu: myślę, na przykład, że jeśli fakt historyczny jest należycie udowodniony ścisłą dokumentacją i świadectwami, to może być uważany za prawdziwy, oparty na tak samo solidnym gruncie jak inne rodzaje faktów naukowych. Źródłem wszelkiej prawdy w nauce bowiem jest zasadniczo powołanie się na czasoprzestrzenną lokalizację. Zgadzam się do tego stopnia ze standardową neo–pozytywistyczną filozofią utrzymującą, bardziej lub mniej, że źródłem wszelkiej prawdy jest powołanie się na specyficzne zdarzenie czasoprzestrzenne.

Kontynuując tę drogę rozumowania stwierdzamy występowanie dwóch rodzajów zdań w nauce: stwierdzenia opisowe, dające sprawozdanie o specyficznym zdarzeniu w czasoprzestrzeni oraz stwierdzenia „organizujące”, mające, że tak powiem, wartość teoretyczną, zmierzające do uorganizowania czasoprzestrzennych danych doświadczalnych.

Otóż myślę, że to rozróżnienie między zdaniami opisowymi a organizacyjnymi zdaniami teoretycznymi ma podstawowe znaczenie dla punktu widzenia, z którego chcę tu wystartować. Wśród stwierdzeń organizacyjnych mamy przede wszystkim stwierdzenia matematyczne. Obiekty matematyczne oczywiście nie są związane bezpośrednio z realnym światem. Wielkości matematyczne są wielkościami abstrakcyjnymi niezależnie od tego, czy zostały skonstruowane, czy dane w obrębie pewnego rodzaju platońskiego świata idei, mniejsza o to na razie. Ale matematyczne stwierdzenia w zasadzie nie muszą odwoływać się do czasoprzestrzennych zdarzeń, by były prawdziwe. Ze względu na to można powiedzieć, że epistemologiczny status matematyki jest cokolwiek niejasny i niektórzy epistemologowie, neopozytywiści zwłaszcza, orzekli, iż matematyka jest wielką tautologią i informacja zawarta w matematyce jest żadna. Jest to punkt widzenia dla mnie całkiem do przyjęcia, w pewnej mierze — myślę, że właśnie to uwydatnia szczególne położenie matematyka, który w zasadzie zajmuje się światem nie mającym nic wspólnego z żadnymi konkretnymi realiami.

Zapomnijmy na chwilę o matematyce i zajmijmy się problemem teoretyzowania w nauce. Dlaczego chcemy tworzyć teorie naukowe? Rozumie się, jest po temu wiele powodów. Mianowicie jeśli przyjmiemy założenie, że nauka zajmuje się opisem rzeczywistości, to musimy przyznać, że rzeczywistość jest raczej mglistym pojęciem. Co więcej, gdyby ktoś chciał totalnie opisać całą rzeczywistość, miałby, że tak powiem, do sporządzenia straszliwy w swym ogromie katalog wszystkich wydarzeń we wszystkich częściach czasoprzestrzeni, co oczywiście byłoby absolutnie niemożliwe. Zatem spośród wszystkich wydarzeń występujących w czasoprzestrzeni musimy dokonać selekcji. Przede wszystkim wśród ogółu faktów rozpoznać te, które chcemy widzieć, zauważać czy wykrywać: spośród tych faktów wyodrębnić te, które uważamy za bardziej interesujące od innych. Z kolei mając ogół takich danych, tak ogromny, że żaden komputer nie mógłby ich zmagazynować, musimy znaleźć sposób skondensowania lub redukcji tych danych w sposób dający się wykonać — do tego oczywiście podstawowym narzędziem będzie teoretyzowanie. Przez teoretyzowanie rozumiem w pierwszej kolejności rozpoznawanie regularności wśród czasoprzestrzennych zjawisk form lub struktur. Wśród danych dostępnych naszej percepcji musimy zdołać rozpoznać regularności w ich podłożu. Regularności te możemy wyrazić w terminach reprodukowalności zjawisk (jak w fizyce) lub poprzez bardziej mgliste pojęcia, jak pojęcia występujące w teorii Gestalt, związane ze swego rodzaju płynnymi klasami równoważności między występującymi formami.

Te płynne klasy równoważności mogą dać początek konceptualizacji, która może być później użyta do systematyzowania danych i organizowania struktury danych doświadczalnych. Jeśli przypatrzyć się takiej metodzie, to dochodzi się do stwierdzenia, że teoretyzowanie można uważać za redukcję dowolności w opisie. W każdej dziedzinie empirycznej mamy masę danych, których totalny opis jest niemożliwy z powodu mnóstwa nagromadzonych detali. Dzięki teoretyzowaniu uzyskujemy możność wyodrębnienia spośród tych danych elementów znaczących i wysnucia z tych elementów porządnej, koherentnej teorii. Można zatem powiedzieć, że podstawowym przedmiotem teoretyzowania w nauce jest redukcja dowolności, niezbędna w opisie.

Jak wobec tego można by tę redukcję przeprowadzać? Myślę, że jedną z podstawowych metod można tu podać, przypominając stara maksymę francuskiego fizyka Jeana Perrina, który powiedział: „wyjaśnić to znaczy zastąpić skomplikowane widzialne niewidzialnym prostym”. Maksymę tę można rozumieć na wiele sposobów. Kiedy Perrin to powiedział, miał oczywiście na myśli wyjaśnienie zjawisk naturalnych przez teorię atomową — atomy były niewidzialne oczywiście z powodu ich małości. Teoria ta jest standardowym przykładem wyjaśnienia redukcjonistycznego, które w pewnym sensie wprowadza nowe byty — atomy na przykład — oraz siły między atomami, za pośrednictwem których można zrekonstruować widzialną morfologię zjawisk.

Ale myślę, że istnieje inne podejście w zakresie teoretyzowania nad zjawiskami naturalnymi — nazwałbym je podejściem platońskim. Dobrze jest znana przypowieść Platona o cieniach w jaskini jako danej morfologii. Można próbować wyjaśnić tę morfologię przez wprowadzenie parametrów nieznanych lub zmiennych ukrytych i w nowej przestrzeni otrzymanej przez dołączenie tych parametrów wprowadzić konceptualnie proste obiekty, których rzut na przestrzeni obserwabli odpowiadałby danym doświadczalnym. Zatem podejście platońskie polega na przyjęciu następującego punktu widzenia: Jest dana przestrzeń obserwabli, przestrzeń U będąca, że tak powiem, podłożem lub nośnikiem doświadczalnej morfologii, mamy mnóstwo skomplikowanych form na tej przestrzeni, które nie wiemy jak wyjaśnić. Cóż zatem czynimy? Wprowadzamy przestrzeń nieznanych lub ukrytych parametrów S. Nazwiemy U przestrzenią obserwabli oraz S przestrzenią parametrów ukrytych. Będę teraz konstruować w przestrzeni produktowej $U \times S$ najprostsze obiekty, które przez rzutowanie zrekonstruują złożona morfologię, daną na przestrzeni obserwabli. Taka jest ogólna procedura wyjaśnienia naukowego według podejścia platońskiego. Być może kogoś to zaskoczy, ale takim platońskim podejściem kieruje się nawet standardowa fizyka a to już wcale nie jest filozofia.

By podać bardzo prosty przykład, rozpatrzmy morfologię oscylatora liniowego. Otóż w jednowymiarowej przestrzeni parametryzowanej zmienną q widzimy punkt poruszający się po odcinku według wzoru $q = \sin(\omega t)$, np. masę poruszaną przez sprężynę. Tutaj przestrzenią U jest zakres zmienności parametru q. Można teraz wprowadzić przestrzeń S, w której ukrytym parametrem będzie tym razem pęd p. W przestrzeni parametrów p, q znajdziemy mianowicie okrąg $p^2 + q^2 = 1$, bardzo ładny obiekt geometryczny, i okrąg ten opisuje jednostajny ruch ze stałą prędkością kątowa ω. Rzutując ten ruch na przestrzeń obserwabli U otrzymujemy w tej przestrzeni ruch oscylatora.

Standardowa interpretacja w nauce zawsze idzie drogą wprowadzania ukrytych parametrów celem uproszczenia opisu. I teraz dzieje się tak, że fizycy tak nawykli do używania tych nowych p–współrzędnych (pędów), że oni teraz uważają współrzędne p za znacznie ważniejsze i bardziej istotne niż współrzędne położenia q, które są dla nich rodzajem antropocentrycznego reliktu. Myślę jednak, że tym niemniej pozostaje wciąż prawdą, iż współrzędne pędowe stworzono dla wyjaśnienia tego, co dzieje się w przestrzeni bazowej, parametryzowanej przez q.

Z kolei jeśli chcemy posunąć się nieco dalej tak pojmując teoretyzowanie naukowe, to dochodzimy do problemu wyprzedzającego podejście platońskie: co w istocie rozumiemy przez byt konceptualnie prosty? I tu wchodzimy w nader skomplikowaną sytuację, ponieważ problem prostoty nie jest czymś łatwym do sprecyzowania. Samo pojęcie prostoty jest chyba jeszcze względnie łatwe, ale przeciwne pojęcie złożoności jest czymś znacznie trudniejszym do zdefiniowania.

Często spierałem się z biologami, ponieważ oni zawsze utrzymywali, że człowiek jest znacznie bardziej skomplikowany od bakterii, zaś ja zawsze zajmowałem przeciwne stanowisko że mianowicie bakteria jest znacznie bardziej skomplikowana od człowieka, ponieważ rozumiemy mnóstwo rzeczy u człowieka, których nie rozumiemy u bakterii. Ale taki punkt widzenia jest oczywiście nie do zaakceptowania przez ogół biologów, obstających przy ściśle redukcjonistycznym stanowisku. Otóż jednym z głównych celów teorii katastrof jest właśnie określić sposób mierzenia złożoności. W pewnym sensie możemy powiedzieć, że kiedy jedna forma jest bardziej złożona od innej, to zasadniczo próbujemy wyjaśnić tę pierwszą, jako rzut prostych obiektów z przestrzeni produktowej; bardziej złożone są obiekty górne, mniej złożone są obiekty u dołu. Przez taką procedurę — powiedziałbym — mamy możność utworzenia hierarchii złożoności między formami. Mając to narzędzie jesteśmy w stanie, teoretycznie przynajmniej, rozpoznać kiedy forma danej struktury lub morfologii doświadczalnej jest wyjątkowa a kiedy jest zwyczajna. W tym właśnie widzę jedną z podstawowych korzyści i konsekwencji teorii katastrof: jest ona pomocna w rozpoznawaniu, kiedy zjawisko jest zaskakujące.

Rozpoznanie, kiedy zjawisko jest zaskakujące, nie powinno być aż tak trudne, ale jest faktem, że brak po temu decydującego kryterium. Nie mając teorii, jesteśmy po prostu niezdolni rozpoznać, kiedy zjawisko jest zaskakujące. A w pewnym sensie stanowi to główną trudność dzisiejszych biologów: mają oni mnóstwo, ogromną masę danych z chemii, biochemii, biologii molekularnej i temu podobnych. Przy braku unifikujących zasad bardzo trudno jest biologiom ustalić, chociaż mają tyle danych, kiedy mają miejsce najbardziej interesujące i znaczące zjawiska.

Z pojęciem złożoności mamy obecnie do czynienia w modelach — na przykład w modelach elementarnej teorii katastrof — jakie przedstawił w swych wykładach E. Christopher Zeeman; mamy tam do czynienia z osobliwościami. Dochodzimy do rozpatrywania osobliwości zdegenerowanego odwzorowania, w którym występuje punkt osobliwy w specyficznym punkcie krytycznym w przestrzeni. Stosując teorię osobliwości jest się tu zdolnym ustalić złożoność danego odwzorowania, poklasyfikować złożoności tych punktów osobliwych i — powiedziałbym — tę ich wewnętrzna złożoność. Jeśli zatem stosuje się tę teorię, to ma się możność uporządkowania złożoności w danej morfologii w terminach specyficznych standardowych form.

Rzućmy teraz okiem na współczesne nauki z punktu widzenia ich teoretyzowania. Wyliczmy niektóre z nich: fizyka, chemia, biologia, nauki społeczne, psychologia, socjologia etc. Matematyka, jak to wcześniej rzekłem, ma swój własny świat i w zasadzie nie ma do czynienia ze światem przyrodniczym. Ale matematykę stosuje się bezpośrednio do fizyki, a czyni się to — zasadniczo — z następującego powodu: w fizyce Wigner był pierwszym myślicielem, który zadumał się nad niezrozumiałą ścisłością praw fizyki. Możemy zatem utworzyć ścisłe modele ilościowe dla pewnych sytuacji fizycznych, na przykład w mechanice. Ruchy planet stanowią typowy przykład, w którym możemy sformułować ścisłe modele ilościowe. Nawet gdy czasem modele te nie mogą być ściśle rozwiązane z powodu ich wewnętrznej trudności lub złożoności, tym niemniej jednak model istnieje i z pomocą dostatecznie mocnych środków lub komputerów moglibyśmy — w zasadzie — rozwiązać te modele i znaleźć odpowiednie prawa ewolucji, czyli dokonać ilościowych przewidywań. I, jak wiadomo, działa to nieźle dla spornej części fizyki, mianowicie dla tej części fizyki, która ma ściśle do czynienia z prawami podstawowymi, takimi jak, Newtona prawo grawitacji, Maxwella prawo elektromagnetyzmu itp.

Co jest zatem głównym powodem dla: po pierwsze, istnienia tych praw, po drugie, naszej możliwości posłużenia się nimi do przewidywań? Uważam, że są to dwie różne rzeczy, pojęciowo rozłączne. Fizykom często zdarza się sytuacja, że znają porządne, ścisłe prawo, ale nie mogą wyrazić go w terminach standardowych narzędzi matematycznych, przez co prawo to może nastręczać poważne trudności, gdy próbuje się dokonać przewidywań na jego podstawie. Do tego problemu jeszcze powrócę.

Myślę, że prawa fizyczne zasadniczo istnieją przez to, że fizycy mogą i muszą komunikować się między sobą. Dwóch obserwatorów powinno mieć możność porównania swych obserwacji, wizji świata, jaka im się jawi. Jak wiadomo, w fizyce porównania dwóch obserwatorów dokonuje się poprzez geometryczną konstrukcję zwaną transformacją współrzędnych. W ten sposób podstawową wielkością fizyczną jest zawsze pewna przestrzeń wektorowa, na której działa pewna grupa (reprezentacja grupy), działanie to odpowiada powyższym transformacjom. Otóż zasadniczo wszystkie prawa fizyki wyrażają się w terminach niezmienniczości względem tych reprezentacji i jest to pewien rodzaj cudu, że te reprezentacje są analityczne. Jeśli rozważać, powiedzmy, wybrany element macierzy zamiany współrzędnych, to każdy taki element, każde wyrażenie tej macierzy ma być analityczną funkcją czaso–przestrzennych współrzędnych obserwatora. I to wymaganie analityczności uważam — jest raczej co nieco tajemnicze. Ze swej strony mam jedyne tego wyjaśnienie: fakt, że dla grup zwartych w sposób zwarty działających w przestrzeni — każda reprezentacja jest analityczna. Jestem przekonany, że ta analityczność jest wynikiem swego rodzaju uzwarcenia działania grupy, oznaczającego, że nie wdajemy się w ustalanie co się dzieje w nieskończoności, tak że praktycznie sprowadzamy wszystko do sytuacji zwartej i przez to otrzymujemy powyższą własność analityczności. I ta własność analityczności ma oczywiście daleko idące następstwa: jeśli mamy dane doświadczalne z określonego obszaru czasoprzestrzeni, wiedząc o ich analityczności możemy ekstrapolować je jako analityczne przedłużenie i to właśnie rozszerzenie pozwala dokonywać ilościowych przewidywań, które mogą być porównywane z rzeczywistością i testowane doświadczalnie.

Zatem analityczność reprezentacji — uważam — jest jak gdyby podstawowa dla wyjaśnienia płodności fizyki, praw fizycznych i możliwości dostarczania ilościowych przewidywań. Jeśli teraz przejdziemy od elementarnych, podstawowych praw fizyki, do fizyki makroskopowej jak na przykład fizyka ciała stałego, równania cieczy realnych itp. — to sytuacja szybko się degraduje. I dlatego w fizyce makroskopowej prawa są ustalane empirycznie. Na przykład dla realnej cieczy mamy empiryczne równanie stanu dotyczące ciśnienia, temperatury, gęstości, jest jednak niemożliwością znalezienie kompletnego wyrażenia analitycznego dla realnych równań stanu i dlatego wszystkie ekstrapolacje w pewnym momencie łamią się. Oczywiście — można dokonywać aproksymacji, zawsze jest możliwe dokonywanie przybliżeń i stosowanie aproksymujących procedur, ale nie jesteśmy już pewni teoretycznej wartości takich procedur. To jest główny punkt.

Kiedy mamy elementarne, podstawowe prawa fizyczne, mamy możność dobrego oszacowania prawidłowości procedur interpolacyjnych bądź ekstrapolacyjnych. Natomiast mając dane prawa empiryczne jesteśmy w całkiem kiepskiej sytuacji, a jeśli przejdziemy do chemii lub biologii, to bezpośrednio stwierdzamy, że użycie matematyki ilościowej już nie ma takiego realnego znaczenia. Według mnie, w chemii matematykę stosuje się przede wszystkim do lokalnego badania oddziaływań molekularnych. Jest potrzebna do tego masa procedur aproksymacyjnych, poprawność których można oceniać z dużą dozą nieufności. Należy tu wspomnieć o kinetyce chemicznej — występuje tam mnóstwo współczynników w równaniu, których oszacować nie umiemy. Wszystkie prawa kinetyki bowiem, podobnie jak prawo działania mas, są raczej przybliżone i na ogół nie dysponuje się tu ścisłym modelem. Stosowanie matematyki w biochemii staje się już całkiem nieporęczne. Kiedy przechodzimy do biologii, to prawdę mówiąc matematykę stosuje się tam zasadniczo w dwóch przypadkach. Po pierwsze: do wypracowania modeli lokalnych jak np. przepływ krwi przez aortę lub rozchodzenie się impulsu nerwowego czy innych tego rodzaju detali, po drugie: do wypracowania teorii populacji, co nazwał bym ekologią matematyczną. Uważam, że z ogólnego, teoretycznego punktu widzenia modele lokalne nie mają na ogół większego znaczenia. Mniej lub bardziej dokładnie przedstawiają one lokalne zjawisko. Teoria populacji jest oczywiście ładną teorią matematyczną, według mnie jednak byłoby uczciwe powiedzieć, że jej biologiczna stosowalność jest raczej wątpliwa. Oprócz tego jest jedna rzecz, co do której większość ludzi jest nastawiona entuzjastycznie: genetyka matematyczna. Poczynania w jej zakresie są całkiem dobre z teoretycznego punktu widzenia, jednak jej stosowanie w biologii jest raczej wątpliwe, zasadniczo dlatego, że zależność między genotypem a fenotypem nie może być sformalizowana, wobec czego wszystkie konstrukcje tej dziedziny mniej lub bardziej wiszą w powietrzu.

Kiedy przejdzie się od fizyki do chemii czy biologii, a stamtąd do psychologii i socjologii, z matematycznych zastosowań znajdzie się tam tylko użycie statystyki, z jednym wyjątkiem: ekonomiką matematyczną — ładna teoria, której stosowalność jednak do realnej ekonomii w chwili obecnej również wydaje się wątpliwa; taki sam zarzut, jak pod adresem teorii populacji w biologii. Tym niemniej mogę powiedzieć, że z ekonomiką matematyczną, tj. modelem wymiany według Walrasa–Pareto, otwiera się dziedzina z dokonanym już początkiem matematycznej konceptualizacji. Wydaje się ona bardziej obiecująca od poprzednich usiłowań na tym polu. Z kolei w tak zwanych „naukach humanistycznych”, przeciwstawionych naukom „niehumanistycznym”, mógłbym właściwie wspomnieć o lingwistyce i etnologii, w których istnieje kilka konkretnych modeli algebraicznych typu strukturalistycznego. Moim zdaniem, znaczenie ich jest o wiele bardziej teoretyczne niż praktyczne. Ale tym niemniej dały one pewien pożytek przez pokazanie, że gdy wniknąć głębiej w dziedziny ludzkiej działalności, to ujawnia się w nich jakiś matematyczny rys. Jest to ten punkt, który chciałbym tu mocno zaznaczyć. Mógłbym powiedzieć, że jakaś cząstka standardowej matematyki leży między biologią a psychologią.

Gdy schodzić na dół skali nauk, matematyczne narzędzia tracą swą moc oraz swój operacyjny charakter. Fakt ten jest dobrze znany wśród naukowców; jest jednak znamienne, że nikt nie lubi o tym wyraźnie mówić. Są po temu trzy powody, bardzo łatwe do zrozumienia. Pierwszy jest taki, że nauki nie mające tak efektywnych narzędzi do dyspozycji jak prawa fizyczne, chciałyby być takie jak fizyka i dlatego dążą one do zbudowania metodologii podobnej do metodologii fizyki i starają się wyglądać w oczach innych ludzi na tak ścisłe jak fizyka. Każda nauka stara się być zmatematyzowana, ponieważ wierzy ona, że mogłaby stać się tak ugruntowaną jak fizyka podstawowa. Jest to, że tak powiem, powód zewnętrzny. Drugi powód ma charakter wewnętrzny, działa w odwrotnym kierunku: dopóki dana nauka nie dopuszcza ściślej matematyzacji, otwiera ona praktycznie nieskończenie wiele możliwości działania dla naukowców na swym polu; mogą oni bowiem w tej sytuacji tworzyć modele wszystkich rodzajów, z przybliżeniami, hipotezami statystycznymi itp. Praktycznie nie ma tam ograniczeń możliwości budowania modeli — w sytuacjach, które aktualnie nie dopuszczają ścisłych modeli ilościowych. Zatem z wewnętrznego punktu widzenia niesprecyzowanie nauki jest rzeczą dobrą dla naukowców danej dziedziny, bo pozwala im pracować, powiedziałbym w prawie nieokreślony sposób. Wreszcie powód trzeci: jest nim oczywiście lobby przemysłu komputerowego. Każde laboratorium chce mieć swój własny komputer do pracy — nawet, gdy *a priori* nie ma powodów do oczekiwania, że wyekstrahuje się jakikolwiek rodzaj użytecznej informacji z tego, co się włożyło do komputera. Ta degradacja matematycznych narzędzi jest rzeczą dobrze znaną, ale też, jak dotąd raczej mocno ukrywaną z powyższego trzeciego powodu.

Spróbuję teraz sformułować, co może sobą zaoferować teoria katastrof wobec przedstawionego stanu rzeczy. Kiedy mówiłem wcześniej o nauce powiedziałem, że nauka zajmuje się stwierdzeniami, które są prawdziwe. Ale prawdziwość stwierdzenia chyba nie jest tak ważna, jak się wydaje. Myślę, że prawdę powinno się porównać z zawartością znaczącą. To znaczy powinniśmy brać pod uwagę nie tylko prawdę, ale i istotną dla nas treść. Ta zawartość znacząca jest dwojakiego rodzaju: praktyczna i teoretyczna. Mówimy o praktycznym znaczeniu, gdy chodzi o możliwości przewidywania i działania, teoretycznym — gdy chodzi o rozumienie zjawiska. Taki podział może wydać się wam dziwny i wielu ludzi uważa, że nie da się odróżnić praktycznego znaczenia (*practical interest*) od teoretycznego (*theoretical interest*). Nie jestem tego tak pewien. Wydaje mi się, że zdarzają się sytuacje, które rozumiemy bardzo dobrze, ale tym niemniej jasno uświadamiamy sobie naszą niemożność działania. Na przykład jeśli znajdujesz się w domu zalewanym przez powódź, która przybiera coraz wyżej i wyżej, wspinasz się na dach domu i wciąż widzisz, jak woda przybiera, to rozumiesz sytuację doskonale, ale uczynić tu nie możesz nic. Na odwrót — są sytuacje, w których możemy całkiem skutecznie działać bez ich rozumienia: myślę, że współczesna medycyna dostarcza dowodu na to niemal całkowicie, o ile oczywiście jej działania są skuteczne, co chcielibyśmy widzieć. Mamy mnóstwo sytuacji, w których możemy manipulować znanymi z doświadczenia trikami, podczas gdy ich głębokie powody są ciągle niejasne.

Prawda naukowego stwierdzenia, jak to wcześniej wyjaśniłem, ma do czynienia oczywiście z czasoprzestrzennymi zależnościami, czyli gdybym miał posunąć się z moim stanowiskiem do skrajności powiedziałbym, że jedyne prawdziwe stwierdzenia w nauce są to stwierdzenia opisowe. Wszystkie organizujące lub teoretyczne stwierdzenia są do pewnego stopnia wątpliwe lub nawet podejrzane. Myślę, że głównym wyjątkiem od tego stwierdzenia są podstawowe prawa fizyki, będące stwierdzeniami organizacyjnymi, tym niemniej prawdziwymi. Ale to jest, myślę, rodzaj wyjątku w całej sytuacji nauki — na ogół każdy rodzaj organizacyjnego zdania można uważać za nie w pełni prawdziwy.

Dobrze to wiadomo od czasu Popperowskiej analizy: „żadna hipoteza nie może być nigdy sprawdzona przez eksperyment, ponieważ choćby nie wiadomo jak liczne eksperymenty ją potwierdzały, nigdy nie ma pewności, czy następny eksperyment jej nie sfalsyfikuje". Z tego względu więc, moim zdaniem, byłoby uczciwie powiedzieć, że wszystkie teoretyczne stwierdzenia w nauce są w pewnej mierze przypuszczeniami i z tego względu nie podzielają one statusu prawdziwości zdań czysto opisowych. W pewnym sensie prowadzi to do stwierdzenia, że rozróżnienie między nauką a filozofią — jeśli pójść tą droga — nie jest tak łatwe, jak się zazwyczaj uważa. Istnieję takie dziedziny lub teorie, jak psychoanaliza na przykład, które nie są lub których nie można określić jako naukowe, bowiem (jak to pokazał Karl Popper na przykład), każdy rodzaj niepowodzenia tej teorii może być przez nią samą wyjaśniony, zatem teorie takie nie mogą być sfalsyfikowane. W konsekwencji nie można ich określić ściśle jako naukowe. Tym niemniej jednak, z ogólnego punktu widzenia na historię myśli ludzkiej powiedziałbym, że psychoanaliza jest teorią, która w historii gatunku ludzkiego odegrała rolę daleko ważniejszą niż wiele współczesnych teorii naukowych.

Tak więc z punktu widzenia znaczącej zawartości jest niewątpliwe, że pewne teorie nie będąc naukowymi są tym niemniej jednak bardzo ważne. I ta ważność teorii może być uzasadniona dwojako: od strony ich praktycznej ważności oraz od strony ich teoretycznego znaczenia dla rozumienia rzeczywistości. Otóż myślę, że teoria katastrof jest pewną próbą skonstruowania ogólnej metody naukowego wyjaśnienia i mogę zasadniczo zlokalizować ją jak następuje: Są trzy sposoby naukowego wyjaśnienia. Pierwszy — ścisłe, ilościowe modele typu fizycznego. Następnie mamy modele, że tak powiem, biologiczne, które są zasadniczo opisowe z pewną dozą teorii na niskim poziomie. Wreszcie mamy nauki społeczne, gdzie problemy są inne.

Kiedy czytasz publikacje z zakresu nauk społecznych, na ogół jesteś uderzony faktem, że ich autorzy są w najwyższym stopniu inteligentni. Nie żartuję: jest prawdą, że ludzie uprawiający socjologię, etnologię lub antropologię na ogół są nad wyraz bystrzy. Mają wysoką kulturę umysłową, zręczność w wysławianiu się, potrafią dostrzegać masę rzeczy i porównywać je. Mamy tu do czynienia z werbalną konceptualizacją na najwyższym poziomie elegancji i inteligencji. Nie można tego powiedzieć o współczesnym teoretyzowaniu w biologii.

Otóż twierdzę, że teoria katastrof w pewnym sensie może wypełnić tę lukę, tę przepaść między trzema typami teoretyzowania w nauce. A może to zrobić w następujący sposób: dostarcza ona związku między tamtymi sposobami a ścisłymi modelami ilościowymi; związek ten dokonuje się, gdy bierze się zwykłe przybliżenia tych modeli. Otrzymuje się naturalne modele stanowiące coś pośredniego między modelami ilościowymi a jakościowymi. Ścisły jakościowy model jest oczywiście modelem opisanym nie przez jedno równanie, ale przez klasę równoważności równań. Oto mamy mnóstwo równań i nie ma podstaw do wybrania spośród nich specyficznej klasy. Ale wszystkie równania w takiej klasie mają tę samą jakościową strukturę i z tego względu opisują zjawiska z dokładnością do odpowiedniej jakościowej klasyfikacji. Ale tu jest pewnego rodzaju obszar niejasności: nie przechodzi się tu od ścisłych modeli ilościowych do modeli czysto jakościowych poprzez raptowny przeskok. Są tu pośrednie dziedziny, gdzie stosuje się przybliżenie empiryczne, hipotezy statystyczne, modele przybliżone i temu podobne. Jest to ta dziedzina, o której Rutherford całkiem słusznie wyraził się *qualitative is nothing but poor quantitative.* Jest to mroczna ale fascynująco pośrednia dziedzina. Przeciw niektórym modelom teorii katastrof można podnieść zarzut — zdaję sobie sprawę — użycia nieumotywowanych chociaż kontrolowanych przybliżeń, ale ten sam zarzut można podnieść przeciw wielu standardowym modelom używanym przez tzw. matematykę stosowaną.

Teoria katastrof może również pomóc w połączeniu modeli ilościowych z werbalną konceptualizacją — myślę, że to się stosuje do podjętej przeze mnie próby geometrycznego modelowania składniowych struktur zdań. O ile będziemy w stanie zgeometryzować ich znaczenie, będziemy mogli nadać myśleniu słownemu uniwersalne podstawy. Jednym z głównych zarzutów przeciw myśleniu słownemu jest niemożność uzyskania pewności, że dane słowo języka ma jedyny odpowiednik w innym języku. Jak powiedziałem, nauka ma być uniwersalna, zatem każdy rodzaj naukowego pojęcia powinien być jednoznacznie przekładalny na wszystkie języki świata. I to właśnie określa tę mglistą, niemal niewidoczną, ale ważną granicę między nauką a filozofią: pojęcie naukowe ma jedyne znaczenie na całym świecie, we wszystkich językach, podczas gdy pojęcie filozoficzne niekoniecznie. Gdy chcecie przetłumaczyć francuskie słowo *raison* na niemiecki, to macie do wyboru między *Verstand* a *Vernunft* i nie zawsze jest jasne, które słowo wybrać. Jest to właśnie przykład na zademonstrowanie tego, że gdy chcemy uteoretyzować nauki społeczne do postaci prawdziwie naukowej dyscypliny, to musimy uprawiających je ludzi uczynić mniej inteligentnymi, niż są faktycznie i zobowiązać ich do używania pojęć na tyle ubogich i prymitywnych, by można je było uwidocznić na drodze geometrycznej, uchwytnej dla każdego. W istocie, jedną z podstawowych trudności nauk społecznych jest to, że używają one pojęć nie dających się wyrazić w terminach morfologii. Pojęcie takie, jak „władza klasy społecznej" lub inne podobne — z grubsza mówiąc — są pojęciami nie dającymi się wyrazić na drodze morfologicznej. I to jest z pewnością głównym mankamentem nauk społecznych. Natomiast w biologii poziom morfologiczny jest wprost nam dany i powiedziałbym, że na ogół nie mamy tam nic więcej prócz niego.

Zatem to, co wnosi teoria katastrof, to utworzenie przestrzeni parametrów ukrytych nad daną przestrzenią i wprowadzenie obiektów natury algebraicznej, analogicznych do opisanego tu wyżej, które, że tak powiem, umożliwiałyby unifikację zdarzeń morfologicznych i redukcję dowolności opisu. Tak widzę, z punktu widzenia filozofii naturalnej, miejsce teorii katastrof w naukach: pośrodku między wymienionymi trzema typami teoretyzowania. Oczywiście, tylko przyszły rozwój okaże, czy ta rola i te obietnice staną się rzeczywistością. Oto program, który chciałem tu zarysować.

(Z języka angielskiego przełożył Jerzy Geresz. Oryginał zatytułowany „Towards a Revival of Natural Philosophy" zawarty jest na str. 5–11 zbioru artykułów *Structural Stability in Physics*, ed. W. Göttinger and H. Eikelmeyer, Springer Verlag 1979. Jest to prelekcja wygłoszona przez Thoma z okazji przyznania mu doktoratu *honoris causa* przez Wydział Fizyki uniwersytetu w Tübingen, RFN 1978 r.)