

Elżbieta KAŁUSZYŃSKA

Logicystyczne modele teorii empirycznej

Logically-Oriented Models of Empirical Theory

NAUKA O NAUCE

Logicystyczny nurt w filozofii nauki wykrystalizował się wokół zadania postawionego przez neopozytywistów. Jest nim stworzenie nauki, której przedmiotem byłaby sama nauka. Takie postawienie problemu kryje w sobie pewną trudność, żeby nie powiedzieć sprzeczność. Zakłada bowiem, iż badany przedmiot — w tym przypadku sama nauka — będzie ujmowany w sposób naukowy, przy użyciu naukowych metod. Te jednak nie są wystarczająco dobrze rozpoznane, dopóki nie istnieje dyscyplina dotycząca nauki. Tak więc zbudowanie nauki o nauce wymaga uprzedniego dysponowania nauką o nauce.

Ta sprzeczność ma charakter pozorny. W podobnej sytuacji są wszystkie dyscypliny naukowe. Biologia zajmuje się organizmami (układami żywymi). Jej przedmiot nie jest jednak wyraźnie określony, zanim nie zostanie wyjaśnione, czym jest życie. To jednak nie jest możliwe, dopóki nie powstaną odpowiednie teorie biologiczne.

Żadna jednak teoria czy dyscyplina naukowa nie pojawia się na jakiejś pustyni poznawczej, w pojęciowej pustce. Nawiązuje do dyscyplin czy teorii wcześniejszych; w ostateczności do potocznego języka i zdroworozsądkowych, potocznych ustaleń. Podobnie punktem wyjścia teoretycznej refleksji nad nauką jest ten obszar działalności ludzkiej, który uważany jest za działalność naukową i te metody, które są tu stosowane.

Nauka jednak nie jest tworem jednorodnym — obejmuje dyscypliny różniące się tak bardzo stosowanymi w nich metodami, jak choćby psychologia i fizyka — co więcej, nawet jej granice są trudne do wytyczenia. Jałowość sporów wokół tzw. **problemu demarkacji** zdaje się dowodzić, że bez arbitralnych decyzji rozstrzygnąć go nie sposób.

Dla ukształtowania nurtu logicystycznego ważny jest fakt, że za podstawowy wzorzec teorii empirycznej uznano teorie fizyczne. Rzadko jest to stwierdzane *explicite*, jednak zauważmy, że w ogromnej większości przypadków ilustracją rozważań teoretycznych, dotyczących teorii empirycznych były — i są — przykłady z zakresu fizyki. Często zaznacza się, że rozważania te odnoszą się do teorii „najbardziej rozwiniętych”, sugerując, że inne dyscypliny empiryczne mają do przebycia tę samą drogę, jaką przeszła fizyka.

Teorie fizyczne zaś prezentowane są w postaci wysoce sformalizowanej (zmatematyzowanej). Skoro więc „teoria nauki” spełniać miała rygory naukowości wyznaczone przez fizykę, musiała przyjąć ostre ograniczenia; między innymi, jej język musiał być równie precyzyjny, jak język fizyki. Szybko rozwijająca się logika dostarczała niezbędnej aparatury pojęciowej. Skupienie uwagi na **kontekście uzasadnienia**, to również nawiązanie do fizyki z jej dążeniem do obiektywności poprzez eliminowanie wszelkich antropocentryzmów. Badanie „gotowej” teorii, jej stosunku do opisywanej rzeczywistości, jej związku z innymi teoriami (w tym teoriami poprzedzającymi daną lub po niej następującymi), pominięcie **kontekstu odkrycia** — z niezbywalnym tu, ale i nieobliczalnym „czynnikiem ludzkim” (intuicją, wiedzą, doświadczeniem) — pozwalało wierzyć, że ścisły opis obiektywnie istniejących zależności będzie możliwy.

Jest jeszcze inny aspekt tej sprawy. Zmatematyzowana postać teorii fizycznych, wygłaszane przez fizyków uwagi typu: „(...) właściwie cała mechanika jest pewnym działem równań różniczkowych zwyczajnych”¹, skłaniają do traktowania teorii fizycznych jako zinterpretowanych empirycznie fragmentów teorii matematycznych. Ponieważ teorie fizyczne reprezentować mają najbardziej zaawansowane w rozwoju teorie nauk empirycznych, w podobny sposób traktowane są wszystkie teorie empiryczne.

Wprawdzie o niektórych teoriach empirycznych trudno powiedzieć po prostu, iż są zinterpretowanymi rachunkami — są to bowiem nierzadko teorie jakościowe — jednak przyjmuje się, że każda teoria empiryczna kryje pewną strukturę dającą się opisać czysto formalnymi środkami. Jeśli zwiążemy ją w jakiś sposób z empirią, otrzymamy pełną teorię. Takie ujmowanie empirycznych teorii jest dodatkowo wzmacniane sukcesami badań teorii ma-

¹ W. Koczyński, A. Trautman: *Czasoprzestrzeń i grawitacja*, Warszawa 1981, s. 26.

tematycznych środkami formalnymi. Metamatematyka jest dziedziną równie ścisłą jak inne działy matematyki. Gdyby udało się rozszerzyć wyniki tu uzyskane na teorie empiryczne, „zinterpretowane rachunki”, sukces byłby pewny.

Ten kompleks **zinterpretowanego empirycznie rachunku** ciąży nad budowanymi w ramach nurtu logicystycznego modelami teorii empirycznej. Zanim jednak przejdę do ich krytycznej prezentacji, zatrzymać się muszę przy kwestii — na pozór tylko — terminologicznej.

MODELE W NAUCE

Mówiąc o „modelach teorii empirycznej”, używam terminu „model” w innym sensie, niż czyni się to w logice traktując o modelach systemu dedukcyjnego. Tam chodzi o modele semantyczne, a więc pewne teoriomnogościowe struktury stanowiące taką interpretację języka, przy której twierdzenia systemu są prawdziwe. Tutaj mam na uwadze to znaczenie, w jakim stosują termin „model” naukowcy, np. stwierdzając, że: „(...) fizycy teoretycy zajmują się modelami” i „Modele te opisują zwykle jedno zjawisko lub grupę zjawisk podobnych”.² Innymi słowy, idzie mi tutaj o to znaczenie tego terminu, w jakim występuje on w nauce, gdy mówimy o modelu atomu Bohra czy kropłowym modelu jądra atomowego.

Pojęcie modelu semantycznego może być użyte — i bywa używane — jako narzędzie (podobnie jak np. równania różniczkowe w pewnych działach fizyki) w logicystycznie zorientowanej filozofii nauki, aby — podobnie jak czynią to inne dyscypliny naukowe — tworzyć modele zjawisk leżących w kręgu ich zainteresowania; w tym przypadku — zjawisk składających się na to, co określa się mianem nauki.

Kłopot z podaniem ścisłej definicji polega — między innymi — na tym, że w nauce termin „model” nie jest stosowany jednoznacznie. W planetarium obserwujemy model układu słonecznego; zarówno wahadło, jak i elektryczny obwód drgający są modelami ruchu harmonicznego; zachowanie fal na wodzie modeluje — w pewnych granicach — rozchodzenie się światła; mówimy o modelu atomu Bohra; pewne równanie różniczkowe jest modelem (matematycznym) zjawiska rzutu ukośnego; dzięki komputerom budujemy modele analogowe zjawisk.

Jak widać, modelem może być konkretny przedmiot fizyczny (fale na wodzie, model w planetarium), będzie nim jednak także pewien obiekt abstrakcyjny — model Bohra, korpuskularny model rozchodzenia się światła,

² *Ibid.*, s. 29, 26.

lecz również zdanie, będące twierdzeniem określonej teorii matematycznej, czy wreszcie program komputerowy. Leo Apostel wyróżnia 21 odcieni znaczeniowych terminu „model” stosowanych w nauce, i nie widzi — poza funkcjonalnym — innego sposobu jego zdefiniowania. Swobodnie mówiąc, musi zachodzić pewna odpowiedniość między „zachowaniem się” modelu (oczywiście w sensie metaforycznym, gdy myślimy np. o równaniu) a „zachowaniem się” modelowanego obiektu — przedmiotu empirycznego czy zjawiska.

Odpowiedniość (**adekwatność**), o której mowa wyżej, musi być inaczej określana dla różnych typów modeli. Pomińmy modele będące konkretnymi przedmiotami fizycznymi (pełnią one głównie demonstratywną rolę) oraz modele analogowe (ze względu na ich użytkowy charakter oraz niewielkie możliwości wyjaśniające). Zatrzymajmy się przy modelach abstrakcyjnych i matematycznych.

Zacznijmy od tych ostatnich. O ich znaczeniu w nauce niech świadczy następujący wyimek: „Zwykle powiada się: rozpatrzmy atom wodoru według mechaniki kwantowej, sugerując w ten sposób, iż rzeczywiście rozpatruje się atom wodoru. W istocie jest tak, że zajmujemy się modelem matematycznym atomu wodoru, a więc tworem myśli ludzkiej, proponowanym przez mechanikę kwantową”.³

Czym jednak dokładnie jest **matematyczny model zjawiska**? Cytowani autorzy udzielają następującej odpowiedzi: „W jakim sensie modele zjawisk fizycznych mają charakter modeli matematycznych? W wielu przypadkach wręcz dosłowne. Na przykład równanie różniczkowe, będące modelem rzutu ukośnego, jest pewnym fragmentem teorii równań różniczkowych. (...) Często jednak bywa tak, że fizycy nie sprowadzają modelu zjawisk fizycznych do fragmentu matematyki, lecz tworzą coś, o czym żywią nadzieję, że stanie się modelem matematycznym. Jako przykład można tu wymienić historię tzw. funkcji δ Diraca”.⁴

Z powyższych fragmentów wynika, że modelem matematycznym zjawiska fizycznego jest pewne równanie, fragment istniejącego już bądź tworzonego na potrzeby teorii fizycznej rachunku matematycznego. W podobny sposób używany jest termin „model” w naukach technicznych. Identyfikacja obiektu sterowania jest standardową procedurą, mającą na celu znalezienie modelu danego obiektu (najczęściej pewnego procesu). Modelem tym jest równanie określające funkcję optymalnie opisującą identyfikowany obiekt.

Wspominany wcześniej model atomu Bohra nie jest jednak po prostu

³ *Ibid.*, s. 28.

⁴ *Ibid.*, s. 26. Historię funkcji δ Diraca przedstawia T. Nadel-Turoński: *O tak zwanym „nienadążaniu” matematyki*, „Studia Filozoficzne” 1972, 2.

równaniem matematycznym. Autorzy mówią też o „modelu zjawisk fizycznych”, który nie zawsze da się sprowadzić do fragmentu matematyki, dla którego poszukuje się dopiero odpowiedniego wyrazu matematycznego. Ponadto, samo wskazanie pewnego równania nie jest wystarczające: „(...) przed napisaniem tego równania trzeba dodać, że mamy do czynienia z przestrzenią euklidesową, w której rozpatruje się krzywe spełniające powyższe równanie” — to odnośnie równania modelującego rzut ukośny. Zaś w mechanice kwantowej podstawowym pojęciem jest „(...) przestrzeń Hilberta, w której wyróżnia się pewien operator hermitowski (hamiltonian). Jego wartości własne określają poziomy energii atomu wodoru, a co za tym idzie — częstości światła emitowanego przez ten atom”.⁵

Generalnie, pewne równanie jest modelem matematycznym zjawiska dopiero wtedy, gdy zostanie wskazane, „(...) które z wielkości matematycznych występujących w modelu odpowiadają obserwowanym wielkościom fizycznym, a dokładnie: które z wyników rachunkowych i w jaki sposób odpowiadają rozmaitym wynikom pomiarów”.⁶

Podobnie rzecz ujmują R. Wójcicki, gdy pisze, że pewne równanie jest modelem matematycznym jakiegoś zjawiska ρ , gdy wskazany został zbiór stwierdzeń dotyczących równania, które „(...) mogą być przekładane na stwierdzenia dotyczące ρ ” oraz „(...) określona została efektywna procedura — kod interpretacyjny — (...) umożliwiający przekład dowolnego zdania z [tego] zbioru na zdanie dotyczące ρ ”.⁷

Zmierzam do konkluzji następującej. Zbudowanie matematycznego modelu zjawiska poprzedzać musi wyobrażenie sobie istoty badanego zjawiska, stworzenie jego idealnego **abstrakcyjnego** modelu. Jest to coś więcej niż **konceptualizacja**, rozumiana — jak ją ujmują metodolodzy — jako ustalenie wielkości, przy pomocy których ma być ono opisywane. Takim abstrakcyjnym modelem jest bohrowski model atomu wodoru. Wyobrażenie małego systemu planetarnego (spełniającego pewne dodatkowe warunki) umożliwia konceptualizację takiego np. zjawiska jak widmo wodoru z charakterystycznymi prążkami oraz wielu innych zjawisk. U podstaw korpuskularnej i falowej teorii światła leży wyobrażenie promienia świetlnego raz jako strumienia

⁵ Kopczyński, Trautman: *op. cit.*, s. 22, 23.

⁶ *Ibid.*, s. 24.

⁷ R. Wójcicki: *Teorie w nauce*, Warszawa 1991, s. 76. Dla Wójcickiego modele matematyczne są szczególnym przypadkiem szerszej klasy, mianowicie **modeli deskryptywnych**. Oprócz warunków wymienionych, Wójcicki żąda dodatkowo, by zarówno zdania dotyczące modelu (czyli równania w przypadku modelu matematycznego, choć modelem może być dowolny obiekt), jak i ich „przekłady” — zdania dotyczące zjawiska — były rozstrzygalne. Te ostatnie — empirycznie rozstrzygalne.

fotonów, raz jako fali; u podstaw termodynamiki — obraz gazu jako mnogości doskonale sprężystych kulek oddziałujących na siebie jedynie poprzez zderzenia. Opisanie rzutu ukośnego stosownym równaniem również kryje za sobą obraz nieskończonej płaszczyzny z prostopadłymi do niej liniami sił pola grawitacyjnego i obiektu, którego ruch uzależniony jest wyłącznie od siły, z jaką został wyrzucony, oraz przyciągania ziemskiego. Takimi abstrakcyjnymi modelami — by sięgnąć po przykłady spoza fizyki — jest mendlowski „atom” dziedziczenia (gen), przekazywany w niezmienionej postaci z pokolenia na pokolenie, również freudowska triada: *id*, *ego* i *superego*. Także „niewidzialna ręka” Smitha i „czarna skrzynka” behawiorystów.

To modele abstrakcyjne są tymi, którymi — według Kopczyńskiego i Trautmana — „zajmują się fizycy teoretycy”. Próbuje opisać je możliwie precyzyjnie, a więc wyobrażenia wspomagana jest środkami formalnymi, co ma tę dodatkową zaletę, że umożliwia dedukcyjne wysnuwanie wniosków z wyjściowych założeń, a tym samym głębsze poznanie zarówno badanego modelu, jaki i — gdy model jest adekwatny — modelowanego zjawiska czy klasy zjawisk.

Bardzo sugestywnie pisze o tym Einstein: „Świat fizyki teoretycznej wyobrażamy sobie jako czterowymiarową rozmaitość (kontinuum). Gdy założymy, że w tej rozmaitości istnieje metryka (miarowość) Riemana i będziemy szukać najprostszycych praw, którym metryka taka czyni zadość, dojdziemy wówczas do relatywistycznej teorii grawitacji w przestrzeni próżnej. Gdy założymy w tej przestrzeni pole wektorowe bądź dające się z niego wyprowadzić pole tensorowe i będziemy szukać najprostszycych praw, którym takie pole czyni zadość, dojdziemy wówczas do maxwellowskich równań przestrzeni próżnej. Skoro osiągniemy już tyle, będzie nam brakowało jeszcze teorii, dotyczącej takich części przestrzeni, w których gęstość elektryczna nie jest zerem. De Broglie odgadł, że istnieje pole falowe, które dało się zastosować do wytłumaczenia niektórych właściwości kwantowych materii. Dirac znalazł w spinorach nowy rodzaj wielkości, charakteryzujących pole, których najprostsze równania pozwalają na daleko idące wysnuwanie właściwości elektronu”.⁸

Nie mogę podjąć tu próby precyzyjniejszego scharakteryzowania modeli abstrakcyjnych⁹ i muszę oprzeć się na intuicjach, jakie starałam się przywołać poświęcając tej „terminologicznej” kwestii tak wiele miejsca. Intuicje te jednak okażą się niezbędne, gdy zechcemy ocenić adekwatność budowa-

⁸ A. Einstein: *Mój obraz świata*, Warszawa 1935, s. 97, 98.

⁹ Nieco dokładniej omawiam to zagadnienie w książce *Modele teorii empirycznych*, Warszawa 1994.

nych w filozofii nauki modeli, do których omówienia przejdę w następnym paragrafie.

MODELE TEORII EMPIRYCZNEJ

W filozofii nauki można zrekonstruować wiele abstrakcyjnych modeli teorii empirycznej. W modelu najbardziej zbliżonym do potocznych wyobrażeń przyjmuje się, że teoria jest zbiorem twierdzeń (praw, zasad), prawdziwie opisujących jakiś aspekt czy fragment rzeczywistości. Ta ogólnikowa charakterystyka obejmuje zresztą kilka modeli różniących się rozstrzygnięciami co do postaci twierdzeń teorii (np. zdania ogólne, formuły otwarte), związków między nimi, wyobrażeniami na temat rzeczywistości empirycznej oraz na temat związku teorii z tą właśnie rzeczywistością.

Nie zamierzam przedstawić pełnego atlasu abstrakcyjnych modeli teorii empirycznej, pozostanę więc tymczasem przy tej ogólnej charakterystyce. W jej ramach budowane są modele, które zgodnie z wcześniejszą analizą należałoby nazwać **matematycznymi**. Ponieważ jednak środki formalne użyte do ich budowania należą do arsenału logiki, a nie matematyki, właściwszym ich określeniem będzie **modele logicystyczne**. W zależności od tego, jaki dział logiki dostarczy narzędzi do badania teorii empirycznej, mówić można o **syntaktycznych**, **semantycznych** i wreszcie o **pragmatycznych** modelach teorii empirycznej. Może to być jednak — jak wskazywałam wyżej — mylące, bowiem termin „model semantyczny” ma w logice inne, ustalone znaczenie. Lepiej więc, choć może brzmi to nie najlepiej, mówić w tym przypadku o modelach **teoriomodelowych**, teoria modeli jest bowiem podstawowym narzędziem w semantycznej analizie teorii.¹⁰

Realizacja programu Hilberta — pełnej aksjomatyzacji matematyki — doprowadziła do zdefiniowania i zbadania **aksjomatycznego systemu dedukcyjnego**. Modeluje on dobrze teorie matematyczne. Pierwsze — **syntaktyczne** — modele teorii empirycznej definiowały ją jako zbiór twierdzeń tworzących aksjomatyczny system dedukcyjny. Wymagało to przyjęcia szeregu założeń idealizacyjnych na temat języka teorii i środków dowodowych w niej stosowanych, lecz wydawało się, że te zabiegi idealizacyjne są dopuszczalne. Bez pewnych idealizacji żadna przecież nauka — również nauka o nauce — nie jest możliwa.

Prawdziwe trudności pojawiły się przy próbach opisanego sposobu wyposażenia teorii — systemu dedukcyjnego — w treść empiryczną, czyli wy-

¹⁰ Znakomitą prezentację tego ujęcia zawiera monografia M. Przełęckiego: *Logika teorii empirycznych*, Warszawa 1988.

jaśnienia sposobu odnoszenia się teorii do rzeczywistości. Dyskusje wokół **O/T dychotomii, zdań protokolarnych, fizykalizmu, operacjonalizmu, weryfikowalności czy falsyfikowalności** teorii empirycznej nie przyniosły zadowalających rozstrzygnięć, choć ich wkład w rozwój filozofii nauki oraz świadomości metodologicznej jest nie do przecenienia. Jednak specyfika teorii empirycznej, owa „empiryczna interpretacja” dedukcyjnego — „w zasadzie” — systemu, okazała się trudniejszym problemem niż początkowo sądzono.

Zaproponowana przez Tarskiego definicja pojęcia prawdy otworzyła nowe pole badawcze. Badania semantyczne znowu okazały się niezwykle owocne na gruncie metamatematyki. Znowu pojawia się więc pokusa potraktowania teorii empirycznej jako „zinterpretowanego w rzeczywistości” rachunku.

Pierwsze modele teorii empirycznej, budowane na gruncie semantyki, utrzymywały w mocy idealizacyjne założenia dotyczące języka teorii empirycznej (tj. że jest to język elementarny¹¹) oraz możliwości sprowadzenia ogółu środków dowodowych teorii do wyraźnie zdefiniowanego (przez wskazanie skończonego zbioru niezawodnych, strukturalnych i obliczalnych reguł inferencji) **operatora konsekwencji**. Możliwe było natomiast odmienne ujęcie problemu interpretacji teorii empirycznej oraz problemu jej prawdziwości.

W **syntaktycznym** modelu teorii empirycznej zakładano, iż w języku (przedmiotowym) teorii można wyróżnić fragment **obserwacyjny** (czy operacyjny). Surogatem rzeczywistości były zdania protokolarne: „czysty” opis faktów. Reguły interpretacyjne miały wiązać terminy **teoretyczne** z terminami **obserwacyjnymi**. Prawdziwość teorii miały gwarantować stosunki wynikania między twierdzeniami teorii a zdaniami protokolarnymi. Jak wiadomo, założenia modelu okazały się niemożliwe do utrzymania.

W modelach budowanych na gruncie semantyki interpretacją języka teorii są odpowiednie **struktury relacyjne**, które reprezentować mają rzeczywistość. Prawdziwość teorii ma być określana zgodnie z Tarskiego definicją prawdy.

Przypomnijmy, że interpretacją języka (L) teorii (T) jest każda taka struktura relacyjna, która zawiera niepusty zbiór (zbiory), stanowiący zakres (zakresy) zmienności zmiennych indywidualowych języka L oraz odpowiednią liczbę, odpowiednio wielomiejscowych relacji (funkcje traktowane są jako szczególny rodzaj relacji). Każdemu k -argumentowemu predykatowi w ję-

¹¹ Oczywiście dotyczy to języka przedmiotowego teorii, tj. takiego fragmentu języka wykładu teorii, który jest niezbędny, a zarazem wystarczający, do wysłowienia wszystkich i tylko twierdzeń teorii.

zyku L odpowiada k -argumentowa relacja w strukturze, będącej interpretacją tego języka. Struktur takich jest — jak wiadomo — nieskończenie wiele. Te, w których prawdziwe są (w sensie Tarskiego) twierdzenia teorii, nazywane są **modelami semantycznymi** teorii. Zbiór semantycznych modeli teorii — nieskończony i zamknięty na izomorfizm — jest podzbiorem zbioru interpretacji języka teorii.

Przypomniane pojęcia zdefiniowane zostały dla sformalizowanych systemów dedukcyjnych, które, jak było wspomniane, dobrze modelują teorie matematyczne. Gdy chcemy odnieść je do teorii empirycznych, pojawia się problem **zamierzonej (zamierzonych)** interpretacji języka teorii i prawdziwości teorii przy takiej właśnie interpretacji. Chodzi tu o to, by struktura relacyjna, którą wskażemy jako zamierzoną interpretację teorii, reprezentowała czy po prostu była tym fragmentem rzeczywistości, który — w zamierzeniu — opisywać ma dana teoria. Innymi słowy, zamierzona interpretacja języka teorii stanowić ma **przedmiot** tej teorii. Gdy ta zamierzona interpretacja jest również modelem teorii, możemy o teorii powiedzieć, że jest **prawdziwa**. Prawdziwa po prostu, a nie „prawdziwa w strukturze M ”, choć takie tylko stwierdzenie dopuszcza Tarskiego definicja prawdy.

Wskazanie jednej z interpretacji języka teorii środkami formalnymi nie jest możliwe. By wyróżnić konkretną strukturę, trzeba wskazać zbiór (zbiory) tworzący jej zakres (zakresy — w przypadku struktur wielozakresowych, a takimi są zwykle interpretacje teorii empirycznych), oraz relacje składające się na jej charakterystykę. Jakie zbiory i jakie relacje? Odpowiedzi na te pytania dostarczyć może jedynie określenie przedmiotu badania danej teorii.

Z pozoru sprawa jest prosta. Jednak deklaracje dotyczące przedmiotu badania odpowiednich teorii empirycznych, jakie można znaleźć w stosownych podręcznikach, są bardzo ogólnikowe: botanika zajmuje się organizmami roślinnymi, mechanika — ruchem ciał materialnych, kosmologia Wszechświatem jako całością. Przedmiot badania danej teorii musi być więc zrekonstruowany, jeśli stanowić ma jej interpretację.

Narzucające się rozstrzygnięcie, że jest nim pewien fragment czy aspekt rzeczywistości, a więc zbiór wszystkich przedmiotów empirycznych określonego rodzaju (organizmy, ciała materialne, przewodniki prądu, grupy społeczne itp.), które badane są pod pewnym względem, prowadzi do rekonstrukcji przedmiotu teorii w postaci tzw. **struktury uniwersalnej**. Uniwersalność struktury polega właśnie na tym, że jednym z jej zakresów jest zbiór **wszystkich** obiektów określonego rodzaju. Jedną z cech wyróżniających nauki empiryczne jest ich **nomotetyczność**, ścisła ogólność ich twier-

dzeń, co znaczy tu, że zbiór, o którym mowa wyżej, jest zbiorem otwartym, często nieskończonym.

Wadliwość takiego rozwiązania wykazywana była wielokrotnie. Najważniejszy chyba zarzut wysuwany przeciw tej koncepcji jest następujący: zakłada ona mianowicie istnienie stałego przyporządkowania między językiem teorii a elementami rzeczywistości. Tymczasem takiego przyporządkowania nie ma. Dowodnie wskazują na to liczne przykłady. Najczęściej pokazuje się, że ten sam obiekt — Ziemia — w ramach tej samej teorii, klasycznej mechaniki, traktowany jest w zależności od rozważanego zagadnienia jako punkt materialny, nieskończona płaszczyzna, kula czy elipsoida obrotowa. Naturalnie nie jest to zarzut jedyny. W tej sytuacji zaistniała pilna potrzeba znalezienia innych rozwiązań.

IDEA MULTIREFERENCJONALNOŚCI

Generalnie rzecz ujmując poszukiwania poszły w kierunku **multireferencjonalności** teorii empirycznej, a więc przyjęcia, że teoria ma nie jedną, a wiele zamierzonych interpretacji. Takie stanowisko motywowane bywa rozmaicie.

We wczesnych pracach R. Wójcicki¹² argumentował na przykład, że przedmiotem teorii empirycznej, tym, do czego się ona odnosi, nie jest statycznie pojmowany fragment rzeczywistości empirycznej, lecz zachodzące w niej **zjawiska**. Utożsamiając zjawisko z klasą jego **szczególnych przypadków**, a więc z konkretnymi przebiegami zjawiska w określonych okolicznościach, określonym miejscu i czasie, na konkretnych obiektach, przyjmował, że każda ze struktur, reprezentująca taki szczególny przypadek, jest zamierzoną interpretacją teorii. Zakres przedmiotowy takich struktur, inaczej niż w przypadku struktury uniwersalnej, jest zbiorem skończonym, często jednoelementowym, natomiast klasa takich zamierzonych interpretacji teorii jest klasą otwartą.

Do światowego obiegu idea multireferencjonalności weszła dzięki zaproponowanemu przez P. Suppesa¹³ sposobowi aksjomatyzacji teorii poprzez zdefiniowanie **predykatu teoriomnogościowego** oraz dzięki rozpropagowaniu tego pomysłu przez strukturalistów lansujących tzw. **niezdaniowe ujęcie teorii** (*non-statement view*). Doktryna ta znana jest szeroko, nie ma

¹² Por. zwłaszcza R. Wójcicki: *Metodologia formalna nauk empirycznych*, Wrocław-Warszawa-Kraków 1974 oraz *Topics in the Formal Methodology of Empirical Sciences*, D. Reidel Publ. Co., 1979.

¹³ P. Suppes: *Set-Theoretical Structures in Science*, Walter de Gruyter 1967.

więc potrzeby prezentować jej szczegółowo.¹⁴ Pewne jednak ustalenia muszę tu przywołać, chcę bowiem pokazać, że chociaż droga otwarta przez Suppesa została chyba przebyta już do końca, nie osiągnięto zamierzonego celu. Powstała wprawdzie ścisła teoria mająca za przedmiot teorie empiryczne, jednak modele budowane w jej ramach nie są adekwatne.

Mamy tu do czynienia ze zmianą abstrakcyjnego modelu teorii. Teoria nie jest — jak w ujęciu tradycyjnym — zbiorem zdań, lecz klasą struktur. W wersji najogólniejszej¹⁵ wprowadza się niezdaniowe pojęcie teorii następująco: Niech K będzie klasą wszystkich n -zakresowych struktur podobnych o sygnaturze s (s określa, ile relacji zawiera charakterystyka każdej ze struktur podobnych oraz ilu argumentowa relacja znajduje się na danym miejscu w charakterystyce). Teorią (T) jest każda zamknięta na izomorfizm podklasa K . I chociaż autor mówi o bazie pojęciowej teorii, o pojęciach pierwotnych i wtórnych teorii, to o języku teorii w sensie tradycyjnym nie ma tu w ogóle mowy.

Istnieje oczywiście odpowiedniość między teorią niezdaniową (T), a teorią w sensie tradycyjnym (T). Klasa interpretacji języka dowolnej teorii T zawiera wszystkie struktury podobne danego typu (ta sama ilość zakresów i taka sama sygnatura). Klasa modeli tej teorii — zamknięta na izomorfizm podklasa klasy interpretacji — jest teorią w sensie niezdaniowym. Nie każda jednak niezdaniowa teoria znajdzie swój odpowiednik zdaniowy, ponieważ tych pierwszych jest w zbiorze interpretacji języka teorii T dużo więcej niż teorii, jakie można sformułować w tym języku.¹⁶

PROBLEM ADEKWATNOŚCI

Pełna ocena adekwatności zaprezentowanych modeli teorii empirycznej wymaga udzielenia odpowiedzi na szereg bardzo podstawowych, niezwykle trudnych, ideologicznie nieobojętnych pytań. Rzetelne wywiązanie się z tego zadania jest przedsięwzięciem ambitnym, a w niewielkim szkicu po prostu niewykonalnym. Są to pytania o to, czym jest nauka, jakie są jej cele, czym jest rzeczywistość, jaki jest stosunek nauki do rzeczywistości, co to jest prawda i szereg innych, wśród nich — by zbliżyć się do problemu, którym się zajmujemy — czym jest i jakie miejsce w tym wszystkim zajmuje teoria empiryczna.

¹⁴ Literatura przedmiotu jest ogromna. Obszerny wykład niezdaniowego ujęcia teorii zawiera monografia W. Balzer, C.V. Moulines, J. Sneed: *An Architectonic for Science*, D. Reidel Publ. Co., 1987.

¹⁵ A. Nowaczyk: *Logiczne podstawy nauk ścisłych*, Warszawa 1985.

¹⁶ *Ibid.*, s. 99.

Ponieważ pragnę tu zwrócić uwagę jedynie na pewne aspekty teorii empirycznej, mogę ograniczyć się do zamarkowania szkicowych odpowiedzi na niektóre pytania, starając się przy tym omijać — na ile to jest możliwe — ideologiczne pułapki różnych „-izmów”.

Teorie empiryczne są najważniejszym chyba elementem wiedzy naukowej. Celem nauki (przynajmniej obecnie) jest niewątpliwie opisanie i wyjaśnienie świata po to, by umożliwić nam w nim egzystencję, a więc — jak pisał Bacon — „dostarczenie człowiekowi takiej wiedzy o naturze, która pozwoliłaby mu nad nią zapanować i wykorzystać jej siły.” Chociaż — jak sądzę (a nie jestem tu wcale oryginalna) — wiedza naukowa jest znacznie bogatsza niż to, co zawierają teorie, to jednak właśnie twierdzenia teorii (prawa) zawierają jej część najistotniejszą, tę, która jest celem nauki. Nancy Cartwright¹⁷ przekornie twierdzi, że teorie fizyczne kłamią. Cóż w takim razie mówią teorie, gdy kłamią? W prezentowanym powyżej multireferencyjnym ujęciu zaproponowanym przez Nowaczyka nie mówią nic zgoła, nie mogą więc kłamać. Nowaczyk wyjaśnia wprawdzie rzecz następująco: „(...) teoria **T** jest prawdziwa w systemie **X**, gdy system ten jest jej realizacją, czyli należy do **T**. Jeśli zatem pytamy o prawdziwość teorii **T**, oznacza to, że wśród możliwych interpretacji teorii **T** wyróżniliśmy pewien system **X** jako jej zamierzoną interpretację. (...) Tylko w odniesieniu do teorii zinterpretowanej ma sens pytanie: co twierdzi (głosi, utrzymuje) dana teoria. Odpowiedź brzmi: teoria twierdzi, że system **X** należy do klasy **T**. (...) Informacja ta może być prawdziwa lub fałszywa”.¹⁸ Zgodnie z tym, co tu powiedziano, teoria (klasa struktur) coś jednak twierdzi, lecz jest to konstrukcja karkołomna. To **my** przecież wybieramy tę strukturę **X** i **my** twierdzimy (przypuszczamy, mamy nadzieję), że należy do klasy struktur **T**. Jeśli tak nie jest, to **my** kłamiemy lub tylko się mylimy.

Co więcej, koncepcja ta obiecuje rozwiązanie problemu nękającego panią Cartwright, polegającego na tym, że żadna teoria nie opisuje żadnego konkretnego zdarzenia mającego miejsce w rzeczywistości (np. przypadek kamelii w ogrodzie). Wystarczy skonstruować strukturę relacyjną, której zakresem będzie zbiór owych kamelii, charakterystyka zaś będzie zawierała jakieś ich cechy. Klasa struktur izomorficznych z daną będzie tą teorią, o którą chodzi. Będzie to jednak — w potocznym pojęciu — teoria niema.

Na pozór zarzuty te nie dotyczą modelu zawartego w monografii Balzera, Moulinsa i Sneed, teoria bowiem jest tam parą, na którą składa się formalne jądro teorii i zbiór jej zamierzonych interpretacji. „Teoriom (...)

¹⁷ N. Cartwright: *How the Laws of Physics Lie*, Oxford University Press 1983.

¹⁸ Nowaczyk: *op. cit.*, s. 102, 103.

towarzyszą pewne **empiryczne twierdzenia** (*empirical claims*). (...) Empiryczne twierdzenie głosi po prostu, że zbiór zamierzonych zastosowań [teorii] należy do [jej] zawartości”¹⁹ Ze względu jednak na to, że — jak autorzy wielokrotnie podkreślają — formalne jądro i zamierzone interpretacje teorii wyznaczane są zupełnie niezależnie od siebie, odpowiedzialność za prawdziwość empirycznych twierdzeń, tak jak u Nowaczyka, ponosi ten, kto parę tę, jądro i zastosowania, zestawił.

Pod adresem tej koncepcji można wysuwać szereg uwag krytycznych bardziej lub mniej istotnych. Wydaje mi się jednak, że podniesiony tutaj problem wystarczy do wykazania jej nieadekwatności. Przecież to nie jest tak, że teoria twierdzi, iż spadająca książka jest przypadkiem mieszczącym się w jej zasięgu (czy zawartości). Nawet nie jest tak, by twierdziła, że mieszczą się tam wszystkie spadające książki czy ciała. Teoria twierdzi, że każde niepodparte ciało w pobliżu Ziemi spada ruchem jednostajnie przyspieszonym z przyspieszeniem równym g . A to nie to samo! Obserwacje Tycho de Brahe stanowiły zbiór zamierzonych interpretacji równie dobrze (lub równie źle) mieszczących się w zawartości teorii Ptolemeusza, jak i Kopernika. Obie więc teorie *mutatis mutandis* twierdziły to samo? Przecież to niedorzeczność.

MODELE PRAGMATYCZNE

Tytuł tego paragrafu zapowiada zbyt wiele. Nie przedstawię tu ani jednego gotowego, eleganckiego formalnie pragmatycznego modelu teorii empirycznej. Po prostu takim nie dysponuję. Chcę przedstawić tu kilka intuicji, które moim zdaniem powinny uwzględniać takie modele. Określam je jako pragmatyczne, sądzę bowiem, że bez uwzględnienia ograniczeń, ale i kompetencji twórców i użytkowników teorii empirycznych nie można zbudować adekwatnego modelu tych teorii.

Myślę, że trzeba powrócić do pierwotnych, zdroworozsądkowych intuicji. Teorie są zbiorami twierdzeń. Twierdzenia teorii artykułowane są w języku zinterpretowanym. Informują nas o tym, jaka jest struktura rzeczywistości, jakie mechanizmy rządzą otaczającymi nas zjawiskami. Twierdzenia są uniwersalne: mają obowiązywać zawsze i wszędzie. Żadna, nawet najbardziej sformalizowana teoria empiryczna nie jest po prostu zinterpretowanym rachunkiem formalnym. Mechanika nie jest „działem teorii równań różniczkowych zwyczajnych”.

¹⁹ Balzer, Moulines, Sneed: *op. cit.*, s. XXIV. Przypomnijmy, że tutaj zawartość teorii jest pewnym obiektem teoriomnogościowym, skonstruowanym nad klasą potencjalnych modeli teorii, nie zaś, jak np. u Wójcickiego, zbiorem twierdzeń teorii.

To może *prima facie* tak wyglądać, gdy Einstein opisuje jak to on i inni wielcy fizycy badają czterowymiarowe kontinuum z metryką Riemanna i poszukując najprostszych praw „którym metryka taka czyni zadość”, natykają się to na relatywistyczną teorię grawitacji, to na równania Maxwella, to na właściwości elektronu, ale to pozór. Jest akurat odwrotnie.

Fizycy poszukują wyrazu dla swych intuicji dotyczących tego, jaka musi być struktura świata, by mogła warunkować takie zjawiska, jakie postrzegamy na poziomie empirii. Wyraźniej pisze o tym Einstein w następującym fragmencie: „Aby na przykład uczynić zadość atomistycznemu charakterowi elektryczności, równania pola powinny prowadzić tylko do następujących konsekwencji: część przestrzeni (trójwymiarowa), na której brzegach gęstość elektryczna wszędzie znika, zawiera stale całkowity ładunek elektryczny, wyrażający się liczbą całkowitą”.²⁰ Dotychczasowa wiedza i wyobrażenie tego, co fizycznie możliwe, determinują kierunki eksploracji tego obszaru. Jest to wprawdzie dziedzina definiowana matematycznie, ale jest to też abstrakcyjny model rzeczywistości. I chociaż w niczym nie przypomina pocziwego bohrowskiego modelu atomu wodoru — współczesne teorie fizyczne przekroczyły już niestety próg pogładowości — środki formalne są tu jedynie narzędziami.

Ta abstrakcyjna dziedzina jest zarazem interpretacją — rozumianego syntaktycznie jako zbiór symboli — języka teorii empirycznej oraz jej semantycznym modelem. W niej właśnie teoria jest prawdziwa w sensie Tarskiego, ale fakt ten nie jest niczym zaskakującym. Tak jest rozwijana teoria (począwszy od wyboru języka formalnego, poprzez kontrolę wnioskowań) z jednej strony, a z drugiej, tak jest konstruowana ta dziedzina, by wspomniana zgodność (prawdziwość) miała miejsce. Model atomu Bohra jest prawdziwie (w sensie Tarskiego) opisywany przez starszą teorię kwantów, jej twierdzenia były bowiem dobierane tak właśnie, aby go prawdziwie opisywały.

Czasem fizycy zmuszeni są stosować rachunek formalny, który daje wyniki niezgodne w jakichś punktach z semantycznym modelem. Wtedy niezgodności te — mówiąc metaforycznie — są usuwane niejako „ręcznie”. Tak było przez długie lata w przypadku funkcji δ Diraca i jest tak obecnie w kwantowej teorii pola: „(...) prowadzi ona do wyników porównywalnych z obserwacjami za pomocą rachunków przybliżonych, przy których istotnym elementem jest proces renormalizacji. Polega on na usuwaniu wielkości rozbieżnych („nieskończoności”), jakie pojawiają się w każdej takiej teorii”.²¹

W teoriach różnych dyscyplin naukowych dziedzina ta wyznaczana jest

²⁰ Einstein: *op. cit.*, s. 200.

²¹ Kopczyński, Trautman: *op. cit.*, s. 28.

z różnym stopniem precyzji. W fizyce ogromny udział w jej kształtowaniu mają teorie matematyczne. Jednak zasadniczą rolę odgrywa tu całość wiedzy naukowej dotyczącej badanego fragmentu rzeczywistości. I tej dostarczanej przez inne teorie, i tej pochodzącej z empirycznej obserwacji zjawisk obejmowanych przez daną teorię.

Rzeczywistość empiryczna — taka, jaka jest nam dostępna dzięki instrumentom dostarczonym przez naukę — odgrywa nieredukowalną rolę. Jeśli w języku teorii pojawia się np. termin „masa”, to jest to zarazem funkcja posiadająca określone własności formalne, lecz jest to również empiryczna wielkość przysługująca ciałom materialnym, której wartość w pewnych przedziałach wyznaczana jest (w sposób przybliżony) przy pomocy równoramiennej wagi szalkowej. Tak rozumiana rzeczywistość empiryczna jest też ostatecznym arbitrem decydującym o uznaniu, bądź nie, teorii empirycznej.

Zależność naukowego obrazu świata, kształtowanego przez teorie empiryczne i empirycznej rzeczywistości nie jest jednostronna. Empiryczna rzeczywistość jest współtworzona przez teorie naukowe. Teorie te nie tylko w miarę upływu czasu każą nam widzieć przedmioty w nowym świetle, wyposażają je w nowe własności i dostarczają narzędzi do postrzegania oraz praktycznego wykorzystania tych własności, lecz również wypełniają tę rzeczywistość przedmiotami w niej uprzednio nie istniejącymi, co więcej, przedmioty te zaczynają „pracować” w tej rzeczywistości. Geny są odpowiedzialne za występowanie pewnych chorób, kompleksy stają się źródłem niepowodzeń życiowych, witaminy korzystnie wpływają na nasze zdrowie, fotony — uruchamiając fotokomórkę — otwierają przed nami drzwi, fala elektromagnetyczna niesie informacje z drugiej półkuli Ziemi.

Pora na konkluzję. Przez teorię chcę rozumieć — zgodnie zresztą z obiegowym sposobem rozumienia tego terminu — **zinterpretowany** zbiór twierdzeń, a więc tę całość składającą się ze zbioru zdań sformułowanych w pewnym języku oraz abstrakcyjnej dziedziny, będącej interpretacją tego języka i semantycznym modelem tych zdań. Ta całość konfrontowana jest z empiryczną rzeczywistością: ogółem przedmiotów oraz ich własności dostępnych — dzięki instrumentom dostarczonym przez naukę — empirycznej obserwacji. Na czym polega zgodność teorii z rzeczywistością, a więc **prawdziwość** teorii?

Odpowiedź autorów semantycznych modeli teorii empirycznej (ograniczam się tylko do multireferencjonalnych) jest następująca: zbiór zamierzonych zastosowań teorii (zbiór szczególnych przypadków zjawiska opisywanego przez teorię — w wersji Wójcickiego) zawiera się w zbiorze (semantycznych) modeli teorii. Pomińmy trudności związane ze zdefiniowaniem zbioru zamierzonych zastosowań teorii czy szczególnych przypadków zjawiska. Roz-

patrzmy tylko przypadki oczywiste. Oto pole kwitnącego grochu. Pewna ilość kwiatów ma kolor czerwony, pozostała — białe. Czy Mendelowska genetyka jest prawdziwa w tym niewątpliwie zamierzonym zastosowaniu? Kula bilardowa toczy się po stole. Czy jej przyspieszenie jest proporcjonalne do siły, z jaką została uderzona? Czy te zamierzone zastosowania teorii są ich modelami? Na to pytanie odpowiedzieć nie sposób.

Można oczywiście twierdzić, że te przypadki są lub nie są modelami teorii — *tertium non datur* — a to, że my tego nie potrafimy rozstrzygnąć jest ludzką ułomnością. Ale przecież teorie są narzędziami, dzięki którym — cytując teraz Kartezjusza — „moglibyśmy się stać panami i władcami natury”. To czy teoria jest zgodna z rzeczywistością, czy nie, jest pytaniem, które ma dla nas walor **praktyczny**, a nie jedynie teoretyczny.

Sprawdzenie zgodności teorii z rzeczywistością nie jest sprawą prostą. Mendel długo hodował „czyste” linie grochu, zanim je skrzyżował poszukując potwierdzenia dla swojej hipotezy. Lavoisier spalał fosfor pod kloszem zanurzonym w rtęci, by dowieść, że obniżone ciśnienie we wnętrzu klosza świadczy o tym, że proces spalania polega na wiązaniu „czystego powietrza”, a nie uwalnianiu flogistonu. Biolog umieszcza probówkę z gęstą zawiesiną w ultraszybkiej wirówce i gdy następuje charakterystyczne rozwarstwienie, wnioskuje, że słuszna jest hipoteza, zgodnie z którą nic DNA rozplata się przed podziałem komórki.

Z reguły konfrontowanie teorii z rzeczywistością — jeśli nie jest to rutynowe stosowanie teorii w szczególnych przypadkach dobrze znanego zjawiska — jest skomplikowanym procesem zadawania pytań przez konstruowanie odpowiednich eksperymentów. Procedura ta wymaga podejmowania szeregu decyzji w celu rozstrzygnięcia, czy badany w odpowiednich warunkach przedmiot można traktować jako typowy przypadek badanego zjawiska, czy jest on obiektem opisywanym przez daną teorię (czy można go traktować jako punkt materialny, ciało doskonale sztywne itp.) oraz czy warunki, w jakich jest badany są **normalne**. Dalej, należy wskazać sposób wyznaczania wartości, jakie przyjmują na tym przedmiocie wielkości, o których mowa w teorii, co wymaga często ogromnej pomysłowości. Ponadto, wszystkie ustalenia empiryczne obarczone są niepewnością pomiarową, trzeba więc rozstrzygnąć, czy teoretyczny opis wystarczająco dobrze opisuje badany przypadek. A wszystkie podejmowane tu decyzje uzależnione są dodatkowo od celu badania i od dokładności przyrządów, jakimi dysponujemy.

Dążę tu do tezy następującej: rozstrzygnięcie, czy dana teoria stosuje się do rzeczywistości, nie jest możliwe bez odwołania się do kompetencji ludzi stosujących daną teorię (w celach praktycznych czy poznawczych). Kompetencja ta nie da się skodyfikować w zadowalająco pełny sposób, choć

pewne normy dają się wyartykułować. Nabywa się jej w sposób czeladniczy, przez „praktykowanie” w nauce. **Zgodność** teorii z rzeczywistością polegać więc może tylko na tym, że dostarcza ona zadowalająco dobrego opisu (przewidywania) w tych wszystkich przypadkach, co do których **specjaliści** w danej dziedzinie sądzą, że powinny być przez tę teorię opisywane.

SUMMARY

The article discusses the problem of the adequacy of the models of the empirical theory constructed in the framework of the logically-oriented philosophy of science. Special attention was focused on the models constructed using the conceptual apparatus of logical semantics and the theory of sets, particularly of those that make use of the idea of multireferentiality of the empirical theory. This also covers the propositions of structuralism, a trend that strongly affects the form of present-day philosophy of science.

A complete analysis of the adequacy of these models is certainly not possible in a short paper. Out of the rich body of problems that emerge in an attempt to describe how the theory relates to reality, two closely connected issues were chosen: how in a given theoretical conception (model) the content of theory is apprehended, that is what the theory has to say about reality, and how the validity of the theory is understood. The conducted analysis suggests that the solutions proposed by multireferentialists are not satisfactory. The paper expresses a conviction that adequate models of the empirical theory can arise only with a certain holistic view upon those theories and with the pragmatic aspects of science taken into account.

